

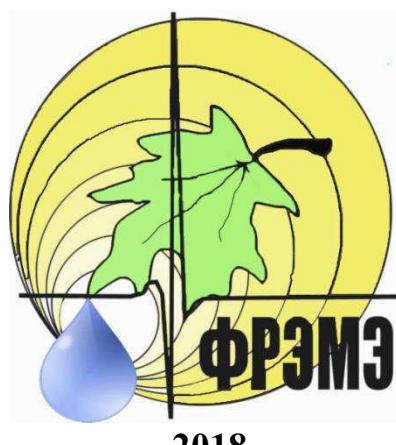


МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
РОССИЙСКОЕ НТЦ РЭС ИМ. А.С. ПОПОВА
ДЕПАРТАМЕНТ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ АДМИНИСТРАЦИИ
ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ
ИНСТИТУТ РАДИОТЕХНИКИ И ЭЛЕКТРОНИКИ
ИМЕНИ В.А. КОТЕЛЬНИКОВА РАН
ВЛАДИМИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ А.Г. И Н.Г. СТОЛЕТОВЫХ

XIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ФИЗИКА И РАДИОЭЛЕКТРОНИКА В МЕДИЦИНЕ
И ЭКОЛОГИИ»
с научной молодежной школой им. И.Н. Спирионова
ФРЭМЭ'2018
3-5 ИЮЛЯ 2018

XII INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
«PHYSICS AND RADIODEVICE IN
MEDICINE AND ECOLOGY»
with Scientific Youth school named after I.N. Spiridonov
PhREME'2018
JULY, 3-5, 2018

ТРУДЫ ♦ PROCEEDINGS
КНИГА II ♦ BOOK II



ВЛАДИМИР-СУЗДАЛЬ ♦ VLADIMIR -SUZDAL

УДК 57.08+615.47+615.8

13-я Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2018» – Владимир-Сузdalь, Россия, Доклады, Книга 2. ISBN 978-5-905527-27-2

Публикуются труды 13-й международной научной конференции «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» - ФРЭМЭ'2018. Представлены новые фундаментальные и научно-практические методы и средства ранней диагностики и лечения различных заболеваний; современные способы обработки медико-экологических сигналов и изображений; новые информационные и коммуникационные технологии в медицине и экологии. Рассмотрены вопросы экологии и здоровья человека, а также методы и средства диагностики природной среды. Приведены аналитические и экспериментальные результаты исследований, полезные специалистам в области радиофизики, биомедицины и экологии.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

*Л.Т. Суикова, д.т.н., профессор - ответственный редактор
Л.В.Грунская, д.т.н., профессор
Н.Н. Давыдов, д.т.н., профессор
В.В. Морозов, д.т.н., профессор
П.А.Полушкин, д.т.н., профессор*



ISBN 978-5-905527-27-2 (Книга 2)

© авторы докладов
© Оргкомитет конференции, 2018

ПОДДЕРЖКА

Конференция проводится при поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований

Грант № 18-02-20064

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА



СОДЕРЖАНИЕ ♦ CONTENTS**КНИГА I ♦ BOOK I**

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ ♦ PLENARY SECTION	36
СЕКЦИЯ ♦ SECTION 1	
Методы и средства диагностики и лечения заболеваний Methods and facilities of diagnostics and treatment	45
СЕКЦИЯ ♦ SECTION 2	
Биокибернетика и математическое моделирование Biocybernetics and mathematical modeling	153
СЕКЦИЯ ♦ SECTION 3	
Биомеханика, проблемы коррекции и лечения опорно-двигательного аппарата Biomechanics, problems of correction and treatment of musculoskeletal system	277
СЕКЦИЯ ♦ SECTION 4	
Информационные и телекоммуникационные технологии в медицине и экологии Information and telecommunication technologies in medicine and ecology	325

КНИГА II ♦ BOOK II

СЕКЦИЯ ♦ SECTION 5	
Интеллектуальные биометрические системы и технологии (Научная молодежная школа им. И.Н. Спиридона)	
Smart biometric system and technologies (Scientific Youth school named after I.N. Spiridonov)	35
СЕКЦИЯ ♦ SECTION 6	
Биотехнические и медицинские приборы, аппараты и системы Biotechnical and medical apparatus, systems, complexes	114
СЕКЦИЯ ♦ SECTION 7	
Методы и средства диагностики природной среды Methods and facilities for diagnostic of natural environment	280
СЕКЦИЯ ♦ SECTION 8	
Экология и здоровье человека Ecology and human health	371

КНИГА I ♦ BOOK I

КНИГА I ♦ BOOK I

ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ 1 ♦ PLENARY SESSION 1

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ТЕРАПИИ: ДОСТИЖЕНИЯ, ТРУДНОСТИ, ПЕРСПЕКТИВЫ	36
<i>Газизова Д.Ш.</i>	
MATHEMATICAL MODELS FOR DIAGNOSTICS AND INDIVIDUAL THERAPY: ACHIEVEMENTS, DIFFICULTIES, PROSPECTS	
<i>MATHEMATICAL MODELS FOR DIAGNOSTICS AND INDIVIDUAL THERAPY: ACHIEVEMENTS, DIFFICULTIES, PROSPECTS</i>	
<i>Gazizova D.Sh.</i>	
ПСИХОФИЗИЧЕСКИЕ ДИСТАНЦИОННО-ПОЛЕВЫЕ ПРОЯВЛЕНИЯ СУБЪЕКТИВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА	38
<i>Юматов Е.А.</i>	
PSYCHOPHYSICAL REMOTE-FIELD MANIFESTATION OF THE BRAIN SUBJECTIVE ACTIVITY	
<i>PSYCHOPHYSICAL REMOTE-FIELD MANIFESTATION OF THE BRAIN SUBJECTIVE ACTIVITY</i>	
<i>Yumatov E.A.</i>	
КАРДИОАЙГЕНОСКОПИЯ — НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ АНАЛИЗА, ХРАНЕНИЯ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММ	42
<i>Исаакевич В.В., Isaakovich D.V.</i>	
CARDIOEIGENOSCOPY AS A NEW TECHNOLOGY FOR ECG ANALYSIS, STORAGE AND AUTOMATIC PROCESSING	
<i>CARDIOEIGENOSCOPY AS A NEW TECHNOLOGY FOR ECG ANALYSIS, STORAGE AND AUTOMATIC PROCESSING</i>	
<i>Isaakovich V.V., Isaakovich D.V.</i>	

СЕКЦИЯ 1 ♦ SECTION 1

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ

◆ METHODS AND FACILITIES OF DIAGNOSTIC AND TREATMENT

ЭЛАСТОГРАФИЯ СДВИГОВОЙ ВОЛНОЙ НА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ СКАНЕРАХ РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ	45
<i>(ЭКСПЕРИМЕНТ С КАЛИБРОВАННЫМИ ФАНТОМАМИ)</i>	
<i>Демин И.Ю., Сафонов Д.В., Рыхтик П.И., Шатохина И.В., Куртина Л.В.</i>	
SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY IN DIFFERENT ULTRASOUND SCANNERS (EXPERIMENT WITH CALIBRATED PHANTOMS)	
<i>SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY IN DIFFERENT ULTRASOUND SCANNERS (EXPERIMENT WITH CALIBRATED PHANTOMS)</i>	
<i>Demin I.Yu., Safonov D.V., Rykhtik P.I., Shatokhina I.V., Kurtina L.V.</i>	

ВЫДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ПУЛЬМОНАЛЬНОЙ КОМПОНЕНТЫ ВТОРОГО СЕРДЕЧНОГО ТОНА	48
<i>Андреев В.Г., Лесик М.В., Корольков А.И.</i>	
EXTRACTION AND ANALYSIS OF PULMONAL COMPONENT OF THE SECOND HEART TONE	
<i>EXTRACTION AND ANALYSIS OF PULMONAL COMPONENT OF THE SECOND HEART TONE</i>	
<i>Andreev V.G., Lesik M.V., Korolkov A.I.</i>	

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ЧЕРЕПНО-МОЗГОВЫХ ТРАВМ МЕТОДОМ РЕОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ	52
<i>Колесниченко Е. А., Жуков К. Н.</i>	
FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF TRAUMATIC BRAIN INJURY BY THE METHOD OF REOENTSEFALOGRAFI	
<i>FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF TRAUMATIC BRAIN INJURY BY THE METHOD OF REOENTSEFALOGRAFI</i>	
<i>Kolesnichenko E. A., Zhukov K. N.</i>	

ОПТОВОЛОКОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИНТРАОПЕРАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ОРГАНОВ БРЮШНОЙ ПОЛОСТИ ПРИ МИНИИНВАЗИВНЫХ ХИРУРГИЧЕСКИХ ВМЕШАТЕЛЬСТВАХ	57
<i>Кандурова К.Ю., Филина М.А., Дрёмин В.В., Жеребцов Е.А., Потапова Е.В., Альянов А.Л., Мамошин А.В., Дунаев А.В.</i>	
FIBER-OPTIC SYSTEM FOR INTRAOPERATIVE STUDY OF ABDOMINAL ORGANS STATE UNDER MINIMALLY INVASIVE SURGICAL INTERVENTIONS	
<i>FIBER-OPTIC SYSTEM FOR INTRAOPERATIVE STUDY OF ABDOMINAL ORGANS STATE UNDER MINIMALLY INVASIVE SURGICAL INTERVENTIONS</i>	

Kandurova K.Y., Filina M.A., Dremin V.V., Zherebtsov E.A., Potapova E.V., Dunaev A.V., Alyanov A.L., Mamoshin A.V.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ АНТИОКСИДАНТНЫХ ВЕЩЕСТВ НА МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ

КЛЕТОК ГОЛОВНОГО МОЗГА МЕТОДОМ ФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ 61

Серёгина Е.С., Стельмащук О.А., Пьяченко Г.А., Воробьев Е.В., Кузнецова Е.А., Алексеев А.Г., Жеребцов Е.А., Подмастерьев К.В., Дунаев А.В.

EVALUATION OF THE EFFECT OF ANTIOXIDANT SUBSTANCES ON THE METABOLIC PROCESSES OF BRAIN CELLS USING FLUORESCENCE SPECTROSCOPY

Seryogina E.S., Stelmashchuk O.A., Pivachenko G.A., Vorobiev E.V., Kuznetsova E.A., Alekseev A.G., Zherebtsov E.A., Podmasteriev K.V., Dunaev A.V.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ МЕРЦАТЕЛЬНОЙ АРИТМИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ Р-ЗУБЦА НА ЭКГ 65

Моторина С.В., Калиниченко А.Н.

INCREASING THE RECOGNITION ACCURACY OF ATRIAL FIBRILLATION USING METHOD OF DETECTING THE P-BEND ON THE ECG

Motorina S.V., Kalinichenko A.N.

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЯЕМЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ 69

Астрафьев А.Н., Шарапов С.И.

METHOD FOR EVALUATING THE EFFECTIVENESS OF THE DRUGS USED

Astafyev A.N., Sharapov S. I.

ЧАСТОТНЫЕ ФИЛЬТРУЮЩИЕ СВОЙСТВА ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ 74

Бритин С.Н., Власенко Р.Я., Шабаев В.С.

FREQUENCY FILTERING PROPERTIES OF EXCITABLE TISSUES

Britin S. N., Vlasenko R. Ya., Shabaev V. S.

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКЕ 77

Пермяков И.А., Носырев А.А.

NEW APPROACHES TO ELECTROPUNCTURAL DIAGNOSTICS

Permyakov I.A., Nosirev A.A

ВНУТРИРОТОВАЯ МИКРОФОКУСНАЯ РЕНТГЕНОГРАФИЯ В ВЕТЕРИНАРИИ 80

Потракхов Ю.Н.

INTRAORAL MICROFOCUS X-RAY RADIOGRAPHY IN VETERINARY

Potrakhov Yu. N.

МЕТОДЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ МЕДИЦИНСКИХ МИКРОФОКУСНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ 83

Староверов Н. Е., Холопова Е. Д., Грязнов А. Ю., Полякова А.С., Козлова А.Д.

THE METHODS OF DIGITAL PROCESSING OF MEDICAL MICROFOCUS X-RAY IMAGES

Staroverov N. E., Kholopova E. D., Gryaznov A. Yu., Polyakova A.S., Kizlova A.D.

МИКРОФОКУСНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТОМОГРАФЫ СЕМЕЙСТВА МРКТ: ОПЫТ РАЗРАБОТКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ 87

Бессонов В. Б., Ободовский А. В., Ларionов И.А., Гук К. К.

MICROFOCUS X-RAY COMPUTER TOMOGRAPHS OF FAMILY MEMBERS: THE EXPERIENCE OF DEVELOPMENT AND OPERATION

Bessonov V. B., Obodovsky A. V., Larionov I. A., Guk K. K.

ИНТРАОПЕРАЦИОННАЯ ЛУЧЕВАЯ ТЕРАПИЯ И СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ 91

Клонов В. В., Потракхов Н. Н.

INTRAOPERATIVE RADIATION THERAPY AND MODERN TECHNICAL MEANS FOR THE IMPLEMENTATION OF

Clones V. V., Potrakhov N. N.

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ЛУЧЕВОМУ СКРИНИНГУ ЗАБОЛЕВАНИЙ МОЛОЧНЫХ ЖЕЛЕЗ 97

Рыбникова Е.И., Попов С.В., Минько Б.А., Петросян С.Л.

INTEGRATED APPROACH TO RADIATION SCREENING MAMMARY GLANDS DISEASE

Rybnikova E.I., Popov S.V., Minko B.A., Petrosyan S.L.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ВСПЛЕСКООБРАЗНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА И ЭССЕНЦИАЛЬНОГО ТРЕМОРА 103

Сушкова О.С., Морозов А.А., Габова А.В., Карабанов А.В.

APPLICATION OF THE METHOD OF ANALYSIS OF WAVE TRAIN ELECTRIC ACTIVITY FOR INVESTIGATION OF PARKINSON'S DISEASE AND ESSENTIAL TREMOR

O. S. Sushkova, A. A. Morozov, A. V. Gabova, A. V. Karabanyov

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ВИДЕОКАПИЛЛЯРОСКОПИИ НОГТЕВОГО ЛОЖА ДЛЯ ОЦЕНКИ СКОРОСТИ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА 107

Ставцев Д.Д., Волков М.В., Маргарянц Н.Б., Потёмкин А.В., Дрёмин В.В., Козлов И.О., Маковик И.Н., Жеребцов Е.А., Дунаев А.В.

APPLICATION OF THE VIDEO NAILFOLD CAPILLAROSCOPY METHOD TO ASSESS VELOCITY OF CAPILLARY BLOOD FLOW

Stavtsev D.D., Volkov M.V., Margaryants N.B., Potemkin A.V., Dremin V.V., Kozlov I.O., Makovik I.N., Zherebtsov E.A., Dunaev A.V.

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ УДАЛЕННОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМИ ОБСТРУКТИВНЫМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ ЛЕГКИХ 110

Глазова А. Ю., Юлдашев З. М., Башкова А. Л.

THE METHOD OF COMPLEX REMOTE ASSESSMENT OF PATIENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Glazova A.Yu., Yuldashev Z. M., Bashkova, A. L.

ДИАГНОСТИКА НАПРЯЖЁННОГО СОСТОЯНИЯ ДВУГЛАВОЙ МЫШЦЫ ПЛЕЧА МЕТОДОМ ЭЛАСТОГРАФИИ СДВИГОВОЙ ВОЛНЫ 115

Бегичева М.И., Крит Т.Б., Камалов Ю.Р., Андреев В.Г.

DIAGNOSTICS OF THE STRESSED STATE OF THE SHOULDER BICEPS APPLYING SHEAR WAVE ELASTOGRAPHY

Begicheva M.I., Krit T.B., Kamalov Yu.R., Andreev V.G.

EARLY DIAGNOSIS OF COGNITIVE IMPAIRMENT IN PATIENTS WITH CHRONIC CEREBRAL ISCHEMIA OF VASCULAR GENESIS WITH EMOTIONAL DISORDERS 119

Kizhevatova E.A., Zalevskaya A.I., Omelchenko V.P., Efremov V.V.

РАННЯЯ ДИАГНОСТИКА КОГНИТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ У ПАЦИЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКОЙ КИСЛОТНОЙ ИШЕМИЕЙ ВАСУЛЬНОГО ГЕНЕЗИСА С ЭМОЦИОНАЛЬНЫМИ РАССТРОЙСТВАМИ

Е.А. Кижеватова, А.И. Залевская, В.П. Омельченко, В.В. Ефремов

ПРЕИМУЩЕСТВА ЛЕЧЕНИЯ РИНИТОВ ИНГАЛЯЦИЕЙ ПОСРЕДСТВОМ АЭРОЗОЛЬНОЙ СТРУИ ИЗ ВИХРЕВЫХ КОЛЕЦ 121

Оленев Е.А., Лебединская Е.А.

ADVANTAGES RHINITIS INHALATION

BY MEANS OF AN AEROSOL JET FROM THE VORTEX RINGS

Olenev E. A., Lebedinskaya E. A.

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ РАЗВЕДОЧНЫЙ АНАЛИЗ 123

КЛИНИКО-ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ ХРОНИЧЕСКОЙ БРОНХОЛЕГОЧНОЙ ПАТОЛОГИИ ВЗРОСЛОГО НАСЕЛЕНИЯ ВЛАДИМИРСКОЙ ОБЛАСТИ

Дегтярева М.И., Буренков В.Н., Яскин Е.Г., Петряков И.В., Петрякова Е.Г.

A RETROSPECTIVE EXPLORATORY ANALYSIS

CLINICAL AND EPIDEMIOLOGIC FEATURES OF CHRONIC BRONCHOPULMONARY PATHOLOGY IN THE ADULT POPULATION OF THE VLADIMIR REGION

Degtyareva M. I., Burenkov V. N., Yasin E. G., Petryakov B. I., E. G. Petryakova

ИНФОРМАТИЗАЦИЯ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ.

128

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАТИЗАЦИИ НА БАЗЕ ОКБ

Романова М.А.

COMPUTERIZATION IN HEALTH CARE.

THE PROBLEM OF INFORMATION ON THE BASIS OF OKB

Romanova M. A.

ДИНАМИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТИ РЕВАСКУЛЯРИЗИРУЮЩИХ ОПЕРАЦИЙ ХОРИОИДЕИ МЕТОДАМИ ИНФРАКРАСНОЙ РАДИОТЕРМОМЕТРИИ	130
<i>Orlov P.I., Nikiforov I.A., Orlov I.Ya.</i>	
DINAMIC CONTROL OF EFFECTIVENESS OF THE REVASCULAROPERATIONES ON THE CHORIOIDEA WITH THE INFRARED RADIOTHERMOMETRY	130
<i>Orlov P.I., Nikiforov I.A., Orlov I.Ya.</i>	
ИННОВАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ И КОРРЕКЦИИ НАРУШЕНИЙ ГОМЕОСТАЗА ОРГАНИЗМА	134
<i>Исаев В.А., Симоненко С.В.</i>	
INNOVATIVE DIAGNOSTIC METHODS AND CORRECTIONS OF DISTURBANCES OF A HOMEOSTASIS OF AN ORGANISM	134
<i>Isaev V.A., Simonenko S.V.</i>	
РАДИОАКТИВНЫЙ КСЕНОН-133 В ДИАГНОСТИКЕ МОЗАИЧНОСТИ И ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ЭЙКОНОЛА НА МОЗГОВОЙ КРОВОТОК У БОЛЬНЫХ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНЮ СЕРДЦА (ИБС)	138
<i>Исаев В.А., Симоненко С.В.</i>	
RADIOACTIVE XENON-133 IN DIAGNOSTICS OF MOSAICITY AND ASSESSMENT OF INFLUENCE OF EYKONOL ON A BRAIN BLOOD-GROOVE AT PATIENTS WITH THE CORONARY HEART DISEASE (CHD)	138
<i>Isaev V.A., Simonenko S.V.</i>	
ФОТОУЛЬТРАЗВУКОВАЯ БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ОБРАБОТКИ РАНЕВОЙ ИНФЕКЦИИ	141
<i>Тимошина Я.Ю., Змievской Г.Н., Жуков К.Н., Пчеловодова А.А.</i>	
PHOTOULTRASONIC BIOTECHNICAL SYSTEM FOR PROCESSING OF WOUND INFECTION	141
<i>Timoshina Ya.Yu., Zmievskoy G.N., Zhukov K.N., Pchelovodova A.A.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ЛАЗЕРНОЙ КАПИЛЛЯРОСКОПИИ В МЕДИЦИНЕ	146
<i>Бойко И.П., Яскин Е.Г., Каторгина Г.И., Снегирева А.В.</i>	
LASER CAPILLAROSCOPY MEDICAL APPLICATION	146
<i>Boiko I.P., Yaskin E.G., Katorgina G.I., Snegireva A.V.</i>	
МАГНИТОТЕРАПИЯ ПРОСТАТИТА С БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАТНОЙ СВЯЗЬЮ ПО ОПТИЧЕСКОМУ КАНАЛУ СВЯЗИ	1468
<i>Забанов Д.С., Трифонов А.А., Филист С.А.</i>	
MAGNETOTHERAPY OF A PROSTATITIS WITH BIOLOGICAL FEEDBACK VIA THE OPTICAL COMMUNICATION CHANNEL	1468
<i>Shabanov D. S., Trifonov A. A., Filist S. A.</i>	
СЕКЦИЯ 2 ♦ SECTION 2	
БИОКИБЕРНЕТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	
♦	
BIOCYBERNETICS AND MATHEMATICAL MODELING	
МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ, КОНТРОЛЯ И РЕГУЛЯЦИИ РИТМОМ СЕРДЦА	153
<i>Кузнецов А.А.</i>	
MODEL OF MANAGEMENT, THE CONTROL AND REGULATION BY A HEART RHYTHM	153
<i>Kuznetsov A.A.</i>	
КАНАЛИЗУ ЦИРКУЛЯЦИОННЫХ КРИВЫХ ЭКГ ЗДОРОВЫХ ЛЮДЕЙ	157
<i>Пермяков С.А., Кузнецов А.А., Сушкива Л.Т.</i>	
FOR THE ANALYSIS OF ECG CIRCULATION CURVES IN HEALTHY PERSONS	157
<i>Permyakov S.A., Kuznetsov A.A., Sushkova L.T.</i>	
КОЛЛЕКТИВ РЕШАЮЩИХ ПРАВИЛ ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА	161
<hr/>	
XIII Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии»	

Качалов О.Б., Панькина Т.А.

THE COLLECTIVE OF DECISIVE RULES FOR ASSESSING THE STATUS OF HUMAN HEALTH

Kachalov O.B. Pankina T.A.

МЕТОДИКА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ R-ЗУБЦОВ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА НА ОСНОВЕ КРАТНОМАСШТАБНОГО АНАЛИЗА

165

Федотов А.А.

R-WAVES DETECTION BASED ON MULTIRESOLUTION ANALYSIS

Fedotov A.A.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЫБРОСОВ В ДИНАМИКЕ СЕРДЦЕБИЕНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ АДДИТИВНОЙ СЛУЧАЙНОЙ ПОМЕХИ

168

Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д.

COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF FORECASTING EMISSIONS IN THE DYNAMICS OF HEART FAILURE WITH AVAILABLE ADDITIVE RANDOM NOISE

Abdullaev Namik Tair oqli, Dyshin Oleq Alexandrovich, Ibrahimova Irada Djavad qizi

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫБРОСОВ ДИНАМИЧЕСКИХ РЯДОВ С ФРАКТАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ ИНТЕРВАЛОВ СЕРДЦЕБИЕНИЯ

172

Абдуллаев Н.Т., Дышин О.А., Ибрагимова И.Д.

FORECASTING EMISSIONS OF DYNAMIC SERIES WITH FRACTAL PROPERTIES OF HEART SURGERY INTERVALS

Abdullaev Namik Tair oqli, Dyshin Oleq Alexandrovich, Ibrahimova Irada Djavad qizi

ОЦЕНКА АСИММЕТРИИ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ СТАТИСТИЧЕСКОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ АСИММЕТРИИ

176

Абдуллаев Н.Т., Исмайилова К.Ш.

EVALUATION OF THE ASYMMETRY OF ELECTROMIOGRAPHIC SIGNALS BY THE STATISTICAL DISTRIBUTION OF ASYMMETRIC COEFFICIENTS

Abdullaev N.T, Ismayilova K.Sh.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТЕЙШЕГО ЖИВОГО СУЩЕСТВА – ЦИФРОВАЯ ЖИЗНЬ

180

Лищук В.А.

THE MATHEMATICAL MODEL OF A SIMPLE LIVING BEING IS DIGITAL LIFE.

Lischouk V. A.

СИНТЕЗ ОКОННЫХ КЛАССИФИКАТОРОВ РЕНТГЕНОГРАММ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ НА ОСНОВЕ ОПЕРАТОРОВ УОЛША

185

Малютина И.А., Кузьмин А.А., Филист С.А.

SYNTHESIS OF WINDOW CLASSIFIERS OF CHEST RADIOGRAPHS BASED ON WALSH OPERATORS

Malyutina I.A., Kuzmin A.A. Filist S.A.

ГРАФОВАЯ СТРУКТУРА ДАННЫХ В МАТЕМАТИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

189

Дубровин Н. И., Дубровина Т. В.

GRAPH STRUTURE DATA IN MATHEMATIC MODELING

N.I. Dubrovin, T.V. Dubrovina

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ ФОРМ АНСАМБЛЯ ПУЛЬСОВЫХ ВОЛН

191

Панченкова Е.О., Исаков Р.В.

CLUSTER ANALYSIS FORMS THE ENSEMBLE OF PULSE WAVES

Panchenkova E.O., Isakov R.V.

РАСЧЁТ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ДИКТОРА

195

Караулов А. А., Пузанкова К. А., Жуков К. Н.

CALCULATION OF CHARACTERISTICS OF A SPEECH SIGNAL FOR AN ESTIMATION OF AN EMOTIONAL CONDITION OF PERSON

Karaulov A.A., Puzankova K.A., Zhukov K.N.

ПРОГНОТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В ВИРУСНОЙ МИКРОБИОЛОГИИ

200

Тогунов И.А., Филиппов Р. В., Поляков С. В., Рай В. Г.

PROGNOSTIC MODELING OF EVOLUTIONARY PROCESSES IN VIRAL MICROBIOLOGY

Togunov I.A., Filippov R.V., Poljakov S.V., Rau V.G.

ФОРМИРОВАНИЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ОБРАЗА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЯ РЕПАРАТИВНОГО ПРОЦЕССА КОСТНЫХ ТКАНЕЙ

Самойленко А.П., Проскуряков А.В.

204

THE FORMATION OF A STATISTICAL IMAGE FOR THE RECOGNITION OF THE STATUS OF THE REPARATIVE PROCESS OF BONE TISSUE

Samoylenko, A. P., Proskuryakov V. A.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЕРИФИКАЦИИ СОСТОЯНИЯ ФРАГМЕНТОВ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПО КОМПЬЮТЕРНО- ТОМОГРАФИЧЕСКИМ ИЗОБРАЖЕНИЯМ

208

Проскуряков А.В., Самойленко А.П.

METHODOLOGY OF VERIFICATION OF THE STATE OF FRAGMENTS OF BIOLOGICAL OBJECTS BY COMPUTER TOMOGRAPHIC IMAGES

Proskuryakov A. V., Samoylenko, A. P.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ГИДРОУДАРА В СИСТЕМЕ ФРАКТАЛЬНЫХ ТРЕЩИН

Ксенофонтов И.Р., Шишикина М.В

MATHEMATICAL MODELING OF HYDRODUR DISTRIBUTION IN THE FRACTAL CRACK SYSTEM

Ksenofontov I.R., Shishkina M.V.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КАПИЛЛЯРНОГО КРОВОТОКА С ПЕРЕМЕННЫМ РУСЛОМ

214

Егорев Е. А., Шишикина М.В.

MODELING OF THE CAPILLARY BLOOD CIRCULAR SYSTEM WITH THE VARIABLE BLOOD FLOW

Egorev Ye. A., Shishkina M.V.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОГО СТРОЕНИЯ ГРУДНОЙ КЛЕТКИ

217

Куприянова Я. А., Жихарева Г. В., Стрелков Н. О., Глушенков П.В.

MODELING OF ELECTRICAL ACTIVITY OF THE HEART TAKING INTO ACCOUNT THE INHOMOGENEOUS STRUCTURE OF THE CHEST

Kupriyanova Ya. A., Zhikhareva G.V., Strelkov N.O., Glushchenkov P.V.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ХРОНОРЕФЛЕКСОМЕТРА В СРЕДЕ LABVIEW

221

Хидиров А.Ш., Самедова Х.З.

MODEL CHRONOREFLEXOMETER IN LABVIEW ENVIRONMENT

Khidirov A.Sh., Samedova Kh.Z.

НОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ МЕЖКАНАЛЬНОЙ ФАЗОВОЙ СВЯЗАННОСТИ

224

ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ

Толмачева Р., Обухов Ю.В., Полупанов А.Ф., Жаворонкова Л.А.

A NEW APPROACH TO EVALUATION OF ELECTROENCEPHALOGRAMS INTER-CHANNEL PHASE SYNCHRONIZATION

Tolmacheva R.A., Obukhov Y.V., Polupanov A.F., Zhavoronkova L.A.

ЖИДКИЕ КРИСТАЛЛЫ: ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 12.03.04 БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

228

Пасечник С.В., Шмелева Д.В.

LIQUID CRYSTALS IN THE EDUCATIONAL PROCESS FOR DIRECTION OF TRAINING 12.03.04 BIOMEDICAL SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

Pasechnik S.V., Shmeliova D.V.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ЭЛЕКТРОАЭРОЗОЛЕЙ ПРИ ЛЕЧЕНИИ ОЖОГОВЫХ ТРАВМ

231

Карпухин В.А., Мустафина К.С., Климиашвили Г.С.

THE STUDY OF ELECTROAEROSOL FLOWS DURING BURN INJURIES THERAPY

Karpukhin V.A., Mustafina K.S., Klimiashvili G.S.

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО МЕДИЦИНСКОГО УЛЬТРАЗВУКА

234

Петров И.Б., Васюков А.В., Беклемышева К.А.

NUMERICAL MODELING OF DIAGNOSTIC MEDICAL ULTRASOUND

Petrov I.B., Vasyukov A.V., Beklemysheva K.A.

МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ОБНАРУЖЕНИЯ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ В ПРОЦЕССЕ ТРАНСПОРТИРОВКИ ГАЗА ПО ЛИНЕЙНОЙ ЧАСТИ МАГИСТРАЛЬНОГО ГАЗОПРОВОДА	238
<i>Цепелев Д.А.</i>	
MODELLING THE BUSINESS PROCESS OF DETECTING EMERGENCY SITUATIONS DURING THE GAS TRANSPORTATION THROUGH THE LINEAR PART OF GAS TRUNK	238
<i>Tsepelev D.A.</i>	
КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ В ЗАДАЧЕ ФОРМИРОВАНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКОГО ОПИСАНИЯ ПСЕВДОФАЗОВОГО ПОРТРЕТА РИТМОГРАММ	242
<i>Хачатрян К.С., Манило Л.А.</i>	
CLUSTER ANALYSIS IN THE PROBLEM OF FORMING THE MORPHOLOGICAL DESCRIPTION OF THE PSEUDO PHASE PORTRAIT OF RHYTHMOGRAM	242
<i>Khachatryan K.S., Manilo L.A.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СБОРКИ ДЕНДРИМЕРОВ ДЛЯ НАНОФАРМАКОЛОГИИ	246
<i>Pay B. Г., Кисляков А.Н., Pay Т.Ф., Герасимов К.А.</i>	
MATHEMATICAL MODEL OF ASSEMBLY OF DENDRIMERS FOR NANOPHARMACOLOGY	246
<i>Rau V.G., Kislyakov A.N., Rau T.F., Gerasimov K.A.</i>	
МЕТОД ОЦЕНКИ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ОБРАБОТКЕ ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА	249
<i>Григорьев Е. Б., Красичков А. С.</i>	
NOISE ESTIMATION METHOD IN MULTILEAD ECG ANALYSIS	249
<i>E. B. Grigoriev, A. S. Krasichkov</i>	
ЭНДОГЕННОЕ ТЕПЛООБРАЗОВАНИЕ В БИОЛОГИЧЕСКИХ ТКАНЯХ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	253
<i>Фролова Т.Н.</i>	
ENDOGENOUS THERMAL FORMATION IN BIOLOGICAL TISSUES UNDER INFLUENCE OF HIGH-FREQUENCY ELECTROMAGNETIC RADIATION	253
<i>Frolova T.N.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНОЛЮМИНЕСЦЕНТНОГО ЭНКОДЕРА ДЛЯ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	256
<i>Павлов Д.Д.</i>	
DESIGNINIG OF MECHANOLUMINESCENT ENCODER FOR BIOTECHNICAL SYSTEMS	256
<i>Pavlov D. D.</i>	
МЕТОД КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА НА ОСНОВЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК	261
<i>Ахмедов М.Н., Исаков Р.В., Тихонравова Е.В.</i>	
METHOD OF CONTROL OF THE FUNCTIONAL STATE CARDIOVASCULAR HUMAN SYSTEM BASED ON BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS	261
<i>Akhmedov M.N., Isakov R.V., Tikhonravova E.V.</i>	
МОДЕЛИ БИОИМПЕДАНСА В ЗАДАЧАХ ФОРМИРОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВА ПРИЗНАКОВ ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ СОЦИАЛЬНО-ЗНАЧИМЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ	265
<i>Киселев А.В., Шаталова О.В.</i>	
MODELS OF BIOIMPEDANCE IN THE FORMATION OF THE FEATURE SPACE FOR INTELLECTUAL SYSTEMS OF DIAGNOSTICS OF SOCIALLY SIGNIFICANT DISEASES	265
<i>Kiselev A.V., Shatalova O.V.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ОСНОВА НЕЙРОИНТЕРФЕЙСА	270
<i>Коржук Н.Л., Индухин А.Ф.</i>	
MATHEMATICAL MODELING AS A BASIS FOR THE NEURAL INTERFACE	270
<i>Korzhuk N. L. Indyukhin A. F.</i>	
ФИЗИЧЕСКОЕ И ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛАСТОГРАФИИ СДВИГОВОЙ ВОЛНОЙ	274
<i>Спивак А.Е., Лисин А.А., Демин И.Ю.</i>	
PHYSICAL AND NUMERICAL MODELING OF SHEAR WAVE ELASTICITY IMAGING	274
<i>Spivak A.E., Lisin A.A., Demin I.Yu.</i>	

СЕКЦИЯ 3 ♦ SECTION 3

БИОМЕХАНИКА, ПРОБЛЕМЫ КОРРЕКЦИИ И ЛЕЧЕНИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

BIOMECHANICS, PROBLEMS OF CORRECTION AND TREATMENT OF MUSCULOSKELETAL SYSTEM

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭТАЛОНОВ ГРУЗОВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВИБРАЦИОННОГО СТЕНДА ИСПЫТАНИЙ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

277

Долгов Г.Ф., Евграфов В.В.

DESIGN OF CARGO STANDARDS TO VERIFY THE OPERABILITY OF A VIBRATIONAL STAND OF TESTS OF ELECTRONIC MEANS OF MEDICAL PURPOSE

Dolgov G.F., Evgrafov V.V.

РАЗРАБОТКА МОНОСТЕРЖНЕВОЙ КОНСТРУКЦИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОРТОПЕДИЧЕСКОГО АППАРАТА ОСТЕОСИНТЕЗА

281

Мамаев И.М., Морозов В.В., Федотов О.В., Филимонов В.Н.

DEVELOPMENT OF THE MONO-CONSTRUCTION DESIGN OF THE AUTOMATED ORTHOPEDIC APPARATUS OF OSTEOSYNTHESIS

Mamaev I.M., Morozov V.V., Fedotov O.V., Filimonov V.N.

РАЗРАБОТКА БЕСКОНТАКТНОГО МЕТОДА ОБНАРУЖЕНИЯ ПАДЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА БИОРАДИОЛОКАЦИИ

283

Анищенко Л.Н., Аполлонова И.А., Луценко Ю.А.

DEVELOPMENT OF THE NON-CONTACT METHOD OF FALL DETECTION BASED ON BIODIVERSAL METHOD

Anishenko L. N., Apollonova I. A., Lutsenko Y. A.

РАЗРАБОТКА АППАРАТА ДЛЯ ПОСТТРАУМАТИЧЕСКОЙ РЕАБИЛИТАЦИИ ПОСЛЕ ДТП И ИНСУЛЬТОВ В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ПАЦИЕНТА

286

Степанкевич В. Ю., Аполлонова И. А.

DEVELOPMENT OF THE APPARATUS FOR POSTTRAUMATIC REHABILITATION AFTER ACCIDENTS AND INSULTS IN HOME CONDITIONS FOR RESTORATION OF THE PATIENT'S MOTOR ACTIVITY

Stepankevich V.Yu., Apollonova I.A.

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ МИМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ПРИ АФАЗИИ

290

Полищук А.А., Аполлонова И.А., Савченко А.Г.

DEVELOPMENT OF HARDWARE-SOFTWARE SYSTEM FOR APHASIA'S MIMIC ACTIVITY RESTORATION

Polishchuk A.A., Apollonova I.A., Savchenko A.G.

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЙ ПОЗВОНОЧНОГО СТОЛБА

294

Ятченый О. С., Аполлонова И.А., Савченко А. Г.

DEVELOPMENT OF ELECTRICAL IMPEDANCE SYSTEM FOR DIAGNOSIS OF SPINAL COLUMN STATES

Yatcheny O.S., Apollonova I.A., Savchenko A.G.

ПРИНЦИП ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНОЙ БИОМЕХАНИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СЕГМЕНТА ПОЗВОНОЧНИКА

297

Дорофеев Н.В., Греченева А.В.

THE PRINCIPLE OF CONSTRUCTION OF THE ADAPTIVE BIOMECHANICAL MODEL OF THE SPINAL MOTION SEGMENT

Doroфеев N.V., Греченева A.V.

НЕЙРОБИОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОЗВОНОЧНОГО ДВИГАТЕЛЬНОГО СЕГМЕНТА Греченева A.B., Дорофеев H.B. THE NEUROBIOMECHANICAL MODEL OF THE SPINE SEGMENT Grecheneva A.V., Doroфеев N.V.	302
ИЗМЕРЕНИЕ СКОРОСТИ СДВИГОВОЙ ВОЛНЫ В ФАНТОМЕ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ НА АКУСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ VERASONICS Шнейдман Д.Д., Лисин А.А., Спивак А.Е., Чукилева Л.А., Вьюгин П.Н., Демин И.Ю. MEASURING THE VELOCITY OF A SHEAR WAVE IN THE PHANTOM OF A SKELETAL MUSCLE BY VERASONICS ACOUSTIC SYSTEM Shneidman D.D, Lisin A.A., Spivak A.E., Chukileva L.A., Viugin P.N., Demin I.Yu.	306
РАЗРАБОТКА БЛОКА УПРАВЛЕНИЯ МЯГКИМ ЭКЗОСКЕЛЕТОМ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ АТРОФИРОВАННЫХ МЫШЦ Зеленский К.А., Дмитриев А.В., Косоруков А.Е. DEVELOPMENT OF CONTROL BLOCK FOR SOFT EXOSKELETON FOR AMYOTROPHY REHABILITATION Zelenskiy K.A., Dmitriev A.V., Kosorukov A.E.	308
ИННОВАЦИОННЫЙ ПОДХОД К УМЕНЬШЕНИЮ ДОЗОВОЙ НАГРУЗКИ ПРИ РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ БИОИМПЛАНТАТОВ Розанов В.В., Матвеичук И.В., Черняев А.П., Пантелейев И.В., Литвинов Ю.Ю., Краснов В.В. INNOVATIVE APPROACH TO REDUCTION OF DOSE LOADING AT RADIATION STERILIZATION OF BIOIMPLANTS Rozanov V.V., Matveichuk I.V., Chernyaev A.P., Panteleev I.V., Litvinov Ju.Ju., Krasnov V.V.	310
ОЗОНОВАЯ СТЕРИЛИЗАЦИЯ БИОИМПЛАНТАТОВ. НОВОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ Розанов В.В., Матвеичук И.В., Пантелейев И.В. OZONE STERILIZATION OF BIOIMPLANTS. NEW TECHNICAL SOLUTION Rozanov V.V., Matveichuk I.V., Panteleev I.V.	312
ВЛИЯНИЕ ОЗОНОВОЙ И РАДИАЦИОННОЙ СТЕРИЛИЗАЦИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОСТНОЙ ТКАНИ Матвеичук И.В., Розанов В.В., Литвинов Ю.Ю., Краснов В.В. EFFECT OF OZONE AND RADIATION STERILIZATION ON PHYSICAL AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF BONE TISSUE Matveichuk I.V., Rozanov V.V. Litvinov Ju.Ju., Krasnov V.V.	314
РАЗРАБОТКА ИМПЛАНТАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ОБЛАДАЮЩИХ УЛУЧШЕННЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ЗА СЧЕТ НАЛИЧИЯ НА ИХ ПОВЕРХНОСТИ БИОАКТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ЗАМЕЩЕННЫХ КАЛЬЦИЙФОСФАТОВ Лясникова А.В., Гришина И.П., Дударева О.А., Маркелова О.А. DEVELOPMENT OF IMPLANTATION STRUCTURES WITH IMPROVED FUNCTIONAL CHARACTERISTICS FOR THE ACCOUNT OF THE AVAILABILITY OF THEIR SURFACE OF BIOACTIVE COATINGS BASED ON SUBSTITUTED CALCIUMPHOSPHATES Lyasnikova A.V., Grishina I.P., Dudareva O.A., Markelova O.A.	316
АППАРАТНО ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЙ ЧЕЛОВЕКА Хачатуриян Д.А., Пеккер Я.С. HARDWARE PROGRAM COMPLEX FOR THE STUDY OF THE HUMAN MOVEMENTS Khachaturyan D.A. Pekker Y. S.	318
АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР ФИЗИКИ ТРЕНИЯ Легаев В.П., Генералов Л.К., Галковский О.А. ANALYTICAL REVIEW OF THE PHYSICS OF FRICTION Legaev V. P., Generalov L. K., O. A. Galkovsky	322

СЕКЦИЯ 4 ♦ SECTION 4
ИНФОТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ И
ЭКОЛОГИИ

♦
INFOTELECOMMUNICATION TECHNOLOGIES IN MEDICINE AND ECOLOGY

СИСТЕМНОЕ ВОСПРИЯТИЕ ЧЕЛОВЕКА И СОЦИУМА В ИНФОРМАЦИОННОМ ПОЛЕ <i>Кузнецов А.А., Палей М.С.</i> SYSTEM PERCEPTION OF THE PERSON AND A SOCIETY IN AN INFORMATION FIELD <i>Kuznetsov A.A., Palej M.S.</i>	325
К ОБСУЖДЕНИЮ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ <i>Кузнецов А.А., Палей М.С.</i> TO DISCUSSION OF INFORMATION ENTROPY TECHNOLOGY APPLICATION <i>Kuznetsov A.A. , Palej M.S.</i>	
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ВЕДЕНИЯ БОЛЬНЫХ С СИСТЕМНЫМИ ИШЕМИЧЕСКИМИ ПОРАЖЕНИЯМИ <i>Быков А.В., Кореневская С.Н., Пархоменко С.А., Родионов Д.С.</i> INTELLECTUAL SUPPORT SYSTEM FOR THE MANAGEMENT OF PATIENTS WITH SYSTEMIC ISCHEMIC LESIONS <i>Bykov A.V., Korenevskaya S.N., Parkhomenko S.A., Rodionov D.S.</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЯГКИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ БОЛЬНЫХ С ХРОНИЧЕСКИМИ ОБЛИТЕРИРУЮЩИМИ ЗАБОЛЕВАНИЯМИ АРТЕРИЙ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ <i>Кореневский Н.А., Быков А.В., Хрипина И.И., Пархоменко С.А., Гривачев Е.А.</i> USE OF TECHNOLOGY OF SOFT CALCULATIONS FOR THE MANAGEMENT OF PATIENTS WITH CHRONIC OBLITERATING DISEASES OF LOWER LIMB ARTERIES <i>N.A Korenevskiy, Bykov A.V., Khripina I.I., Parkhomenko S.A., Grivachev E.A.</i>	
УВЕЛИЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ПЕРЕДАЧИ БИОМЕДИЦИНСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛОГИЧЕСКИХ ПРЕДЫСКАЖЕНИЙ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ <i>Полушкин П.А., Белов А.Д., Лось В.О.</i> INCREASE OF RELIABILITY OF BIOMEDICAL INFORMATION TRANSMITTING BY MEANS OF USE OF LOGICAL PREDISTORTION OF DIGITAL SIGNALS <i>Polushin P.A., Belov A.D., Los V.O.</i>	
ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ДИАГНОСТИКИ НЕДВОИЧНЫХ БЛОКОВЫХ КОДОВ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ СРЫВОВ ПЕРЕДАЧИ СИГНАЛОВ В МЕДИЦИНСКИХ КАНАЛАХ <i>Полушкин П.А., Никитин О.Р., Катков Д.В.</i> POSIBILITIES OF NONBINARY BLOCK CODE DIAGNOSTICS FOR ELIMINATION OF SIGNAL TRANSMISSION INTERRUPTIONS IN MEDICAL CHANNELS <i>Polushin P.A., Nikitin O.R., Katkov D.V.</i>	
АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА СИГНАЛОВ В СИСТЕМЕ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ФИБРИЛЛАЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ <i>Нгуен Туен Чонг</i> DIGITAL SIGNAL PROCESSING FOR THE REMOTE MONITORING SYSTEM OF ATRIAL FIBRILLATION <i>Nguyen Trong Tuyen</i>	
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПЕРСОНИФИЦИРОВАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ЛЕЧЕНИЮ СЕРДЕЧНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ <i>Сазыкина Л.В.</i> DIGITAL TECHNOLOGY TO IMPLEMENT PERSONALIZED TREATMENT RECOMMENDATIONS FOR ACUTE HEART FAILURE <i>Sazykina L. V.</i>	
ИНТЕРНЕТ-ИНТЕРЬЕРЫ ДЛЯ МЕТА-АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕКАРСТВЕННЫХ НАЗНАЧЕНИЙ И ТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР <i>Комлев И.А., Петрова Т.В., Савинов Д.Ю.</i>	

**INTERNET-INTERIORS FOR METHOD-ANALYSIS OF EFFECTIVENESS OF MEDICINAL PURPOSES
AND THERAPEUTIC PROCEDURES**

Komlev I.A., Petrova T.V, Savinov D.Yu.

**СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЕРВИЧНОЙ ДИАГНОСТИКЕ В ОБЛАСТИ
АБДОМИНАЛЬНОЙ ХИРУРГИИ** 354

Vinogradova N.A., Solovyev D.A., Burnevich C.Z.

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR PRIMARY DIAGNOSTICS IN THE FIELD OF ABDOMINAL SURGERY

Vinogradova N.A., Solovyev D.A., Burnevich S.Z.

**КЛАССИФИКАЦИЯ ДИАЛЕКТОВ РЕСПУБЛИКИ ЙЕМЕН ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ
РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ** 357

Аль-Дайбани А.М.

**IDENTIFICATION OF DIALECTS OF THE REPUBLIC OF YEMEN TO INCREASE THE ACCURACY OF
RECOGNITION OF SPEECH**

Al-Dhaibani A.M.

**ЗАВИСИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ НОРМАЛИЗАЦИИ MFCC ОТ ВИДА ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ОКОННОЙ
ФУНКЦИИ** 360

Аль-Дайбани А.М.

**DEPENDENCE OF RESULTS OF NORMALIZATION OF MFCC ON THE TYPE OF THE USED WINDOW
FUNCTION**

Al-Dhaibani A.M.

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА РЕЗУЛЬТАТ НОРМАЛИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ РЕЧЕВОГО
СИГНАЛА ПО СРЕДНЕМУ ЗНАЧЕНИЮ** 364

Аль-Дайбани А.М., Левин Е. К

**THE ANALYSIS OF THE FACTORS INFLUENCING RESULT OF NORMALIZATION OF THE VOICE
SIGNAL PARAMETERS ON MEAN VALUE**

Al-Dhaibani A.M., Levin E.K.

**МЕТОД АНАЛИЗА ЭНДОКАРДИАЛЬНЫХ СИГНАЛОВ ПРИ ФИБРИЛЛЯЦИИ ПРЕДСЕРДИЙ НА
ОСНОВЕ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЭМПИРИЧЕСКОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ** 368

К.С. Митягин, А.П. Зарецкий, А.Ю. Тычков, А.К. Алимурадов, Г.А. Громыко

**METHOD FOR ANALYSIS OF ENDOCARDIAL SIGNALS WITH ATRIAL FIBRILLATION BASED ON
EMPIRICAL MODE DECOMPOSITION**

Mityagin K.S., Zaretskiy A.P., Tychkov A.Y., Alimuradov A.K., Gromyko G.A.

РАЗРАБОТКА ЧАТ-БОТА МЕДИЦИНСКОГО ПОМОЩНИКА НА БАЗЕ LOW-CODE ПЛАТФОРМЫ 372

Шапотько Т. Д., Жуков К. Н.

DEVELOPMENT CHAT-BOT OF A MEDICAL ASSISTANT ON THE BASIS OF LOW-CODE PLATFOR

Shapotko T. D., Zhukov K. N.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКИХ СИСТЕМ СВЯЗИ ЭКВАДОРА 375

Велос Льяно Хуан Габриэль

**THE MAIN DIRECTIONS FOR FORMATION OF THE TELE-MEDICAL COMMUNICATION SYSTEMS
ECUADOR**

Juan Gabriel Veloz Llano

ТЕЛЕМЕДИЦИНСКАЯ СЕТЬ РЕГИОНА 378

Уланов Е.А., Велос Льяно Х.Г. (Эквадор)

TELEMEDICINE NETWORK OF THE REGION

Ulanov E.A., Velos Llano H.G. (Ecuador)

**КАНАЛ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕНЗОРЕЗИСТИВНЫХ ДАТЧИКОВ В
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОМ ВКЛЮЧЕНИИ** 381

Попкова В.В.

INFORMATION PROCESSING CHANNEL WHEN USING STRAIN GAGES IN DIFFERENTIAL OPERATION

Popkova V.V.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ АДГЕЗИИ 385

Шептунов С.А., Глашев Р.М., Шаваев А.А., Нахушев Р.С., Констанян В.Н., Солодилов В.И.

SOFTWARE AND FIRMWARE OF ADHESION MEASUREMENT LABORATORY STAND

Sheptunov S.A., Glashev R.M., Shavaev A.A., Nahushev R.S., Konstantyan V.N., Solodilov V.I.

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ИЗМЕРЕНИЯ АДГЕЗИИ НА ОСНОВЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА НА БАЗЕ ЯДРА АРХИТЕКТУРЫ ARM 390

Шептунов С.А., Нахушев Р.С., Солодилов В.И., Санников А.С., Констанян В.Н., Четвертаков А.А.

ADHESION MEASUREMENT LABORATORY STAND BASED ON ARM CORE MCU

Sheptunov S.A., Nahushev R.S., Sannikov A.S., Konstantyan V.N., Chetvertakov A.A., Solodilov V.I.

ИЗМЕРЕНИЕ ЗАДЕРЖКИ ПЕРЕДАЧИ ВИДЕОСИГНАЛА В РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ 395

Шептунов С.А., Яхутлов У.М., Шевхужев А.О., Сабанчев А.М., Санников А.С.

MEASUREMENT OF VIDEO TRANSMISSION DELAY IN A ROBOTIC SYSTEM

Sheptunov S.A., Yahutlov U.M., Shevhushhev A.O., Sabanchiev A.M., Sannikov A.S.

LARGE DATABASE CLUSTERING OF CARDIOLOGICAL INFORMATION AS A TOOL OF DECISION SUPPORT SYSTEMS IN MATHEMATICAL CARDIOLOGY 400

Zimina E.Yu., Novopashin M.A., Shmid A.V.

КЛАСТЕРИЗАЦИЯ БОЛЬШИХ БАЗ КАРДИОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ КАК ИНСТРУМЕНТАРИЙ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В МАТЕМАТИЧЕСКОЙ КАРДИОЛОГИИ

Зимина Е.Ю., Новопашин М.А., Шмид А.В.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПСИХИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОЙ ДЕКОМПОЗИЦИИ И КЕПСТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ 404

Алимурадов А.К., Тычков А.Ю.

INCREASING DETECTION EFFICIENCY OF MENTAL DISORDERS BASED ON ADAPTIVE DECOMPOSITION AND CEPSTRAL ANALYSIS OF SPEECH SIGNALS

Alimuradov A.K., Tychkov A.Yu.

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОКАРДИОСИГНАЛА 408

Аль-Хайдри Валид Ахмед Ахмед

HARDWARE - SOFTWARE COMPLEX FOR ELECTROCARDIOGRAPHIC SIGNAL QUALITY ESTIMATION

Al-Haidri Walid Ahmed Ahmed

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ И СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ИШЕМИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ СЕРДЦА ПО ОДНОКАНАЛЬНОЙ ЭКГ 410

Талеб Е.М., Аль-Хайдри В.А.

USING NEURAL NETWORK AND SPECTRAL ANALYSIS TO DETECT ISCHEMIC HEART DISEASE ON SINGLE-CHANNEL ECG

Taleb E.M., Al-haidri W.A.

ОЦЕНКА ТЕСТОВЫХ СИГНАЛОВ В КАНАЛЕ СВЯЗИ ДЛЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ 413

Калюжный А. А.

EVALUATION OF TEST SIGNALS IN THE COMMUNICATION CHANNEL FOR TELEMEDICINE

Kalyuzhnyy A.A.

ВОЗМОЖНОСТИ АДАПТАЦИИ СВЕРТОЧНОГО КОДИРОВАНИЯ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ МЕДИЦИНСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ПО КАНАЛАМ С ПРОСТРАНСТВЕННЫМ РАЗНЕСЕНИЕМ	416
Полушкин П.А., Раджабов У.М., Беляков А.В	
POSSIBILITIES OF CONVOLUTIONAL CODING ADAPTATION IN MEDICAL AND BIOLOGICAL SIGNALS TRANSMITTING BY SPACE DIVERSED CHANNELS	
Polushin P.A., Radjabov U.M., Belyakov A.V.	
НЕЙРОСЕТЕВОЙ ЦИФРОВОЙ ФИЛЬР	418
Легаев В.П., Генералов Л.К., Галковский О.А.	
NEURAL NETWORK DIGITAL FILTER	
Legaev V.P., Generalov L.K., Galkovsky O.A.	
РАЗРАБОТКА WEB-САЙТА ДИАГНОСТИКИ РЕДКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ С СИСТЕМОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВРАЧА И ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКОЙ ПАЦИЕНТА	420
Садыкова Е.В., Дьяконова С.Г., Даминова Э.А.	
DEVELOPMENT OF WEB-DIAGNOSTICS OF RARE DISEASES WITH THE SYSTEM OF SUPPORT OF DOCTRINE DECISION-MAKING AND INFORMATION SUPPORT OF THE PATIENT	
Sadykova E.V., Dyakonova S.G., Daminova E.A.	
ВЫДЕЛЕНИЕ РИТМИКИ БИОЛОГИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИЙ ГАУССА-ЭРМИТА	423
Балакин Д.А., Штыков В.В.	
THE SELECTION OF THE RHYTHMICS OF BIOLOGICAL SIGNALS BY THE ALGORITHM OF PROCESSING QUASIPERIODIC PULSE SIGNALS WITH THE USE OF GAUSS-HERMIT FUNCTIONS	
Balakin D.A., Shykov V. V.	
МЕТОД И СИСТЕМА ДЛЯ УДАЛЕННОГО МОНИТОРИНГА ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СПОРТСМЕНА ВО ВРЕМЯ ТРЕНИРОВОК	427
Нгуен Май Тхач	
METHOD AND SYSTEM FOR REMOTE MONITORING OF PSYCHO PHYSIOLOGICAL STATE OF SPORTSMAN DURING TRAINING	
Nguyen Mau Thach	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СИТУАЦИЯХ	41829
Истомина Т. В., Косенок Н. Ю.	
DESIGNING THE LIFE-SUPPORT SYSTEM IN EXTREME SITUATIONS	
Istomina TV, Kosenok N. Yu.	
SECOND ORDER MEMRISTOR: A STEP TOWARD MIMICKING THE BRAIN	433
Himanshu Rai	

КНИГА II ◆ BOOK II

СЕКЦИЯ 5 ◆ SECTION 5

НАУЧНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА ИМ. И.Н. СПИРИДОНОВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БИОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

◆ SCIENTIFIC YOUTH SCHOOL NAMED AFTER I.N. SPIRIDONOV SMART BIOMETRIC SYSTEMS AND TECHNOLOGIES

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ СРАВНИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ КЛАССИФИКАТОРОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ	35
Исмайылова К.Ш.	
APPLICATION OF NEURAL NETWORKS AT A COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF OPTIMIZATION OF CLASSIFIERS OF ELECTROMIOGRAPHIC SIGNALS	

Ismayilova K.S.

РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИИ ПО ДЕТЕКТИРОВАННЫМ ДВИГАТЕЛЬНЫМ ЕДИНИЦАМ	39
<i>Коваленко А.Ю., Бойко А.А.</i>	
DEVELOPMENT OF CLASSIFIER BASED ON CLASSIFICATION TREES FOR DEFINITION OF EMOTION USING DETECTED ACTION UNITS	39
<i>Kovalenko A.Yu., Boiko A.A.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТА УТЕЧКИ ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНОМ ГАЗОПРОВОДЕ	42
<i>Козаев А.Т., Салех Х.М., Александров Д.В.</i>	
APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE PROBLEM OF RAPTURE LOCALISATION ON MAIN GAS PIPELINE	42
<i>Kozaev A.T., Saleh H.M., Alexandrov D.V.</i>	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДСОННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ	45
<i>Агафонова Е.В., Исаков Р.В.</i>	
DEVELOPING METHOD OF DETERMINING FOR THE DRIVER PRE-SLEEP STATE	45
<i>Agafonova E.V., Isakov R.V.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОФОКУСИРОВКИ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА С ВНЕШНИМ КОМПЛЕКТОМ АВТОМАТИЗАЦИИ	48
<i>Колокольников Г. А., Самородов А. В.</i>	
STUDY OF AUTOFOCUSING ALGORITHMS FOR OPTICAL MICROSCOPE WITH EXTERNAL AUTOMATION KIT	48
<i>Kolokolnikov G.A., Samorodov A.V.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АККОМОДАЦИИ ГЛАЗА	52
<i>Кудряшова Е.А., Исаков Р.В.</i>	
INVESTIGATION OF ELECTRICAL CONTROL OF EYEQUATION OF THE EYE	52
<i>Kudryashova E.A., Isakov R.V.</i>	
ВЫБОР АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ВРОЖДЕННЫХ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ЛИЦА	56
<i>Кумов В. С¹, Самородов А. В.¹, Солониченко В. Г.², Канивец И. В.³, Горгисели К. В.³</i>	
SELECTION OF ANTHROPOMETRIC PARAMETERS FOR AUTOMATED RECOGNITION OF CONGENITAL MORPHOGENETIC FACIAL VARIANTS	56
<i>Kumov V.S.¹, Samorodov A.V.¹, Solonichenko V.G.², Kanivets I.V.³, Gorgisheli K.V.³</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ АСИММЕТРИИ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ	60
<i>Лаврова Е. А.¹, Самородов А. В.¹, Мордовский А. В.², Кудрин К. Г.², Поляков А. П.²</i>	
METHOD FOR AUTOMATED ASSESSMENT OF HUMAN FACIAL ASYMMETRY INDICES BASED ON VIDEOANALYSIS	60
<i>Lavrova E.A.¹, Samorodov A.V.¹, Mordovsky A.V.², Kudrin K.G.², Polyakov A.P.²</i>	
РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ БАЗОВЫХ ЭМОЦИЙ ПО ФРОНТАЛЬНОМУ 2D ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА	63
<i>Мошкова А. А., Кумов В. С., Самородов А. В.</i>	
DEVELOPMENT AND RESEARCH OF ALGORITHMS OF AUTOMATIC RECOGNITION OF BASIC EMOTIONS ON 2D FRONTAL FACE IMAGE	63
<i>Moshkova A.A., Kumov V.S., Samorodov A.V.</i>	
АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИТАЛЬНОСТИ ОБЪЕКТА ПО 2D ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА	68
<i>Самородов А. В., Новокшонов А. А.</i>	
ALGORITHM FOR FACE LIVENESS DETECTION ON 2D IMAGES	68
<i>Samorodov A.V., Novokshonov A.A.</i>	
АЛГОРИТМЫ СЕГМЕНТАЦИИ СЛОЕВ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ	69
<i>Павлюченко И. В., Степанов А.В., Давыдов М. А., Кондратьева П. В., Нечаева Н. Н., Бойко А. А., Самородов А. В.</i>	

RETINAL LAYERS SEGMENTATION ALGORITHMS ON IMAGES OBTAINED BY OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY	
<i>Pavlyuchenko I.V., Stepanov A.V., Davydov M.A., Kondratyeva P.V., Nечаева N.N., Boyko A.A., Samorodov A.V.</i>	
ФОРМИРОВАНИЕ АННОТИРОВАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЛИЦА БОЛЬНЫХ РАССТРОЙСТВАМИ ШИЗОФРЕНИЧЕСКОГО СПЕКТРА	71
<i>Пилипенко М. Н.¹, Латышева Е. Ю.¹, Бойко А. А.¹, Самородов А. В.¹, Омельченко М. А.², Румянцев А. О.²</i>	
FORMING THE ANNOTATED DATABASE OF VIDEO IMAGES FOR WITH FACIAL MOTOR ACTIVITY OF PATIENTS WITH SCHIZOPHRENIA SPECTRUM DISORDERS	
<i>Pilipenko M.N.¹, Latysheva E.Yu.¹, Boiko A.A.¹, Samorodov A.V.¹, Omel'chenko M.A.², Rumyantsev A.O.²</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА	74
<i>Румянцева А. А., Волков А. К.</i>	
STUDY OF ELECTROKINETIC PROPERTIES OF BUCCAL EPITHELIUM FOR EVALUATION OF HUMAN FUNCTIONAL STATE	
<i>Rumyantseva A.A., Volkov A.K.</i>	
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО – АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И АЛГОРИТМА СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ БЛИЗНЕЦОВ ПО ПАПИЛЛЯРНЫМ УЗОРАМ ПАЛЬЦЕВ РУК И ДНК	81
<i>Савченко А.Г. Аполовнова И.А., Полящук А.А.</i>	
DEVELOPMENT OF THE PROGRAM AND ALGORITHMIC COMPLEX AND ALGORITHM OF THE COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOMETRIC IDENTIFICATION OF THE PERSONALITIES TWINS ON PAPILLARY SIGNS FINGER OF HANDS AND DNA	
<i>Savchenko A.G., Apollonova I.A., Polishchuk A.A.</i>	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БЕСКОНТАКТНОЙ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИИ	84
<i>Семчук И. П., Муравская Н. П., Самородов А. В.</i>	
COMPARATIVE RESEARCH OF OPTICAL CONTACTLESS METHODS OF HEART RATE MEASUREMENT	
<i>Semchuk I.P., Muravskaya N.P., Samorodov A.V.</i>	
АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ В МАЗКАХ КРОВИ	86
<i>Скавронская В. В., Самородов А. В.</i>	
AUTOMATIZATION OF RED BLOOD CELL MORPHOLOGY STUDIES IN BLOOD SMEAR	
<i>Skavronskaya V.V., Samorodov A.V.</i>	
АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ГЛУБИНЫ АНЕСТЕЗИИ ПО ЭЭГ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ	89
<i>Аль-Гаили М. А.¹, Калиниченко А. Н.¹</i>	
ALGORITHM FOR ESTIMATING DEPTH OF ANESTHESIA BY EEG USING NEURAL NETWORK	
<i>Al-ghaili M.A.¹, Kalinichenko A.N.¹</i>	
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ МАЗКОВ КРОВИ	93
<i>Пузанкова К.А., Караплов А.А., Жуков К.Н.</i>	
DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF CLASSIFICATION OF LEUKOCYTES ON IMAGES OF BLOOD PULSES	
<i>Puzankova K.A., Karaulov A.A., Zhukov K.N.</i>	
РАЗРАБОТКА БИОМЕТРИЧЕСКОГО МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОПУСКНОГО МОДУЛЯ.	96
<i>А. А. Быков, С. Г. Чекунков</i>	
DEVELOPMENT OF BIOMETRIC MULTIMODAL AUTOMATIC ACCESS MODULE	
<i>Bykov A.A., Chekunkov S.G.</i>	
О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЧИСЛА АРИТМОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СКРИНИНГ-ТЕСТИРОВАНИЯ	98
<i>Баландин В.А., Беседина С.А.</i>	
ON THE POSSIBILITY OF REDUCING THE NUMBER OF ARRHYTHMOLOGICAL INDICATORS DURING SCREENING TESTS	
<i>Balandin V.A., Besedina S.A.</i>	

РОЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИСКЛЮЧЕНИИ ОШИБОК ДИАГНОСТИКИ И ТЕРАПИИ	100
Лицук В.А. ¹ , Газизова Д.Ш. ² , Сазыкина Л.В. ² , Шевченко Г.В. ³ , Леонов Б.И. ¹ , Фролов С.В. ⁴ , Маковеев С.Н. ⁵	
ROLE OF INTELLECTUAL TECHNOLOGIES IN THE EXCEPTION OF MISTAKES OF DIAGNOSTICS AND TREATMENT	
<i>Lischouk V.A.¹, Gazizova D.Sh.², Sazykina L.B.², Shevchenko G.V.³, Leonov B.I.¹, Frolov S.V.⁴, Makoveev S.N.⁵</i>	
МОДУЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ДОКУМЕНТОВ ФИЗИЧЕСКОГО ЛИЦА С РЕГИСТРАЦИЕЙ В БАЗЕ ДАННЫХ	105
Шаранин В.Н., Озерова М.И.	
MODULE OF RECOGNITION AND IDENTIFICATION OF DOCUMENTS OF THE PHYSICAL PERSON WITH REGISTRATION IN THE DATABASE	
<i>Sharanin V.N., Ozerova M.I.</i>	
БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ УСТРОЙСТВА "УМНЫЕ ЧАСЫ"	109
Чезганов М. В., Евграфов В. В.	
BIOTECHNICAL PRESSURE MEASURING SYSTEM BASED ON THE DEVICE "SMART WATCHES"	
<i>Chezganov M. V., Evgrafov V. V.</i>	
СЕКЦИЯ 6 ♦ SECTION 6	
БИОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АППАРАТЫ, СИСТЕМЫ, КОМПЛЕКСЫ	
———— ♦ —————	
BIOTECHNICAL AND MEDICAL APPARATUS, SYSTEMS, COMPLEXES	
АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ХИРУРГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ PLASMAJET	117
Рунова А.А., Аль-Салех Г.И., Белов К.М., Писарева А. В., Николаев А. П.	
AUTONOMIC POWER SUPPLY FOR THE PLASMAJET SURGERY SYSTEM	
<i>Al-Saleh G.I., Runova A.A., Belov K.M., Pisareva A.V., Nikolaev A.P.</i>	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА	117
Аль-Салех Г.И., Рунова А.А., Писарева А.В., Николаев А.П.	
COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAPHIC SIGNAL PROCESSING METHODS	
<i>Al-Saleh G.I., Runova A.A., Pisareva A.V., Nikolaev A.P.</i>	
БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ МИНИМАЛЬНО-ИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ СОСУДОВ	122
Беликов Н. В., Хайдукова И. В., Борде А. С., Саврасов Г. В.	
BIOTECHNICAL SYSTEM FOR MINIMALLY INVASIVE SURGERY	
<i>Belikov N.V., Khaydukova I.V., Borde A.S., Savrasov G.V.</i>	
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» НА КАФЕДРЕ БЭСТ ВЛГУ	126
Варакин А. А.	
PECULIARITIES OF THE DESIGN TRAINING OF BACHELORS ON THE DIRECTION OF "BIOTECHNICAL SYSTEMS AND TECHNOLOGIES" AT THE CHAIR BEST VLSU	
<i>Varakin A.A.</i>	
ЭКГ РЕГИСТРАТОР ДЛИТЕЛЬНОГО МОНИТОРИНГА	128
Вилкова Д. И., Писарева А. В., Немцова А. С., Николаенко А. О., Николаев А. П.	
MEDICAL DEVICE FOR LONG-TERM ECG MONITORING	
<i>Vilkova D.I., Pisareva A.V., Nemtsova A.S., Nikolaenko A.O., Nikolaev A.P.</i>	
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОГО КОМПЛЕКСА	133
Власов М. Э., Дембовский М. В., Апоплонова И. А., Терехова Н. Ю.	
FEATURES OF CREATING THE TELEMEDICAL SYSTEM	
<i>Vlasov M., Dembovskiy M., Apollonova I., Terehova N.</i>	
РАЗРАБОТКА БЛОКА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ	136
Воробьева И. С., Косоруков А. Е.	

DEVELOPMENT OF A MEASURING UNIT FOR ELECTROPUNCTURE DIAGNOSTIC

Vorob'eva I.S., Kosorukov A. E.

ПРИБОР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СЕНСОМОТОРНЫХ РИТМОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПАРЕЗАМИ 138

Гаврилов Г. Е., Аполлонова И. А., Николаев А.П.

DEVICE FOR REGISTRATION SENSORIMOTOR RHYTHM FOR ESTIMATING REHABILITATION OF PATIENTS WITH PARESIS

Gavrilov G. E., Apollonova I. A., Nikolaev A. P.

ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗЕ В СОСТАВЕ ПОРТАТИВНОГО КАРДИОГРАФА 145

Гринченко Н.Н., Геращенко Е.С., Потапова В.Ю.

ELECTROCARDIOGRAPHIC SIGNAL PROCESSING SPEED INCREASE IN EXPRESS-ANALYSIS AS PART OF PORTABLE CARDIOGRAPH

Grinchenko N.N., Gerashchenko E.S., Potapova V.Y.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ MULTISIM ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ 148

Долгов Г. Ф.

USING VIRTUAL INSTRUMENTS OF THE MULTISIM SYSTEM IN STUDYING ELECTRICAL MEASUREMENTS

Dolgov G.F.

ПРОФЕСИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ В ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 12.04.04 «БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» 151

Долгов Г.Ф., Фролова Т.Н.

PROFESSIONAL STANDARDS IN THE TRAINING OF MASTERS IN THE DIRECTION 12.04.04 «BIOTECHNICAL SYSTEMS AND TECHNOLOGIES»

Dolgov G.F., Frolova T. N.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКА ГАММА-КВАНТОВ И НЕЙТРОНОВ ПРИ РАБОТЕ МЕДИЦИНСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ 156

М.В. Желтоножская, Е.Н. Лыкова, А.П. Черняев

INVESTIGATION THE FLOW OF GAMMA-QUANTUM AND NEUTRONS FROM THE MEDICAL ACCELERATOR OF ELECTRONS

Zheltonozhskaya M.V., Lykova E.N., Chernyaev A.P.

СИНТЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ 160

Иващенко А.В., Коцуев Д.А., Хорьков К.С., Тарасова М.А.

SYNTHESIS OF METALLIC POWDER MATERIALS FOR MEDICAL APPLICATIONS

A.V. Ivashchenko, D.A. Kochuev, K.S. Khorkov, M.A. Tarasova

РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ИНФРАКРАСНОЙ ДИАФАНОСКОПИИ МЯГКИХ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА 163

Колпаков А. В.

DEVELOPMENT OF THE HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF INFRARED TRANSILLUMINATION OF SOFT TISSUE OF PARODONT

Kolpakov A.V.

КВАЛИГЕНЕТИКА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ИЛИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПЕРЕНОС МОДЕЛЕЙ 166

Крылов В.П., Богачев А.М., Пронин Т.Ю.

NAME OF ABSTRACT QUALIGENETICS OF THE ELECTRONIC COMPONENT BASIS_OR THE INTERDISCIPLINARY TRANSFER OF MODELS

Krylov V.P., Bogachev A.M., Pronin T.Yu.

КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПОДДЕРЖКИ КЛИНИКО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ 168

Куканов Я. В., Калюжная А. А., Писарева А. В., Николаев А. П.

COMPLEX FOR OPTIMIZATION OF TECHNICAL SERVICE OF SUPPORT OF CLINIC DIAGNOSTIC LABORATORY	
<i>Kukanov Y. V., Kalyuzhnaya A.A., Pisareva A.V., Nikolaev A.P.</i>	
ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ПРОБЫ	172
<i>Лапитан Д.Г.¹, Рогаткин Д.А.^{1,2}, Разницын О.А.²</i>	
OPTICAL DEVICE FOR FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF THE BLOOD MICRO CIRCULATION WITH THE POSSIBILITY TO PERFORM HEATING TEST	
<i>Lapitan D.G.^{1,2}, Rogatkin D.A.¹, Raznitsyn O.A.²</i>	
РАЗРАБОТКА БЕЗГЕЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЭЭГ СИГНАЛА	175
<i>¹Лахминов К. Д., ²Гаврилов Г. Е., ²Апоплонова И. А.</i>	
DEVELOPMENT OF A VERY FREE ELECTRODE SYSTEM FOR REGISTRATION OF EEG SIGNAL	
<i>Apollonova I.A., Lakhminov K.D. Gavrilov G.E.</i>	
БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СТИМУЛЯЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИИ	179
<i>Спирянов С.А., Марычев С.Н.</i>	
BIOTECHNICAL SYSTEM OF STIMULATION ELECTRONEUROMYOGRAPHY	
<i>Spiritnow S. A., Marychev S. N.</i>	
ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПРОИЗВОДСТВА ВИРТУАЛЬНЫХ СЛАЙДОВ	183
<i>В.С.Медовий, Б.З.Соколинский, А.М.Пятницкий, Г.Д.Волков, А.В.Медведевских</i>	
INTRODUCTION TO THE THEORY OF VIRTUAL SLIDES PRODUCTION	
<i>Medovy V., Sokolinskiy B., Paytnitskiy A., Volkov G., Medvedevskih A.</i>	
РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ КАПНОГРАФИИ ДЛЯ БОДИПЛЕТИЗМОГРАФА	187
<i>Немцова А. С., Писарева А. В., Николаев А. П., Вилкова Д. И., Николаенко А. О.</i>	
DEVELOPMENT OF THE MODEL OF CAPNOGRAPHY FOR BODYPLETHYSMOGRAPH	
<i>Nemtsov A. S., Pisareva A.V., Nikolaev A. P., Vilkova D. I., Nikolaenko A. O.</i>	
РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОРРЕКЦИИ ДОЗИРОВКИ ПРЕПАРАТА ПРИ ИНФУЗИОННОЙ ТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФУЗИОННЫХ НАСОСОВ	193
<i>Николаенко А. О., Синопальников В. И., Николаев А. П., Писарева А. В., Вилкова Д. И., Немцова А. С.</i>	
DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CORRECTION OF DOSAGE OF THE PREPARATION AT INFUSION THERAPY USING INFUSION PUMPS	
<i>Nikolaenko A. O., Sinopalnikov V.I., Nikolaev A.P., Pisareva A.V., Vilkova D.I., Nemtsova A.S.</i>	
МНОГОМОДАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС КОММУНИКАЦИИ СЕРВИСНОГО МЕДИЦИНСКОГО РОБОТА И ЧЕЛОВЕКА	196
<i>Рогаткин Д. А., Лапаева Л. Г.</i>	
MULTIMODAL INTERFACE FOR COMMUNICATION BETWEEN SERVICE_MEDICAL ROBOT AND PEOPLE	
<i>Rogatkin D.A., Lapaeva L.G.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ЭКЗОСКЕЛЕТА ДЛЯ РАБОТЫ НАД ЛИКВИДАЦИЕЙ КАТАСТРОФ	198
<i>Савченко А. Г., Ятченей О. С., Апоплонова И.А., Писарева А.В.</i>	
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE ACTUATOR OF THE EXOSKELETON TO WORK ON THE ELIMINATION OF DISASTERS	
<i>Savchenko A. G., Atzeni O. S., Apollo I. A., Pisarev A.V.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ_НА ИНТЕНСИВНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ	201
<i>Скворцов С. П., Нажем А.</i>	
INVESTIGATION OF WATER PARAMETERS INFLUENCE_ON ULTRASOUND CAVITATION ACTIVITY	
<i>Skvortsov S.P., Najem A.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ	205
<i>Скворцов С. П., Сляднев Д. П.</i>	
ULTRASOUND CAVITATION OPTIMUM REGIMENS INVESTIGATION	
<i>Skvortsov S.P., Slyadnev D.P.</i>	

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОРРЕКЦИИ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОСТУРАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ	208
<i>^{1,2}Суворов Н. Б., ¹Сергеев Т. В., ^{1,2}Белов А. В.</i>	
HARD- AND SOFTWARE COMPLEX FOR CORRECTION OF HUMAN STATE AND FOR ADAPTIVE CONTROL OF POSTURAL LOAD	
<i>^{1,2}Suvorov N.B., ¹Sergeev T.V., ^{1,2}Belov A.V.</i>	
СПОСОБ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	215
<i>Тарасова М.А., Хорьков К.С., Кочуев Д.А., Иващенко А.В.</i>	
METHOD FOR CHANGING THE SPATIAL DISTRIBUTION OF LASER RADIATION INTENSITY	
<i>Tarasova M.A., Khorkov K.S., Kochuev D.A., Ivashchenko A.V.</i>	
РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОРТАТИВНОГО КИСЛОРОДНОГО КОНЦЕНТРАТОРА	218
<i>Тимченко Е.С., Аплонюнова И. А.</i>	
DEVELOPMENT OF BIOTECHNICAL SYSTEM OF PORTABLE OXYGEN CONCENTRATOR	
<i>Timchenko E. S., Apollonova I. A.</i>	
РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК ЧЕЛОВЕКА	220
<i>Тихонравова Е. В., Ахмедов М. Н., Исаков Р. В.</i>	
DEVELOPMENT OF HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR THE STUDY OF BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS OF THE PERSON	
<i>Tikhonravova E. V., Akhmedov M. N., Isakov R. V.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СПИРОМЕТРА С ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ АНАЛИЗАТОРОМ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА	224
<i>Андрянова А.А., Логинов Н.И., Торчинская А.В.</i>	
THE STUDY OF THE MODES OF OPERATION OF THE SPIROMETER LCD INVERTER AIR FLOW	
<i>Andriyanova A.A., Loginov N.I., Torchinskaya A.V.</i>	
БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ КОГНИТИВНЫХ И ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ	228
<i>Филатова Н.Н., Шемаев П.Д., Сидоров К.В., Бодрина Н.И., Ребрун И.А.</i>	
BIOTECHNICAL SYSTEM FOR INTERACTION RESEARCH BETWEEN COGNITIVE AND EMOTIONAL PROCESSES	
<i>Filatova N.N., Shemaev P.D., Sidorov K.V., Bodrina N.I., Rebrun I.A.</i>	
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ КАК МЕТОД ОБЪЕКТИВНОЙ АУДИОМЕТРИИ	232
<i>Филипцев Д. А., Писарева А. В., Николаев А. П.</i>	
SPECTROPHOTOMETRY AS METHOD OF OBJECTIVE AUDIOMETRY	
<i>Filipitsev D. A., Pisareva A.V., Nikolaev A. P.</i>	
АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ СЕРДЦА НА ПОВЕРХНОСТИ КВАЗИЭПИКАРДА	237
<i>Крамм М.Н., Черников А.И., Палютина Ю.А., Журавлева Н.А.</i>	
ANALYSIS OF STABILITY AT THE RECONSTRUCTION OF THE ELECTRIC HEART SOURCES ON THE QUASIEPICARD SURFACE	
<i>Kramm M.N., Chernikov A.I., Palyutina Y.A., Zhuravleva N.A.</i>	
ЗАПИСЬ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК ФЕМТОСЕКУНДНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ДЛЯ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	240
<i>Черников А.С., Кочуев Д.А., Хорьков К.С., Прокошев В.Г., Чкалов Р.В.</i>	
FIBER BRAGG GRATINGS FABRICATION BY FEMTOSECOND LASER RADIATION FOR SENSORS FOR MONITORING OF OBJECTS CONDITION AND ENVIRONMENT	
<i>Chernikov A.S., Kochuev D.A., Khorkov K.S., Prokoshev V.G., Chkalov R.V.</i>	
ВЫСОКОТОЧНЫЙ ДРАЙВЕР ДИОДОВ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ	242

Чкалов Р.В., Герке М.Н., Коцуев Д.А., Хорьков К.С., Прокошев В.Г.

HIGH-PRECISION MEDIUM POWER LASER DIODES DRIVER FOR NON-INVASIVE METHODS OF RESEARCH

R.V. Chkalov, M.N. Gerke, D.A. Kochuev, K.S. Khorkov, V.G. Prokoshev

КОРРЕЛЯЦИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ УЗЛАХ БИОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕДИЦИНСКИХ АППАРАТОВ 244

Шахнин В.А., Коробко С.Г., Елисеев А.А.

CORRELATION OF PARTIAL DISCHARGES IN HIGH VOLTAGE UNITS OF BIOTECH AND MEDICAL DEVICES

Shakhnin V.A., Korobko S. G., Eliseev A.A.

КАРДИОРОБОТ 248

Шевченко Г.В.¹, Газизова Д.Ш.², Леонов Б.И.³, Лищук В.А.⁴

THE CARDIOROBOT

Shevchenko G.V.¹, Gazizova D.Sh.², Leonov B.I.³, Lischouk V.A.⁴

ПРИБОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЛЕТОК С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ГЕНОМОМ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ 251

Шугайло В.В., Костенко С.А., Пермяков С.Е., Думская Н.С.

A DEVICE FOR RECEIVING CELLS WITH MODIFIED GENOME BY THE METHOD OF ELECTROPORATION

Shugailo V.V., Kostenko S.A., Permyakov S.E., Dumskaya N.S.

УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ТКАНЕЙ 253

Разницаина И. А.^{1,2}, Тарасов А. П.¹, Рогаткин Д. А.^{1,3}

IMPROVED SYSTEM FOR TISSUE OPTICAL SPECTROSCOPY

Raznitsyna I. A.^{1,2}, Tarasov A.P.¹, Rogatkin D.A.^{1,3}

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ: МЕТОДЫ ПОИСКОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ 254

Ботуз С. П.

TECHNOLOGICAL VISION SYSTEMS: SEARCHING DESIGN METHODS

Botuz S.P.

ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИЯМИ В СЕТИ 259

INTERNET/INTRANET

Ботуз С. П.

DIGITAL PLATFORM OF INNOVATION CONTROL SYSTEM IN THE INTERNET / INTRANET NETWORK

Botuz S.P.

ОПЫТ СОЗДАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПЕРЕПОДГОТОВКИ МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ В МГУ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА 262

А.П. Черняев¹, С.М. Варзарь¹, У.А. Близнюк¹, П.Ю. Борщеговская¹, А. В. Белоусов¹, М.В. Желтоноzhская¹,

Е.Н. Лыкова¹, В.В. Розанов¹, В.И. Мусиенко², С.У. Нисимов³, П.А.Истратов⁴

EXPERIENCE OF CREATION AND IMPLEMENTATION OF PROGRAM OF PROFESSIONAL RETRAINING OF MEDICAL PHYSICS IN MOSCOW STATE UNIVERSITY

A.P. Chernyaev, S.M. Varzar, U.A. Bliznyuk, P.Yu. Borshchevskaya, A. V. Belousov, M.V. Zheltonozhskaya, E.N. Lykova, V.V. Rozanov, P.A. Musienko, S.U. Nisimov, P.A. Istratov

О РУКОТВОРНОЙ СИСТЕМЕ ВУЗОВСКОЙ НАУКИ В РОССИИ НА НАЧАЛО 21 В

Кузнецов А.А.

265

ABOUT MAN-MADE SYSTEM OF A HIGH SCHOOL SCIENCE IN RUSSIA AT THE BEGINNING OF 21 C

Kuznetsov A.A.

ОБ УСТОЙЧИВОЙ РУКОТВОРНОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ В НАЧАЛЕ 21 В

Кузнецов А.А.

269

ABOUT A STEADY MAN-MADE EDUCATION SYSTEM IN RUSSIA AT THE BEGINNING OF 21 C

A.A. Kuznetsov

СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ВИРТУАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ ФИЗИЧЕСКОГО И БИО-МЕДИЦИНСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Лачина А. А., Немировский Д.Ю., Хорьков К.С., Давыдов Н.Н., Прокошев В.Г.

273

MEANS OF INFORMATION - TECHNICAL SUPPORT AND VIRTUAL TRAINING OF PERSONNEL FOR LABORATORIES OF PHYSICAL AND BIO-MEDICAL RESEARCH
Lachina A.A, Nemirovskiy D.Y, Khorkov K.S, Davyдов N.N, Prokoshev V.G.

КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОСНОВНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ БАКАЛАВРИАТА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ 277

Дмитриев В. Б., Шумарин С.В.

COMPETENCY APPROACH TO DEVELOPMENT OF MAJOR PROFESSIONAL EDUCATIONAL PROGRAMS OF BACHELORATE WITH THE REQUIREMENT OF PROFESSIONAL STANDARDS

Dmitriev V. B., Shumarin S. V.

СЕКЦИЯ 7 ♦ SECTION 7
МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

METHODS AND TOOLS FOR NATURAL ENVIRONMENT DIAGNOSTIC

МОДИФИКАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА 283

Архипов Е.А., Архипов И.Е.

MODIFICATION OF THE PROCEDURE OF AUTOMATIC RECOGNITION OF TYPES OF CARS FOR THE SYSTEMS OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE MOVEMENT

Arkhipov E.A ,Arkhipov I.E.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ 285

Архипов Е.А., Архипов И.Е.

DETERMINATION OF ACCURACY OF WORK OF THE PROGRAM OF RECOGNITION OF CARS

Arkhipov E.A ,Arkhipov I.E.

ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ 287

Богдан О.П., Муравьева О.В., Злобин Д.В., Волков В.В.

INVESTIGATION OF ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF BIOLOGICAL MEDIA BY RESONANCE METHOD

Bogdan O.P., Murav'eva O.V., Zlobin D.V., Volkov V.V.

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ 292

Веселов О.В., Светушенко С.Г., Сабуров П.С.

DIAGNOSTICS OF A CONDITION OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT

Veselov O.V., Svetushenko S.G., Sabuров P.S.

МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЗЕМЛИ ИНФРАНИЗКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА С ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИХ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА 295

Грунскaya Л.В. , Золотов А.Н., Бушуев А.С., Сныгина И.А.

MONITORING OF THE EARTH ELECTROMAGNETIC FIELDS FOR INFRALOW-FREQUENCY RANGE IN ORDER TO STUDY THEIR INFLUENCE ON HUMAN HEALTH

Grunskaya L. V. , Zolotov A. N., Bushuev A. S., Snygina I.A.

О КОМПЛЕКСНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ 298

Дорожков В. В.

ABOUT THE COMPLEX MODELING OF PULSED ELECTROMAGNETIC RADIATION OF LIGHTNING DISCHARGES

Dorozhkov V.V.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОРОШКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА И ХЛЕБА 300

Думская Н. С., Бойко Б.Н.

INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF PLANT POWDERS, DETERMINING THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF DOUGH AND BREAD

Dumskaya N.S., Boyko B.N.

АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ БИОСЕНСОР НА ОСНОВЕ РОДОКОККОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТАБОЛИЗМА ЮГЛОНА	301
Емельянова Е.В., Решетилов А.Н., Соляникова И.П.	
AMPEROMETRIC RHODOCOCCUS BIOSENSOR FOR STUDIES CONCERNING JUGLONE METABOLISM	
Emelyanova E.V., Reshetilov A.N., Solyanikova I.P.	
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕКСТУРНОГО АНАЛИЗАТОРА	305
Звягин М.Ю., Голубев А.С., Васильченкова Д.Г.	
THE IMAGE QUALITY ESTIMATION BY MEANS OF TEXTURE ANALYSER	
Zvyagin M.Y. Golubev A.S., Vasilchenkova D.G.	
МОДЕЛЬ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ	307
Звягин М.Ю., Голубев А.С., Васильченкова Д.Г.	
THE NETWORK INTERACTION MODEL OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM	
Zvyagin M.Y. Golubev A.S., Vasilchenkova D.G.	
РАЗРАБОТКА КНИ ПОЛЕВОГО ДАТЧИКА ХОЛЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	309
Королев М.А., Козлов А.В., Девликанова С.С.	
SOI HALL FIELD SENSOR DEVELOPMENT TO CONTROL THE PARAMETERS OF THE MAGNETIC FIELD ENVIRONMENT	
Korolev M.A., Kozlov A.V., Devlikanova S.S.	
ЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	313
Кротова Е.И.	
ELECTRONIC METHOD OF THE STATISTICAL CONTROL OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE ENVIRONMENT	
Krotova E.I.	
РОЛЬ ГИДРОДИНАМИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ЯДЕРНЫХ ПОР	316
Кувичкин В.В.	
THE ROLE OF HYDRODYNAMIC FORCES ON NUCLEAR PORE ASSEMBLY	
Kuvichkin V.V.	
БИОСЕНСОРНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ НОВЫХ АЭРОБНЫХ МЕТИЛОТРОФОВ	317
Кувичкина Т.Н., Капаруллина Е.Н., Доронина Н.В., Троценко Ю.А., Решетилов А.Н	
BIOSENSORY APPROACH TO THE STUDY OF NEW AEROBIC METHYLOTROPHES	
Kuvichkina T.N., Kaparullina E.N., Doronina N.V., Trotsenko Yu.A., Reshetilov A.N.	
ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СИГНАЛИЗАТОРОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ	319
Лукьянов В.Е., Грунскaya Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В.	
ABOUT INCREASING THE QUALITY OF WORK OF INDICATORS INTENDED FOR DETECTING ANOMALIES IN TIME RANGES	
Lukyanov V.E., Grunskaya L.V., Isakevich V.V., Isakevich D.V.	
ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИЙ ФОН ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ	322
Малышева Д.А. ¹ , Дробышев М.Н. ²	
EFFECT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON MICROSEISMIC BACKGROUND IN LONG-TERM GRAVIMETRIC OBSERVATIONS	
Malysheva D.A., Drobyshev M.N.	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПАРОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ И ВОДОЗАПАСА ОБЛАЧНОСТИ В ПРОЕКТЕ КЭ «КОНВЕРГЕНЦИЯ»	328
Пашинов Е.В. ¹ , Стерлядин В.В. ¹ , Кузьмин А.В. ¹ , Шарков Е.А. ¹ , Садовский И.Н. ^{1,2}	
RETRIEVING INTEGRATED WATER VAPOR AND CLOUD LIQUID WATER CONTENT DURING «CONVERGENCE» SPACE PROJECT	
Pashinov E. V. ¹ , Sterlyadkin V. V ¹ , Kuzmin A. V ¹ , Sharkov E. A ¹ , Sadovskiy I.N. ^{1,2}	

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ПРОЕКТЕ КЭ «КОНВЕРГЕНЦИЯ»	335
Пашинов Е.В. ¹ , Селунский А.В. ¹ , Кузьмин А.В. ¹ , Стерлядкин В.В. ¹ , Шарков Е.А. ¹ , Садовский И.Н. ^{1,2}	
RETRIEVING OF THE HUMIDITY AND TEMPERATURE PROFILE OF ATMOSPHERE DURING «CONVERGENCE» SPACE PROJECT	
Pashinov E. V. ¹ , Selunskiy A. B ¹ ., Kuzmin A. V ¹ ., Sterlyadkin V. V ¹ ., Sharkov E. A ¹ ., Sadovskiy I.N. ^{1,2}	
ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПТИЧЕСКОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ КАВИТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ	339
Пчеловодова А. А., Аполлонова И. А., Савченко А. Г., Тимошина Я. Ю.	
OPTIMIZATION OF PARAMETERS FOR LABORATORY BENCH FOR EXPERIMENT ON OPTICAL SOUNDING OF CAVITATION AREA	
Pchelovodova A.A., Savchenko A.G., Apollonova I.A., Timoshina Ya.Yu.	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЛЯ ПРИВОДНОГО ВЕТРА ПО МИКРОВОЛНОВЫМ РАДИОПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИМ ИЗМЕРЕНИЯМ ИЗ КОСМОСА	345
Сазонов Д. С. ² , Стерлядкин В. В. ^{2,3} , Садовский И. Н. ^{1,2}	
RETRIEVING OF WIND FIELD USING MICROWAVE SATELLITE RADIOPOLARIMETRIC MEASUREMENTS	
Sazonov D.S. ² , Sterlyadkin V.V. ^{2,3} , Sadovskii I.N. ^{1,2}	
ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ СРЕДСТВАМИ ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА	350
Спеньков К.А., Никитин О.Р., Гаврилов В.М.	
ENVIRONMENTALLY SAFE METHODS OF DETERMINING THE DISTANCE MEANS OF PASSIVE LOCATION OF A MILLIMETRIC RANGE	
Spennkov, K. A., Nikitin O. R., Gavrilov V. M.	
ОЦЕНКА НИЗКОИМПЕДАНСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЛИЯНИЯ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	354
Шмелёв В.Е.	
SCORE LOW IMPEDANCE ELECTROMAGNETIC EFFECTS OF POWER LINES ON THE ENVIRONMENT	
Shmelev V.E.	
БИОСЕНСОР НА ОСНОВЕ ГЛЮКОЗООКСИДАЗЫ. СРАВНЕНИЕ ДВУХ СПОСОБОВ ИММОБИЛИЗАЦИИ ФЕРМЕНТА НА МАТРИЧНОМ ЭЛЕКТРОДЕ	353
¹ Плеханова Ю. В., ¹ Решетилов А. Н., ² Дубровский А. В., ² Ким А. Л., ² Тихоненко С. А.	
BIOSENSOR BASED ON GLUCOSE OXIDASE. COMPARISON OF TWO METHODS OF IMMOBILIZATION OF AN ENZYME ON A SCREEN-PRINTED ELECTRODE	
¹ Plekhanova Yu.V., ¹ Reshetilov A.N., ² Dubrovskii A.V., ² Tikhonenko S.A.	
АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С ПАРАМЕТРАМИ ЖИДКОЙ СРЕДЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ	357
Савченко А.Г., Аполлонова И.А., Пчеловодова А.А.	
ANALYSIS OF THE INTERCONNECTION OF ELECTRICAL PARAMETERS WITH PARAMETERS OF LIQUID ENVIRONMENT UNDER THE IMPACT OF THE TRANSDUCER	
Savchenko A.G., Apollonova I.A., Pchelovodova A.A.	
СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ Sr-90 В ОБРАЗЦАХ И ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ	361
Желтоножская М. В., Черняев А.П.	
MODERN METHODS OF ⁹⁰Sr REGISTRATION IN ENVIRONMENT	
Zheltonozhskaya M.V., Chernyaev A.P.	
ПОВЫШЕНИЕ ОЧИЩАЮЩИХ СВОЙСТВ ВОДЫ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ	365
Хасан Савалха, Амро Али, Лайла Абу-Аль-фелат, Захраа Sharabati	
ENHANCEMENT OF CLEANING WATER PROPERTIES THROUGH APPLICATION OF MAGNETIC FIELD	
Hassan Sawalha , Ali Amro, Laila Abu Al felat, Zahraa Sharabati	

СЕКЦИЯ 8 ♦ SECTION 8
ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

♦
ECOLOGY AND HUMAN HEALTH

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МИКРОВИБРАЦИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ОТ АРТЕРИАЛЬНОГО И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Ошибка! Закладка не определена.

Алексеева И.И., Исаков Р.В.

INVESTIGATION OF SPECTRAL COMPONENTS DEPENDENCE OF THE HEAD BRAIN MICROVIBRATION FROM ARTERIAL AND ATMOSPHERIC PRESSURE

Alexeeva I.I., Isakov R.V.

УРОВЕНЬ ЗДОРОВЬЯ ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ГОРОДА ВЛАДИМИРА ПО ДАННЫМ ДОНОЗОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

Ошибка! Закладка не определена.

Батоцыренова Т. Е., Блохин М. М., Разина У. А., Миронова Ю. А., Гаврилова К. А., Гадалова И. М.

THE LEVEL OF HEALTH OF THE ELDERLY OF THE CITY OF VLADIMIR, ACCORDING TO PRECLINICAL DIAGNOSIS

Batotsyrenova T.E., Blokhin M. M., Razina U. A., Mironova Yu. A., Gavrilova K.A., Gadalova I. M.

СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СПОРТИВНО-ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ

Ошибка! Закладка не определена.

Белов К. М.¹, Аполлонова И. А.¹, Николаев А. П.¹, Писарева А. В.¹, Потемкина Е. Ю.²

SYSTEM FOR ASSESSMENT OF SPORTS-IMPORTANT QUALITIES

Belov K. M.¹, Apollonova I. A.¹, Nikolaev A. P.¹, Pisareva A. V.¹, Potemkina E. Yu.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ

Ошибка! Закладка не определена.

Гладков Е. А., Жигалов И. Е.

INFORMATION SYSTEM FOR ROAD TRAFFIC REGULATION WITH REGARD TO THE INFLUENCE ON THE ECOLOGICAL ENVIRONMENT

Ошибка! Закладка не определена.

Gladkov E.A., Zhigalov I.E.

О ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ

Ошибка! Закладка не определена.

¹Полунин И.Н., ¹Горст В.Р., ²Горст Н.А.

ABOUT PHYSICAL BASICS OF FUNDAMENTAL BIOLOGY

¹Polunin I.N., ¹Gorst V.R., ²Gorst N.A.

ИССЛЕДОВАНИЯ СОВПАДЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ И ПЕРИОДОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Ошибка! Закладка не определена.

Грунскaya Л.В., Лукьянoв B.Е., Лещев И.А., Сныгина И.А.

RESEARCH MATCHES BIOLOGICAL RHYTHMS AND PERIODS OF GEOPHYSICAL PROCESSES

Grunskaya L.V., Lukyanov E. V., Leshchev I. A., Snygina I. A.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СНА СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ И СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ

Ошибка! Закладка не определена.

Залата О.А., Богданова А.М., Евстафьева Е.В., Жукова А.В., Кашик Л.Р.

THE SLEEP CHARACTERISTICS OF MEDICAL STUDENTS AND THE CONTENT OF CHEMICAL ELEMENTS IN HAIR

Zalata O.A., Bogdanova A.M., Evstafeva E.V.,Zhukova A.V., Kashka L.R.

ОСОБЕННОСТИ МЕТЕОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЫСШИХ ПСИХИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ

У СТУДЕНТОВ РАЗНОГО ПОЛА

384

Залата О.А.¹, Щеголева М.Г.², Глушак Д.Н.¹, Кондакова Ю.М.¹

**FEATURES OF WEATHER SENSITIVITY OF HIGHER MENTAL FUNCTIONS STUDENTS
OF
DIFFERENT GENDER**

OF

Zalata O.A.¹, Shchegoleva M.G.², Glushak D.N.¹, Kondakova Yu.M.¹
**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ
СТУДЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМ ОБСТРУКТИВНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЕМ ЛЁГКИХ**

Ошибка! Закладка не определена.

Калюжная А. А., Писарева А. В., Николаев А. П., Куканов Я.В.

**THE DEVELOPMENT OF THE BIOTECHNICAL SYSTEM FOR THE REMOTE MONITORING OF THE
STATUS OF STUDENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE**

Kalyuzhnaya, A. A., Pisareva A. V., Nikolaev A. P., Kukanov V. Ya.

О МЕХАНИЗМАХ УПРАВЛЕНИЯ, РЕГУЛЯЦИИ И КОНТРОЛЯ НАД РИТМОМ СЕРДЦА

404

Кузнецов А.А.

ABOUT MECHANISMS OF MANAGEMENT, REGULATION AND CONTROL OF A HEART RHYTHM

Kuznetsov A.A.

**ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ДЛЯ ОЦЕНОЧНОГО
ПРОГНОЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВОГО ЧЕЛОВЕКА**

Ошибка! Закладка не определена.

Кузнецов А.А., Палей М.С. *, Чепенко В.В.

**CHECK OF AN OPPORTUNITY OF FORECAST INDEX APPLICATION FOR THE ESTIMATED FORECAST
OF THE HEALTHY PERSON FUNCTIONAL STATE**

A. A. Kuznetsov, M.S. Palej *, V.V. Chepenko

РЕАЛЬНЫЙ, ИДЕАЛЬНЫЙ И ЭТАЛОННЫЙ РИТМ СЕРДЦА

411

Кузнецов А.А.

REAL, IDEAL AND STANDARD HEART RHYTHM OF

Kuznetsov A. A.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ХРОНИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ОРГАНИЗМ
ЧЕЛОВЕКА**

415

¹Музыченко Ю.Н., ¹Zhang L., ²Аполлонова И.А., ²Николаев А.П., ²Маликова С.Г., ²Писарева А.В.
**DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE EFFECTS OF CHRONIC STRESS ON THE
HUMAN BODY**

Muzychenko I.N., Zhang L., Apollonova I.A., Nikolaev A.P., Malikova S.G., Pisareva A.V.

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВИРТУАЛИЗАЦИИ АНАТОМИИ ЧЕЛОВЕКА В 3D-
ПРОСТРАНСТВЕ**

420

Лачина А.А., Немировский Д.Ю., Давыдов Н.Н., Прокошев В.Г.

HARDWARE AND PROGRAM COMPLEX VIRTUALIZATION ANATOMIES OF MAN IN 3D-SPACE

Lachina A.A., Nemirovskiy D.Y., Davyдов N.N., Prokoshev V.G.

**МОНИТОРИНГ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ПЕРВОКУРСНИКОВ УНИВЕРСИТЕТОВ
НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ ВСЕРОССИЙСКОГО ФИЗКУЛЬТУРНО-СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА
«ГОТОВ К ТРУДУ И ОБОРОНЕ»**

423

Нечушкин Ю. В., Брызгалов В. Г., Смирнов А. Г., Власов Г. В., Величко Т. И.

**MONITORING OF PHYSICAL TRAINING OF STUDENTS OF FIRST UNIVERSITY FIRST UNITS BASED ON
THE PROGRAM «READY TO WORK AND DEFENSE»**

Nechushkin Y. V., Bryzgalov, V. G., Smirnov A. G., Vlasov G. V., Velichko T. I.

**ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЁННОСТИ НА ЗДОРОВЬЕ
НАСЕЛЕНИЯ**

427

Писарева А. В.¹, Мышикин А. И.², Степанова Л. П.³, Яковлева Е. В.³
THE EVALUATION OF THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL STRESS ON HUMAN HEALTH
Pisareva A. V.^{1,2} Mishkin, A. I., Stepanova L. P.³, Yakovleva E. V.³
АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ УРБАНИЗАЦИИ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

432

Писарева А. В.¹, Степанова Л. П.², Яковлева Е. В.²
ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL FACTORS OF URBANIZATION AND HEALTH
Pisareva A. V.¹, Stepanova L. P.², Yakovleva E. V.²

ГРАНИЦЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ К АНАЛИЗУ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ (НА ПРИМЕРЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА)
Ошибка! Закладка не определена.

Северин А.Е.¹, Сушкива Л.Т.², Батоцыренова Т.Е.², Торшин В.И.¹, Старшинов Ю.П.¹, Розанов В.В.³, Зубова О.М.³

BORDERS OF APPLICATION OF STANDARD STATISTICAL METHODS TO THE ANALYSIS OF MEDICAL AND BIOLOGICAL DATA (ON THE EXAMPLE OF VARIABILITY OF HEART RHYTHM)

¹Severin A.E., ²Sushkova L.T., ²Batozirenova T.E., ¹Torshin V.I., ¹Starshinov Y.P., ³Rozanov V.V., ³Zubova O.M.

ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГОМЕОСТАЗ

Ошибка! Закладка не определена.

Северина Е.А.¹ Северин А.Е.¹, Торшин В.И.¹ Манкаева О.В.¹, Бакаева З.В.¹ Дьячкова Т.В.² Берсенева И.А.²

VEGETATIVE NERVOUS SYSTEM AND TEMPERATURE HOMEOSTASIS

¹Severina E.A.¹ Severin A.E. ¹, Torshin V.I¹, ¹Mankaeva O.V¹, ¹ Bakaeva Z.V¹, ²Dyachkova T.V², ²Berseneva I.A.²

МОНИТОРИНГ ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОСПАЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА У ДЕТЕЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Ошибка! Закладка не определена.

Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Аракелян Д.Д., Есиков Н.П., Кривобокова М.И., Кульнева Ю.Ю., Лысенко Е.И., Лысенко М.М., Пуценко А.И., Рябых А.В., Таранова В.И., Шкурская К.А.

MONITORING OF LABORATORY PARAMETERS OF INFLAMMATION DEPENDING ON AGE IN CHILDREN OF STAVROPOL TERRITORY

Smirnova O. N., Smirnov A. A., Arakelyan D. D. Esikov N. P. Krivobokova M. I. Kulneva Yu. Yu., Lysenko E. I., Lysenko M. M., Lutsenko A. I., Ryabykh V. A., Taranova, V. I., K. A. Skorska

ДИНАМИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОСПАЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТА ЖИТЕЛЬСТВА У ДЕТЕЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Ошибка! Закладка не определена.

Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Костина О.В., Сяянова Ю.А., Польская Е.С., Хисамова И.З., Хачиева Д.Г., Котова Р.К., Сильченко А.В., Миронова М.В., Лавриненко И.Н.

DYNAMICS OF LABORATORY PARAMETERS OF INFLAMMATION DEPENDING ON PLACE OF RESIDENCE IN CHILDREN OF STAVROPOL TERRITORY

Smirnova O. N., Smirnov A. A., Kostina O. V., Siyanova Yu. A., Polish E. S., Khisamova I. Z., Achieva D. G., Kotov, R. K., Silchenko A., Mironova M. V., Lavrinenko I. N.

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВЫБРОСАХ И СБРОСАХ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ РАБОТНИКОВ СТЕКОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА 447

Смирнова С. С.

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE CONTENT OF HARMFUL SUBSTANCES IN EMISSIONS AND DISCHARGES ON THE INCIDENCE OF GLASS WORKERS

Smirnova S.S.

ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ И СПОСОБЫ НОРМАЛИЗАЦИИ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РАЗНЫХ ФОРМАХ ПСИХИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ 450

Гулидова Г.П.

SPECIFIC CHANGES AND METHODS OF NORMALIZATION OF BIOENERGETIC PROCESSES IN DIFFERENT FORMS OF PSYCHIATRIC DISEASES

G. P. Gulidova

ИЗУЧЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ С ПОЗИЦИЙ НЕЙРОПСИХОЛОГИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЙ 453

Будыка Е.В. *, Батоцыренова Т.Е. **, Ефимова И.В. *

THE STUDY OF STUDENTS' HEALTH FROM POSITIONS OF NEUROPSYCHOLOGY OF INDIVIDUAL DIFFERENCES

Budyka E.V. *, Batotsyrenova T.E. **, Efimova I.V. *

СЕКЦИЯ 5

НАУЧНАЯ МОЛОДЕЖНАЯ ШКОЛА ИМ. И.Н. СПИРИДОНОВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ БИОМЕТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ СРАВНИТЕЛЬНОМ АНАЛИЗЕ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ КЛАССИФИКАТОРОВ ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

Исмайилова К.Ш.

Азербайджанский Университет Нефти и Промышленности, ls_kamalya@yahoo.com

Электромиография (ЭМГ) – это диагностический метод, при помощи которого можно исследовать биоэлектрические потенциалы, возникающие в мышцах скелета при возбуждении нервных волокон. Нейросетевой подход к диагностике состояния человека находит широкое применение в электрокардиографии, электроэнцефалографии, генетике, при лечении раковых заболеваний и др. Весьма перспективным, на наш взгляд, является нейросетевой подход и в электромиографии.

Нейронные сети представляют собой нелинейные системы, позволяющие гораздо лучше классифицировать данные, чем обычно используемые линейные методы. В приложении к медицинской диагностике они дают возможность значительно повысить роль специфичности метода, не снижая его чувствительности.

Науки и отрасли знания оперирующие на гипотезу: если задачу как-то может решать человек, то и формальный алгоритм для нее найдется: вопрос лишь в том, сколько понадобится времени, сил и средств, чтобы это сделать - это биология, медицина, социология, юриспруденция, криминалистика; некоторые области математики и физики, связанные с распознаванием образов, сигналов и выбором оптимальных решений. Основой работы самообучающихся нейропрограмм является нейронная сеть, представляющая собой совокупность нейронов - элементов, связанных между собой определенным образом [1].

Из всех типов задач, решаемых на основе предыдущего опыта, довольно значительную группу составляют задачи классификации. Ответом для них является указание класса - выбор одного из нескольких возможных вариантов решения. [2].

Обучение представляет собой автоматический поиск закономерности между совокупностью обучающих данных и заранее известным результатом.

Все пошаговые методы оптимизации состоят из двух важнейших частей: выбора направления и выбора шага в данном направлении. Методы одномерной оптимизации дают эффективный способ для выбора шага.

Использование оптимального шага в задачах многокритериальной оптимизации невозможно, если критерии рассматриваются "по одному" - сначала улучшается значение одного, потом другого и т.д. Необходим синтез обобщенного (интегрального) критерия. Простейший вариант - суммирование всех. Чуть сложнее - суммирование с весами.

Наиболее очевидный выбор S для одномерной оптимизации - направление антиградиента. Выбирается на каждом шаге это направление, потом проводится одномерная оптимизация, потом - снова вычисляется градиент H и т.д. Это - метод наискорейшего спуска, примитивнейший из градиентных методов, которая в некоторых случаях даёт хороший результат.

Другой способ - случайный выбор направления s для одномерной оптимизации. Получаемый метод требует большого числа шагов, но зато предъявляет минимальные требования к сети - ему необходимо только прямое функционирование с вычислением оценки. Кроме того, встречаются ситуации, в которых метод наискорейшего спуска не работает, а поиск в случайном направлении медленно, но верно вытаскивает в нужную область параметров.

В методе градиентного спуска на каждом шаге $p_k = -f'(x_k)$. Если $f'(x_k) \neq 0$ то условие $(f'(x_k), p_k) < 0$, очевидно выполнено. Следовательно, направление вектора p_k является направлением убывания функции $f(x)$, причем в малой окрестности точки x_k направление p_k обеспечивает наискорейшее убывание этой функции. Для сильно выпуклых функций метод градиентного спуска гарантирует сходимость последовательности $\{x_k\}$ к точке минимума функции $f(x)$. Скорость сходимости метода – линейная.

В методах градиентного спуска в итерационной процедуре в качестве направления убывания функции $f(x)$ использовалось направление антиградиента: $p_k = -f'(x_k)$. Однако такой выбор направления убывания не всегда

бывает удачным. В частности, для плохо обусловленных задач минимизации направление антиградиента в точке xk может значительно отличаться от направления к точке минимума x . В результате, траектория приближения к точке минимума имеет зигзагообразный характер. В методе сопряженных градиентов применяется другой подход, использующий итерационный процесс.

При реализации метода сопряженных градиентов применяется практический прием – через каждые N шагов производят обновление метода, полагая $\beta m = N=0, m=1,2,\dots$. Номера mN называют моментами рестарта. Часто полагают $N=n$ – размерности пространства En . Если $N=1$, то получается частный случай метода сопряженных градиентов – метод наискорейшего спуска.

Модифицированный партан-метод также требует запоминания дополнительной карты параметров. Он строится так. Из a_0 делается два шага на h скорейшего спуска. Получаем a_1, a_2 . Далее – одномерная оптимизация из a_0 в направлении $a_2 - a_0$. Получаем a_3 . После этого a_0 уже не используется. Далее – наискорейший спуск из a_3 . Получаем a_4 . Потом одномерная оптимизация из a_2 в направлении $a_4 - a_2$, получаем aS и т.д. Четные $a2k$ получаем наискорейшим спуском из $a2k-l$, нечетные $a2k+1$ – одномерной оптимизацией из $a2k-2$ в направлении $s = a2k - a2k-2$ (начальный шаг $h = 1$, сразу Increase). Процедура Increase определяет a_0, s, h_0 и значения минимизируемой функции $h(a_0), H(a_0+hoS)'$. При этом $h(a_0) \sim H(a_0 + hoS)'$ процедура связана так же с вычислением минимизируемой функции. По многим наблюдениям, модифицированный партан-метод в задачах обучения работает лучше, чем k -партан.

Метод BFGS, итерационный метод численной оптимизации, назван в честь его исследователей: Broyden, Fletcher, Goldfarb, Shanno. Относится к классу так называемых квазиньютоновских методов. В отличие от ньютоновских методов в квазиньютоновских не вычисляется напрямую гессиан функции, т.е. нет необходимости находить частные производные второго порядка. Вместо этого гессиан вычисляется приближенно, исходя из сделанных до этого шагов [5].

Индикатором сложности выборки служит значение константы Липшица. КЛ выборки $\{x^i, y^i\}, i = 1, \dots, N$ равна

$$L_{\{x^i, y^i\}} = \max_{i \neq j} \frac{\|y^i - y^j\|}{\|x^i - x^j\|}, \quad (1)$$

где, $x^i \in R^n, y^i \in R^m$ – вектора входных сигналов и требуемых выходных сигналов нейросети. В [6] показано, что КЛ выборки влияет на процесс обучения и свойства обученной сети, и при предобработке выборки нужно минимизировать КЛ. В [6] результат расширен в плане обсуждения и сравнения с иными стратегиями предобработки. Поскольку КЛ выборки определяется примерами с разными ответными и близкими входными частями, то целенаправленно необходима предварительная обработка входных признаков, имеющих различные значения для этих конфликтных примеров.

Еще одна характеристика в нейронных сетях это показатель значимости p - параметра при решении q -примера определяется по следующей формуле:

$$\chi_p^q = \left| \frac{\partial H_q}{\partial w_p} (w_p - w_p^*) \right| \quad (2)$$

Показатель значимости (2) может вычисляться для различных объектов. Наиболее часто его вычисляют для обучаемых параметров сети. Однако показатель значимости вида (1) применим и для сигналов. Сеть при обратном функционировании всегда вычисляет два вектора градиента – градиент функции оценки по обучаемым параметрам сети и по всем сигналам сети. Если показатель значимости вычисляется для выявления наименее значимого нейрона, то следует вычислять показатель значимости выходного сигнала нейрона. Аналогично, в задаче определения наименее значимого входного сигнала нужно вычислять значимость этого сигнала, а не сумму значимостей весов связей, на которые этот сигнал подается.

Все показатели значимости зависят от точки в пространстве параметров сети, в которой они вычислены, и могут сильно изменяться при переходе от одной точки к другой. Для показателей значимости, вычисленных с использованием градиента эта зависимость еще сильнее, поскольку при обучении по методу наискорейшего спуска в двух соседних точках пространства параметров, в которых вычислялся градиент, градиенты ортогональны. Для снятия зависимости от точки пространства используются показатели значимости, вычисленные в нескольких точках.

В отличие от экспертных систем, работающих по четким правилам, решение задачи на основе опыта всегда имеет нечеткий характер, т.е. включает элементы неопределенности, сомнения. Это очень похоже на принятие решения человеком, при котором всегда существует возможность ошибки, пусть даже очень малая. Поэтому кроме класса тестируемого примера сеть вычисляет процент уверенности в данном решении. Из этого вытекает очень полезный для практики вывод. Изменяя в различных направлениях значения параметров примера и повторяя его тестирование, можно видеть, что и насколько нужно изменить, чтобы пример стал

принадлежать к требуемому классу. Это может быть незаменимым, например, для медицинской диагностики и прогнозирования.

Для эксперимента выбраны электромиографические сигналы в норме и в патологии с целью классификации диагностике состояния человека. Входы и выходы сети дано в таблице 1.

Таблица 1 – Входы и выходы сети

	Последовательность получения входных сигналов	Поля базы данных	OUTPUT
1.	SensorNCS-wrist-n.medianus-latency	SWML	1 – норма; 2 – полиневропатия; 3 – карпальный туннельный синдром; 4 – кубитальный туннельный синдром.
2.	SensorNCS-wrist-n.medianus-amplitude	SWMA	
3.	SensorNCS-wrist-n.medianus-velocity	SWMV	
4.	SensorNCS-wrist-n.ulnaris-latency	SWUL	
5.	SensorNCS-wrist-n.ulnaris-amplitude	SWUA	
6.	SensorNCS-wrist-n.ulnaris-velocity	SWUV	
7.	MotorNCS-wrist-n.medianus-latency	MWML	
8.	MotorNCS-wrist-n.medianus-amplitude	MWMA	
9.	MotorNCS-wrist-n.ulnaris-latency	MWUL	
10.	MotorNCS-wrist-n.ulnaris-amplitude	MWUA	
11.	MotorNCS-elbow-n.medianus-latency	MEML	
12.	MotorNCS-elbow-n.medianus-amplitude	MEMA	
13.	MotorNCS-elbow-n.medianus-velocity	MEMV	
14.	MotorNCS-elbow-n.ulnaris-latency	MEUL	
15.	MotorNCS-elbow-n.ulnaris-amplitude	MEUA	
16.	MotorNCS-elbow-n.ulnaris-velocity	MEUV	

Проведено четыре эксперимента и в каждом из них изменялся метод оптимизации. В неизменных условиях для каждого эксперимента выбрано оптимальные число циклов обучения и шаг для интервальных значений.

После чего получены значимые входы (для выбора значимых параметров выбрано 0.5 как предельное значение и выбраны значимые входы значения которых больше предельного значения) и результаты тестирования. Результаты экспериментов показаны в таблице 2.

Таблица 2 – Результаты экспериментов

Эксперименты	Метод оптимизации	Значение константы Липшица	Число циклов обучения	Шаг	Значимые входы	Результат тестирования
1	Градиентный спуск	1,024	70	0,0492	3	95,5%
2	Модифицированный Par Tan	1,008	100	0,0556	4	97,75%
3	Сопряженные градиенты	1,008	16	0,0423	4	94%
4	BFGS	1,024	14	0,1665	2	97,5%

Сравнивая результаты экспериментов можно видеть, что характеристики сети зависят и меняются от выбора метода оптимизации. Для значения константы Липшица хорошие показатели в экспериментах 2 и 3. Для шага значений выборки можно выбрать 1 и 3. Число значимых входов больше в 2 и 3. Лучший результат тестирования было в экспериментах 2 и 4. Очевидно, что данные сравнения относительные, так как выбор характеристик зависит от требования эксперимента.

В нашем варианте 2-ой эксперимент можно считать лучшим для созданной сети. Также в этом эксперименте получен лучший результат тестирования – 97,75%.

Таким образом, сравнение характеристик нейронных сетей дает возможность выбора метода оптимизации по более высоким значениям результата сети.

Библиографический список

1. А.Н. Горбань, Д.А. Россиев. Нейронные сети на персональном компьютере / Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. - 276 с.

2. В.Г. Царегородцев. Оптимизация предобработки данных: константа Липшица обучающей выборки и свойства обученных нейронных сетей. Журнал «Нейрокомпьютеры: разработка, применение» №7, 2003.№7, С.3 – 8
3. Царегородцев В.Г. Предобработка обучающей выборки, выборочная константа Липшица и свойства обученных нейронных сетей //Материалы X Всеросс. семинара "Нейроинформатика и ее приложения", Красноярск, 2002. 185с. - С.146-150.
4. Горбань А.Н. Обучение нейронных сетей. М.: изд. СССР-США СП "ParaGraph", 1990. 160 с. (English Translation: AMSE Transaction, Scientific Siberian, A, 1993, Vol. 6. Neurocomputing, PP. 1-134).
- 5 Метод BFGS или один из самых эффективных методов оптимизации. Пример реализации на Python. <https://habrahabr.ru/post/333356/>.
6. <http://www.gotai.net/documents/doc-nn-006-12.aspx>

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS AT A COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS OF OPTIMIZATION OF CLASSIFIERS OF ELECTROMIOGRAPHIC SIGNALS

Ismayilova K.S.

Azerbaijan University of Oil and Industry, Is_kamalya@yahoo.com

This article is devoted to a comparative analysis of the results of the characteristics of neural networks for the purpose of choosing an optimization method in the classification of electromyographic signals.

Initially, the analysis of the characteristics of artificial neural networks. The one-dimensional optimization method is shown as an effective way to select a step. The advantages and disadvantages of optimization methods used in neural networks are noted.

For the input values of the network, the values of 16 points are selected, measured when the EMG signal is removed.

For the experimental values, data of the complexity indicator, Lipshits constant, number of training cycles, step, number of significant inputs and test results in percent were chosen.

Then the experimental values were calculated for each of the selected methods - gradient descent, conjugate gradients, modified Par Tan and BFGS.

Four experiments were carried out and in each of them the optimization method was changed. With unchanged conditions, the optimal number of training cycles and the step for interval values are chosen for each experiment. After that, significant inputs were received (for the selection of significant parameters, 0.5 was used as the limit value and significant inputs were chosen whose value is greater than the limit value) and test results.

It is determined that for the selected network the modified Par Tan method is the best optimization method. Obviously, this comparison is relative, since the choice of characteristics depends on the requirement of the experiment.



РАЗРАБОТКА КЛАССИФИКАТОРА НА ОСНОВЕ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ ДЕРЕВЬЕВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭМОЦИИ ПО ДЕТЕКТИРОВАННЫМ ДВИГАТЕЛЬНЫМ ЕДИНИЦАМ

Коваленко А.Ю., Бойко А.А.

Московский государственный технический университет

имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана),

arlx@mail.ru, boiko_andrew@mail.ru

На современном этапе развития информационных технологий разработка методов автоматического определения эмоционального состояния человека по определенным двигательным единицам является актуальной задачей, так как автоматическое распознавание эмоций позволяет решить ряд экономических, социальных и бытовых проблем и, кроме того, играет важную роль в обеспечении безопасности людей. Подобные методы находят широкое применение в медицине при проведении психологической диагностики [1], в маркетинговых исследованиях для определения отношения покупателей к товарам, в качестве канала информации в детекторах лжи и пр. Определение эмоционального состояния может найти широкое применение в различных учреждениях для определения взаимосвязи эмоций с личностью человека, изучения психологических основ эмоциональных состояний [2,3].

На данный момент существует ряд программных средств для определения эмоций например, FaceReader (метод деформируемого шаблона), Affectiva (метод вейвлет-преобразования) и другие [4]. Кроме того, существуют программы, позволяющие детектировать двигательные единицы лица (далее – ДЕ; англ. Actions Units, AU) на изображении. Построение классификатора для определения эмоции по определенным двигательным единицам является актуальной задачей. Для создания данного классификатора могут быть

использованы различные методы. В настоящей работе рассмотрен классификатор, основанный на методе классификационных деревьев, выявлены преимущества по сравнению с другими методами классификации, рассмотрен порядок обучения классификационного дерева в среде Matlab. При построении классификатора в качестве независимых переменных используются двигательные единицы (AU04, AU09, AU10, AU15, AU17, AU23, AU24, AU25, AU26, AU45).

При этом определяются четыре эмоции из шести базовых: гнев (англ. anger), отвращение (англ. disgust), страх (англ. fear) и удивление (англ. surprise).

Классификационная модель, представленная в виде классификационных деревьев, позволяет визуализировать полученный результат, что облегчает его интерпретацию пользователем. Дерево решений позволяет понять, почему конкретный объект относится к той или иной эмоции.

Деревья решений (англ. Decision Tree; DT) представляют собой структуры данных, позволяющие интерпретировать шаблоны с целью их распознавания. Деревья решений организованы в виде иерархической структуры, состоящей из узлов принятия решений по оценке значений определенных переменных для прогнозирования результирующего значения [5].

Область применения дерева решений в настоящее время широка, но все задачи, решаемые этим аппаратом, могут быть объединены в следующие три класса:

1. Описание данных. Деревья решений позволяют хранить информацию о данных в компактной форме, вместо них может быть сохранено дерево решений, которое содержит точное описание объектов.

2. Классификация. Деревья выполняют задачи классификации, т.е. отнесения объектов к одному из заранее известных классов. Целевая переменная должна иметь дискретные значения.

3. Регрессия. Если целевая переменная имеет непрерывные значения, деревья решений позволяют установить зависимость целевой переменной от независимых (входных) переменных. Например, к этому классу относятся задачи численного прогнозирования (предсказания значений целевой переменной).

CART (Classification And Regression Trees) – это программа деревьев классификации, которая при построении дерева осуществляет полный перебор всех возможных вариантов одномерного ветвления [6].

Основные элементы дерева представлены на рисунке 1.

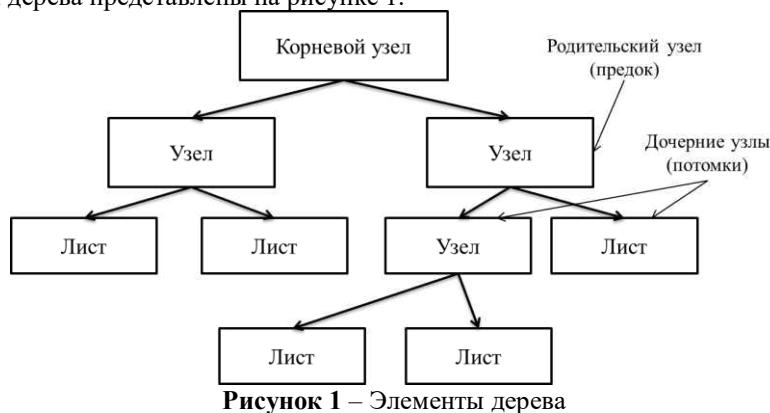


Рисунок 1 – Элементы дерева

Все узлы пронумерованы. Номера не идут подряд, а следуют правилу «узлы – потомки узла номер n имеют номера $2 \times n$ и $2 \times n + 1$ ».

При расщеплении, когда условие выполнено, наблюдение попадает в левый узел.

Критерием расщепления или мерой неоднородности множества относительно его меток является энтропия и индекс Джини.

Энтропия (entropy):

$$H_1 = - \sum_{j=1} p_j \log_2 p_j \quad (1)$$

Индекс Джини (Gini index):

$$H_2 = 1 - \sum_{j=1} p_j^2 = \sum_{j=1} p_j \times (1 - p_j) \quad (2)$$

Ошибки классификации (classification error):

$$H_3 = 1 - \max(p_j) \quad (3)$$

где p_j – вероятность принадлежать классу j (на практике – доля объектов класса j в узле) [6,7].

Зададимся некоторым разделением узла на 2 потомка. Тогда увеличение чистоты узлов измеряется:

$$\Delta H = H_{\text{родителя}} - \left(\frac{n_{\text{левый}}}{n_{\text{родителя}}} \times H_{\text{левый}} + \frac{n_{\text{правый}}}{n_{\text{родителя}}} \times H_{\text{правый}} \right) \quad (4)$$

Процедура расщепления в алгоритме CART:

- выбирается $-k$ -ый признак f^k с множеством значений $X^{(k)}$;

- определяется такое значение $x_0^{(k)} \in X^{(k)}$ для всех признаков $f^k, k = 1, \dots, m$, чтобы мера неоднородности Джини ($GiniSplit(T)$) была минимальной;
- данная процедура выполняется рекурсивно для каждого полученного подмножества до тех пор, пока не будут достигнуты критерии остановки.

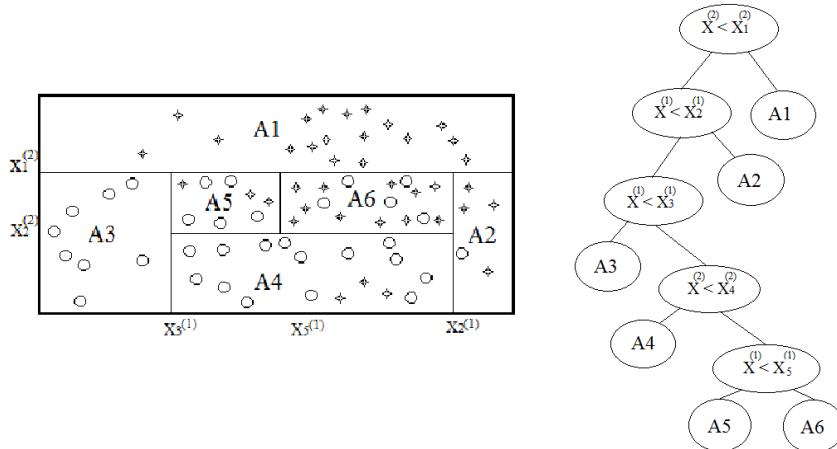


Рисунок 2 – Визуальное представление расщепления в алгоритме CART

Критериями остановки в процессе построения дерева (прекращение ветвления) являются:

- достигнута максимальная глубина узла;
- вероятность доминирующего класса в разбиении превышает некоторый порог (например, 0.95);
- количество элементов в подмножестве меньше некоторого порога.

Для построения деревьев в Matlab используется функция `fitctree`.

Сокращенный синтаксис:

- `tree = fitctree(X, Y)`

Создает дерево решений `tree` как функцию, предсказывающую ответ `у` в зависимости от набора независимых переменных `X`. `X` – $n \times m$ матрица (обучающая выборка). Если `у` – вектор из `n` значений, то функция строит дерево регрессии, если же `у` – категориальная переменная, то строится дерево классификации. В любом случае, `tree` представляет собой бинарное дерево, в котором каждый узел ветвления основан на значениях из столбца матрицы `X` [7].

Помимо этого можно изменять параметры функции, наиболее важными из которых при построении дерева являются следующие:

- '`MinParentSize`' – минимальное количество наблюдений узла ветвления;
- '`MinLeafSize`' – минимальное количество наблюдений на листовых узлах;
- '`MaxDepth`' – максимальное положительное целое число глубины дерева.

Встроенное приложение Classification Learner в Matlab автоматически обучает классификаторы, визуализирует результаты по меткам классов и выполняет классификацию по логистической регрессии.

Classification Learner позволяет выбрать наилучшую модель для входных данных, выполнять оценку модели и сопоставление моделей.

Порядок обучения классификатора:

1. Импорт данных (таблица Excel) в Classification Learner. При выполнении работы собрана база данных изображений, которые были вручную размечены по десяти выбранным для анализа ДЕ. Для тестовой группы, на которой проводилось обучение, собрано по 300 кадров для каждой эмоции. Часть данных представлена в таблице 1.
2. По входным данным выбирается ДЕ по которым идет обучение и эмоция, для которой ведется анализ.
3. Выбираются необходимые классификационные алгоритмы (деревья решений: `complex tree`, `medium tree`, `simple tree`). Для сравнения добавляются все остальные алгоритмы.
4. После проведения анализа выбирается алгоритм с наивысшей точностью (при равенстве показателя точности выбирается самый простой алгоритм).
5. Сохраняется результат обучения в виде `mlapp` файла, который в дальнейшем будет использоваться для программы определения эмоции по ДЕ.
6. Деревья классификации в графическом виде представлены на рисунке 3.

Таблица 1 – Данные изображений по двигательным единицам и эмоциям

№ изображения	Номер двигательной единицы										Базовая эмоция					
	04	09	10	15	17	23	24	25	26	45	Srp	F	H	Sdn	D	A
0001	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0002	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0003	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0004	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0005	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0006	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0007	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0008	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
...

Примечания

1. «Srp.» – англ. Surprise – удивление.
2. «F» – англ. Fear – страх.
3. «H» – англ. Happiness – радость.
4. «Sdn» – англ. Sadness – печаль.
5. «D» – англ. Disgust – отвращение.
6. «A» – англ. Anger – гнев.

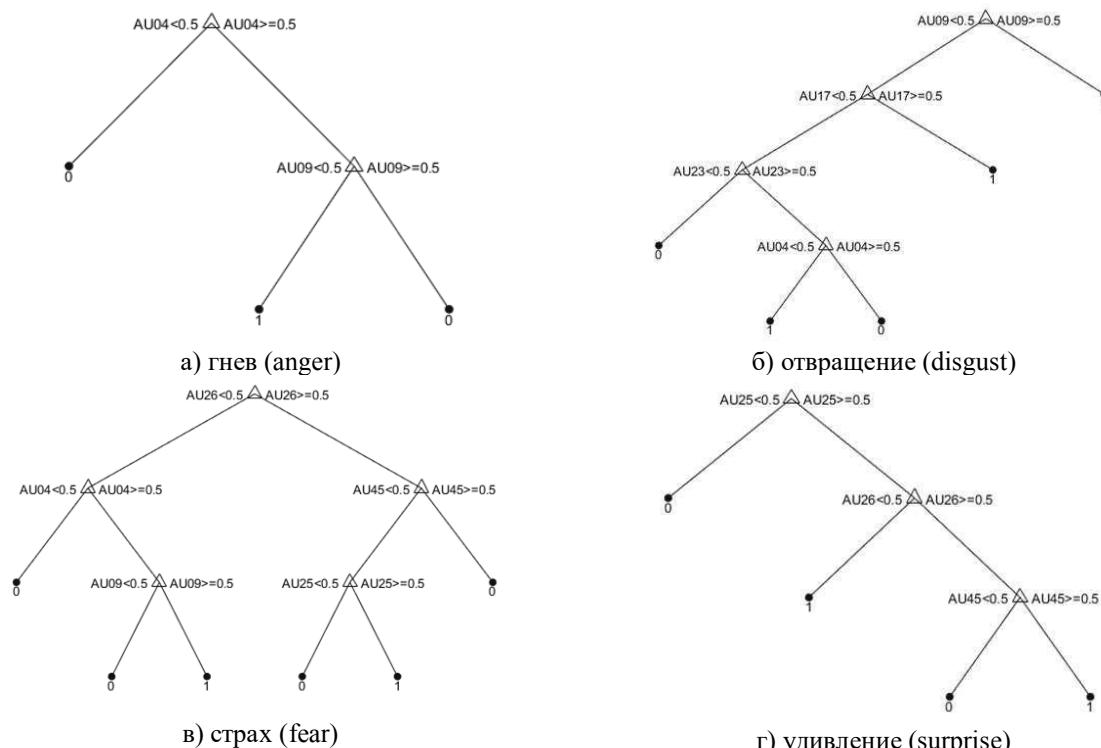


Рисунок 3 – Деревья классификации

Обобщенные результаты работы каждого из классификаторов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Данные точности (%) работы каждого классификатора

Гнев (anger)		Отвращение (disgust)		Страх (fear)		Удивление (surprise)	
метод	точность	метод	точность	метод	точность	метод	точность
Simple Tree	99,9 %	Medium Tree	99,5 %	Medium Tree	88,4 %	Simple Tree	85,5 %
FineGaussian	99,8 %	QuadraticSVM	99,1 %	LogisticRe	88,4 %	LinearSV	86,1 %
LogisticRe	99,7 %	LinearSV	98,8 %	CubicSV	82,6 %	LogisticRe	83,6 %

Классификационные деревья не требуют от пользователя выбора конкретных входных независимых переменных. На вход алгоритма можно подавать все существующие независимые переменные, алгоритм сам выберет наиболее значимые среди них, и только они будут использованы для построения дерева. В сравнении с нейронными сетями это значительно облегчает работу пользователя, поскольку в нейронных сетях выбор количества входных независимых переменных существенно влияет на время обучения.

Точность моделей, созданных при помощи классификационных деревьев, сопоставима с другими методами построения классификационных моделей, а в некоторых случаях и превосходит их.

На построение классификационных моделей при помощи Classification Learner требуется значительно меньше времени, чем, например, на обучение нейронных сетей.

Многие статистические методы являются параметрическими, и пользователь должен заранее владеть определенной информацией, например, знать вид модели, обладать информацией о виде зависимости между переменными, предполагать, какой вид распределения имеют данные. Классификационные деревья, в отличие от таких методов, строят непараметрические модели. Таким образом, деревья решений способны решать такие задачи, в которых отсутствует информация о виде зависимости между исследуемыми данными.

Библиографический список

1. Заболеева-Зотова А.В. Развитие системы автоматизированного определения эмоций и возможные сферы применения // Открытое образование. 2011. № 2. С. 59–62.
2. Бойко А.А., Пилипенко М.Н., Спиридовон И.Н. Определение двигательных единиц по видеоизображению процесса психологического тестирования по методике Р.Б. Кеттела // В сборнике: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016. Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией. Владимир-Сузdalь, 2016. С. 42-46.
3. Пилипенко М.Н., Латышева Е.Ю., Бойко А.А., Спиридовон И.Н. Исследование алгоритмов автоматического обнаружения двигательных единиц по изображению лица // Биотехносфера. 2016. № 6 (48). С. 8-12.
4. Исследование рынка систем распознавания эмоций Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/133686> (дата обращения 22.01.2018).
5. Breiman L., Friedman J.H., Olshen R.A., Stone C.T. Classification and Regression Trees. Wadsworth, Belmont, California, 1984.
6. Елманова Н. Построение деревьев решений// КомпьютерПресс, № 12, 2003.
7. MATLAB and Simulink. Режим доступа: <https://www.mathworks.com/> (дата обращения 02.11.2017).

DEVELOPMENT OF CLASSIFIER BASED ON CLASSIFICATION TREES FOR DEFINITION OF EMOTION USING DETECTED ACTION UNITS

Kovalenko A.Yu., Boiko A.A.

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)

arlx@mail.ru, boiko_andrew@mail.ru

At the present stage of development of information technologies, the creating of methods for automatic determining the emotional state of a person according to certain action units is an actual task. Various methods of classification can be used to solve this problem. In this paper, a classifier based on the method of classification trees is considered, its advantages are described in comparison with other classification methods, the order of training of the classification tree in the Matlab is given. When constructing the classifier, the action units AU04, AU09, AU10, AU15, AU17, AU23, AU24, AU25, AU26, AU45 are used as independent variables.

Four emotions from six basic ones are defined: anger, disgust, fear and surprise.

The classification model, represented in the form of classification trees, has a number of advantages, in particular, it allows to visualize the obtained result, which facilitates its interpretation by the user.

ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ЛОКАЛИЗАЦИИ МЕСТА УТЕЧКИ ГАЗА НА МАГИСТРАЛЬНОМ ГАЗОПРОВОДЕ

Козаев А.Т., Салех Х.М., Александров Д.В.

Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых, artemkozaev@gmail.com

Введение

Предлагается описать математическую зависимость между изменением давления, истечением газа и координатой утечки с использованием нейросетевой модели. При корректировке синаптических связей в

модели можно корректировать ее для использования на участке газотранспортной системы с другими параметрами.

Известно, что образование утечки с истечением Q ведёт к снижению давления. Истечение газа можно найти по следующей формуле [1]:

$$Q = \frac{4168 * 4 * S * P_{ij}}{3.14 * \sqrt{R_r * T_{ij} * K_{CJ}}}$$

где P_{ij} – абсолютное давление газа в газопроводе, кгс/см²; T_{ij} – фактическая температура газа в газопроводе, К; S – площадь отверстия утечки, м²; K_{CJ} – коэффициент сжимаемости; R_r – плотность газа при нормальных условиях (0.678).

Падение давление ΔP в точке x_i газопровода в общем виде может быть описано следующей формулой:

$$\Delta P_{xi} = f(Q_{yt}, l_{yt}, t_{yt}, L, T, x_i)$$

где f – некоторая функция, описывающая зависимость падения давления ΔP , Q_{yt} – истечение газа в месте утечки, l_{yt} – место утечки, t_{yt} – время возникновения утечки, L – параметры кранов на линейном участке, T – температура газа, x_i – точка газопровода на которой вычисляется ΔP .

Применение нейронной сети

Для вычисления ΔP необходимо аппроксимировать функцию f . Задачу аппроксимации функции f можно решать с помощью искусственных нейронных сетей. Предлагается разбить задачу аппроксимации функции f на 6 этапов:

1. Выбор наиболее важных параметров;
2. разбиение выборки на обучающую и тестовую;
3. выбор архитектуры нейронной сети;
4. настройка параметров нейронной сети (количество слоев, количества нейронов в слое, выбор функций активации и т.д.);
5. проведение обучения разных нейронных сетей с разными параметрами, вычисление ошибок обучения;
6. выбор оптимальной нейронной сети на основании полученных результатов после обучения.

На первом этапе выделяются параметры, которые более всего влияют на ΔP при возникновении утечки.

На втором этапе выборка исходных данных делится на обучающую и тестовую, которые используются для обучения нейронной сети и проверки обучения соответственно.

На третьем этапе выбирается наиболее подходящая архитектура нейронной сети.

На четвертом этапе подбираются параметры нейронной сети с учетом выбранной архитектуры.

На пятом этапе вычисляется погрешность обучения, может производиться корректировка параметров нейросети.

На шестом этапе выбирается нейросеть на основании полученных результатов обучения нейросетей с разными архитектурами и параметрами.

Существуют различные виды нейронных сетей, которые различаются по структуре и направлению передачи сигнала [6]. Нейронные сети по характеру связей:

- Сети прямого распространения;
- рекуррентные нейронные сети;
- радиально-базисные функции;
- самоорганизующиеся карты.

Для обучения нейронной сети вводятся обучающие и тестовые множества данных, создаётся нейронная сеть net с изменяющимся параметром pr . Изменяя значение pr находится зависимость значения погрешности от pr , далее выбирается значение pr при котором погрешность минимальна.

Для вычисления погрешности необходимо выполнить обучение нейронной сети - построить массив $P(l, a1, \dots, an)$, изменения значения $l, a1, \dots, an$ и подставляя их в нейронную сеть $\Delta P = sim(net, l, a1, \dots, an)$, где l – местоположение утечки. Массив $\Delta P(l, a1, \dots, an)$ можно использовать для локализации координаты утечки l по известному значению падения давления P и параметрам $a1, \dots, an$.

Далее необходимо найти погрешность обучения. Подставляя тестовые значения $al1, \dots, ant1$ в массив $\Delta P(l, a1, \dots, an)$ и изменения l от l_{min} до l_{max} найдём значение $lr1$, при котором значение разницы $dPt1$, между известным значением $Pt1$ из тестового набора данных и вычисленным нейронной сетью значением $\Delta P(l, a1t1, \dots, ant1)$ будет минимальной.

Затем вычисляется погрешность для каждого набора значений из тестовой выборки, которая является разницей между расчётым значением lr и тестовым значением lt . Далее выбирается максимальное значение погрешности из вычисленных значений. Данное значение показывает качество аппроксимации функции f нейронной сетью net с параметром pr .

Наиболее применимыми для решения задачи аппроксимации функции f являются: каскадная, радиально-

базисная сети и многослойный персепtron [4]. В работе представлен пример аппроксимации с использованием радиально-базисной сети.

В качестве инструмента для работы с нейронными сетями использовался программный пакет Matlab.

Исходные данные для обучения и тестирования нейронной сети были получены при моделировании ситуаций на тренажере диспетчера производства ФГУП «ФНПЦ НИИС им. Ю.Е. Седакова» (г. Н. Новгород) [5].

Радиально-базисная сеть – это двухслойная нейронная сеть, имеющая R входов. Передаточной функцией нейронов входного слоя является симметричная колоколообразная функция:

$$\text{radbas}(n) = e^{-n^2}$$

Максимум этой функции равен 1, при $n = 0$. Функция плавно возрастает при уменьшении n . Значение 0,5 достигается при $n = \pm 0,833$. Передаточной функцией нейронов выходного слоя является линейная функция perelin.

Функция взвешивания входного слоя определяет евклидово расстояние между каждым столбцом матрицы входов и каждой строкой матрицы весов:

$$\text{dist}(w_i, p_i) = \sqrt{(w_i - p_i)^2}$$

При моделировании радиальных базисных сетей общего вида и автоматической настройки весов и смещений используются две функции newrbe и newrb.

$$\text{net} = \text{newrbe}(P, T, \text{SPREAD})$$

где SPREAD – влияющий параметр, который определяет крутизну функции rad-bas (по умолчанию 1); P – массив размера RxQ входных векторов, где R – количество входных векторов и Q – количество векторов в последовательности; T – массив размера SxQ из S классов и Q векторов цели.

Изменяя значение SPREAD был произведен выбор радиально-базисной сети, которая наиболее точно аппроксимирует заданную функцию.

На рисунке 1 показана зависимость вычисленных значений погрешности от изменения значения параметра SPREAD.

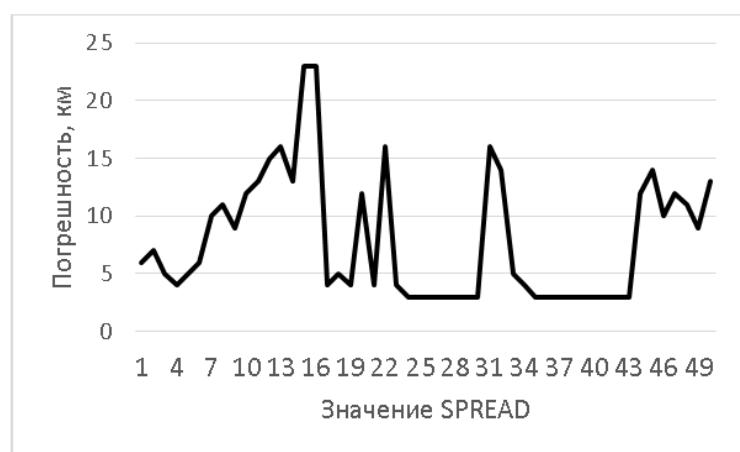


Рисунок 1 – зависимость погрешности от значения SPREAD

Далее были рассчитаны значения погрешностей для утечки с разным расходом при значениях SPREAD с минимальной погрешностью.

Среднеквадратичная погрешность радиально-базисной сети была рассчитана согласно формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

На рисунке 2 показаны значения SPREAD (22, 23, 24) при которых погрешности были минимальны.

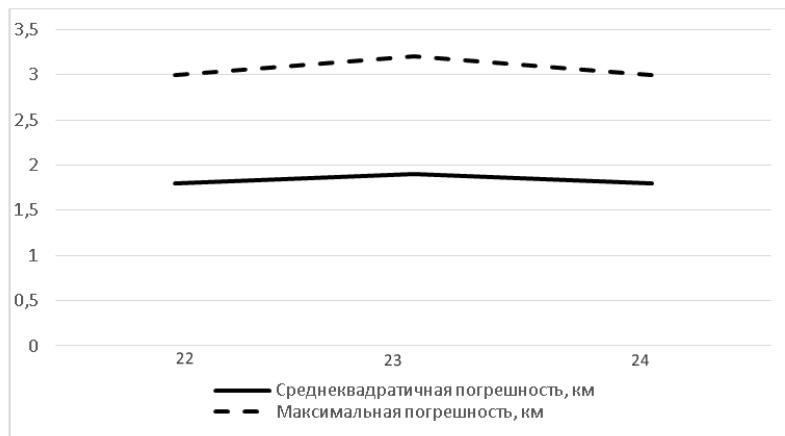


Рисунок 2 – лучшие значений погрешностей относительно значения SPREAD

Радиально-базисная нейросетевая модель, может достаточно точно описать зависимость снижение давления ΔP , вызванное утечкой, от расхода Q и местоположения утечки l . Применение нейросетевой модели позволяет повысить эффективность локализации координаты утечки.

Библиографический список

1. Бухвалов И.Р., Александров Д.В. Информационная поддержка диспетчера при управлении магистральным газопроводом // Системы управления и информационные технологии. 2007, № 4.1.
2. Гусев М.А., Александров Д.В. Подход к реализации системы поддержки принятия решений диспетчером газотранспортной системы во внештатных ситуациях // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2008, № 5. С. 66 – 75.
3. Кокорин А. В., Александров Д.В., Бухвалов И.Р. Способ локализации места разрыва линейной части магистрального газопровода // Нейрокомпьютеры. – 2012, № 8.
4. Джус А.И. Модернизация параметрической системы обнаружения утечек нефтепроводов. Дис. маг. – Томский политехнический университет, 2017.
5. Проскурина, Г.В. Модели и алгоритмы информационной поддержки управления газотранспортной системой в условиях единичного разрыва магистрального газопровода. // Сборник тезисов докладов конгресса молодых ученых, Выпуск 1. / СПб: НИУ ИТМО, 2012. С. 210 – 212.
6. Morgan H, Philip C, R. Edward Nicholas: Pipeline Leak Detection Handbook. Gulf Professional Publishing, 13th July 2016. - 340p

APPLICATION OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS IN THE PROBLEM OF RAPTURE LOCALISATION ON MAIN GAS PIPELINE

Kozaev A.T., Saleh H.M., Alexandrov D.V.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, artemkozaev@gmail.com

The article is dedicated to the application of artificial neural networks in the problem of rapture localisation on main gas pipeline. Analysis of neural networks in case of solving problem of pipeline rupture localisation is presented in this paper are presented. Application of RBF neural network was used as an example.



РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРЕДСОННОГО СОСТОЯНИЯ ВОДИТЕЛЯ

Агафонова Е.В., Исаков Р.В.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, k.agafonova8@yandex.ru, irv-vlsu@mail.ru

По данным статистики, ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП) гибнет около 25 тысяч человек. 20% автомобильных аварий (каждая 5) происходит по вине водителей, уснувших за рулем [1, с.13]. Большинство используемых в настоящее время систем контроля состояния водителя доступно только в новых моделях автомобилей. Исходя из этого, разработка портативных систем контроля состояния водителя, которые можно использовать в автомобиле любой конфигурации, является крайне актуальным и перспективным направлением в России, где средний возраст автомобилей, по данным статистики на 2017 год, составляет 13 лет [2].

Цель данной работы – разработка доступного и надежного метода контроля бодрствования водителя.

Для этого нужно решить следующие задачи:

- изучить и проанализировать существующие методы и системы контроля за состоянием человека, а именно состоянием бодрствования водителя;
- выявить зависимость характеристик сердца от физиологического состояния человека;
- определить значение порога, по которому возможно идентифицировать переход из состояния бодрствования в состояние усталости;
- разработать концепцию портативного устройства контроля найденных параметров.

Сейчас известно немного портативных устройств, помогающих контролировать состояние водителя за рулем.

Электронный детектор сна - наручное устройство в виде перстня, на держателях которого расположены 8 датчиков измерения сопротивления кожи. Устройство контролирует состояние водителя по изменению кожно-гальванических реакций и оповещает водителя об опасной ситуации с помощью вибрации и громкого звукового сигнала [3]. Еще одно портативное устройство называется «Антисон». Конструкция выполнена в виде Bluetooth-гарнитуры для смартфона и крепится к правому уху водителя. Устройство реагирует на наклон головы вперед или назад, и прибор подает звуковой сигнал [4]. Главный минус прибора в том, что он не реагирует на наклон головы в сторону, и к моменту наклона головы, водитель, как правило, уже уснул.

Главный минус портативных устройств, описанных выше, в том, что они не исключают человеческого фактора, а именно того, что водитель может забыть надеть устройство на себя.

Чтобы решить эту проблему, устройство контроля состояния водителя необходимо выполнить в виде блока, который не будет привязан к телу человека. Концепция нового устройства контроля состояния водителя предполагает размещение биометрических датчиков в чехле или накидке для водительского кресла. Мониторинг физического состояния водителя проводится путем считывания электрического поля с помощью биометрических датчиков и выделения из получаемого сигнала пульсаций, связанных с работой сердечной мышцы. Переутомление и предсонное состояние характеризуются снижением частоты сердечных сокращений и, соответственно, увеличение R-R интервалов. В течение первых 10-15 минут система считывает пульс водителя, вычисляет индивидуальную норму частоты сердечных сокращений (ЧСС) и приемлемые от неё отклонения, связанные с вариабельностью. При отклонении параметров от предельных результатов измерений первого этапа, система сигнализирует о том, что водитель устал и ему необходимо сделать перерыв (рисунок 1).

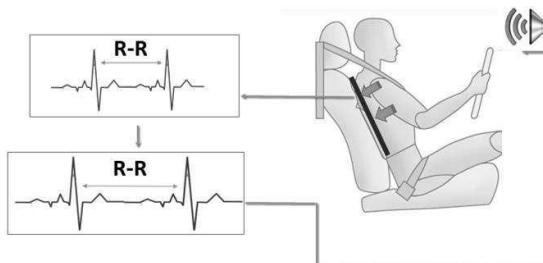


Рисунок 1- Концепция и принцип работы устройства контроля состояния водителя

Сбор данных производился с помощью портативного мобильного кардиомонитора CardioQVARK [5], включающего в себя биометрические датчики EPIC, на базе которых разработана концепция нового устройства. В исследовании участвовало 5 человек. Запись проводилась в 2-х состояниях: состоянии бодрствования и состоянии условной усталости/сонливости. Во время каждого исследования снимался 3х минутный ЭКГ сигнал. Характеристики состояний:

- Бодрствование: человек вел беседу, горел яркий свет.

- Усталость: человек находился в расслабленном состоянии, отсутствуют внешние воздействия, глаза закрыты, свет выключен.

Первое состояние условно принимается за состояние человека, находящегося за рулем и не испытывающего усталости, второе, соответственно, условно принимается за состояние, когда водитель устал, его внимание и сосредоточенность на дороге ослабли, его организм находится в состоянии расслабления.

Затем из сигнала ЭКГ были вычислены: кардиоинтервалограмма (КИГ) на основе R-R интервалов и частоты модуля скорости изменения ритма (таксограмма), представленная столбиковой диаграммой (рисунок 2). В состоянии «Засыпание» расстояние между R-R интервалами увеличивается, а тахограмма растягивается вправо.

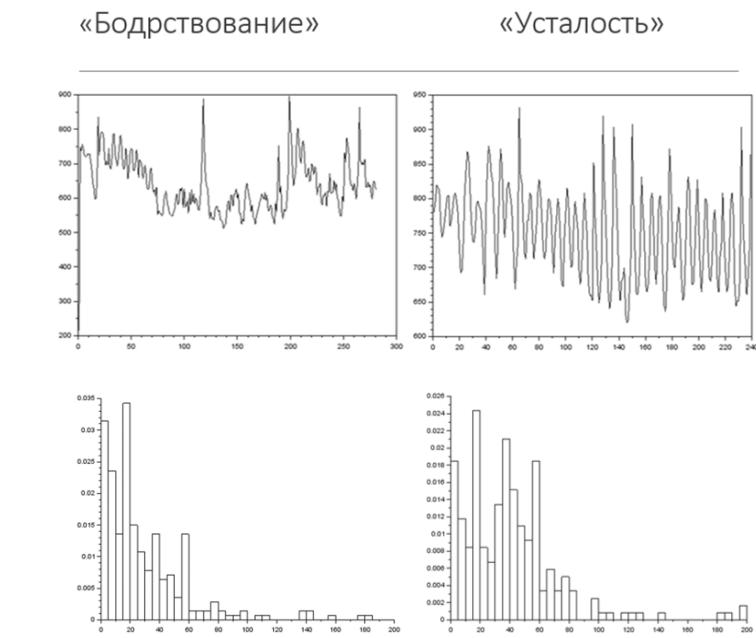


Рисунок 2 - Примеры графика КИГ и тахограммы в состояниях «Бодрствование» и «Усталость»

Было выдвинуто предположение, что тахограмму условно можно разделить на 2 области, при сравнении площадей которых можно зафиксировать переход человека в расслабленное состояние. Разработанным алгоритмом были проанализированы все тахограммы, полученные в результате экспериментального исследования. Было найдено пороговое значение модуля скорости изменения ритма 40 мс, которое делит тахограмму на 2 области, площадь которых показана как S1 и S2 соответственно, на рисунке 3.

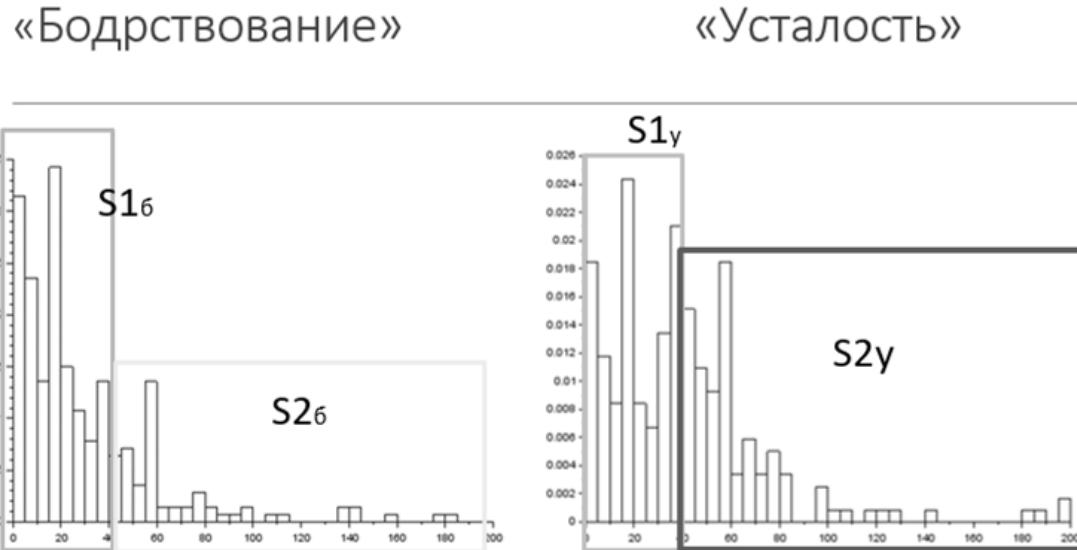


Рисунок 3 - Пример деления тахограммы на области

Затем вычисляется индекс, равный отношению площадей $I = S2/S1$. Получается пара индексов I_6 (индекс бодрствования) и I_y (индекс усталости), которые необходимо сравнить. Т.к. тахограмма смещается вправо, площадь $S2$ увеличивается, соответственно, индекс усталости I_y будет превышать индекс бодрствования I_6 . При получении подобной разницы, система должна подать сигнал о том, что водитель перешел в состояние усталости и ему необходимо передохнуть.

Проведенное исследование выявило параметры, по которым устройство сможет распознать переход от состояния бодрствования в состояние расслабленности, и сможет вовремя предупредить об этом водителя.

На основе платы ArduinoNano был создан макет для снятия сигнала ритма сердца (рисунок 4), из которого, с помощью разработанного алгоритма, выделяется нужная составляющая.

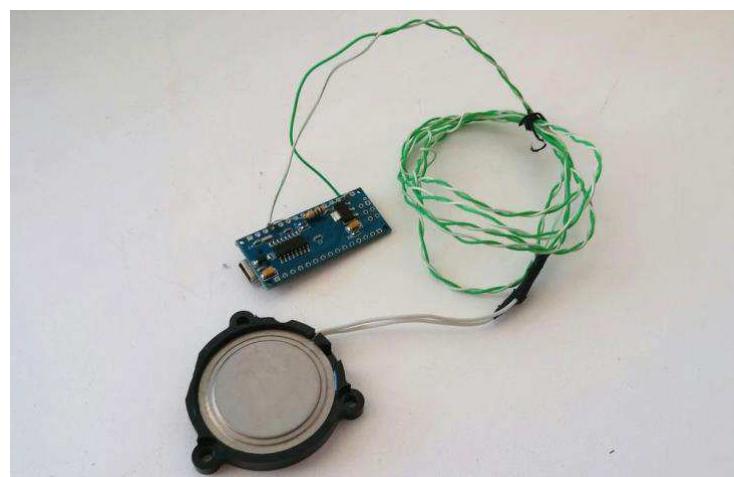


Рисунок 4 - Макет устройства записи сигнала

В течении следующего этапа исследования, из записанного сигнала был выделен 5 минутный отрезок, во время которого произошла смена состояния бодрствования на состояние усталости. При обработке выделенной записи разработанным алгоритмом, выдвинутое в начале исследования предположение об изменении соотношения индексов I_b и I_u сторону увеличения индекса I_u подтвердилось (рисунок 5).

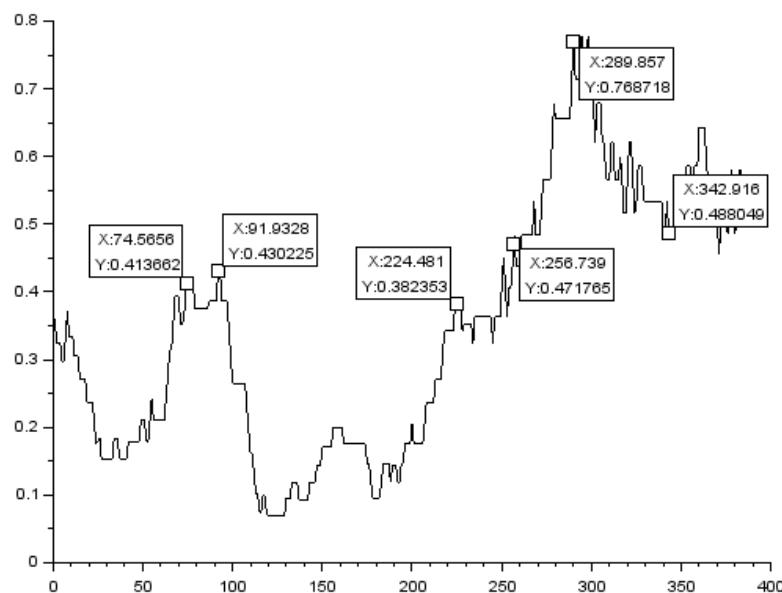


Рисунок 5 - Значение индекса I от времени

Как видно по рисунку 5, с течением времени, человек испытывал нарастающее чувство усталости, и индекс I заметно увеличивался. В течении этого времени человек не успел погрузится в сон, что доказывает эффективность алгоритма обработки сигнала и возможность своевременного предупреждения человека о его предсонном состоянии.

В настоящее время продолжаются исследования с целью уточнения данных и наработки базы, усовершенствования макета устройства и алгоритма обработки параметров в режиме реального времени.

Библиографический список

1. TorbjornAkerstedt, Claudio Bassetti, Fabio Cirignotta and other, White Paper "Sleepiness at the Wheel" / TorbjornAkerstedt, Claudio Bassetti, Fabio Cirignotta and other – 2013.-67 p.
2. Средний возраст легковых автомобилей в России – 13 лет[Электронный ресурс]// Автомобильная статистика-2017.- (<https://www.autostat.ru/news/29340/>)

3. Электронный детектор сна StopSleep[Электронный ресурс]// Торговый дом стопслип-2017.- (<http://www.stopsleep.com/about>)
4. Устройство “Антисон” для водителей [Электронный ресурс]// Интернет-сайт об автомобилях - 2014.- (<http://motorpuls.ru/automobile-workshop/11589>)
5. Медицинский проект CardioQVARK www.qvark-med.ru (дата обращения: 30.04.2018)

DEVELOPING METHOD OF DETERMINING FOR THE DRIVER PRE-SLEEP STATE

Agafonova E.V., Isakov R.V.

Vladimir State University, k.agafonova8@yandex.ru, irv-vlsu@mail.ru

The study of ECG signal to identify the nature of which it is possible to track a person's transition from wakefulness to a state of severe fatigue and sleep. The algorithm of data processing is developed, the data are analyzed. The theory about the natural change of the heart rate variability parameters during the transition from the awake state to the fatigue state is proposed.



ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОФОКУСИРОВКИ ОПТИЧЕСКОГО МИКРОСКОПА С ВНЕШНИМ КОМПЛЕКТОМ АВТОМАТИЗАЦИИ

Колокольников Г. А., Самородов А. В.

Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана,

geokolok5@gmail.com, avs@bmstu.ru

Введение

В работе исследуются пассивные методы автофокусировки оптического микроскопа с установленным на него внешним комплектом автоматизации (ВКА) [1]. В работах [2-5] рассматриваются вопросы выбора алгоритма расчета характеристики резкости изображения, однако большая часть исследований посвящена статическим критериям качества алгоритмов. Данная работа рассматривает применение характеристик резкости как в статическом, так и в динамическом режимах, при этом последний предполагает использование алгоритма поиска экстремума фокусировочной кривой.

Биотехническая система микроскопического анализа на основе ВКА

Схема биотехнической системы (БТС) микроскопического анализа на основе ВКА представлена на рисунке 1.

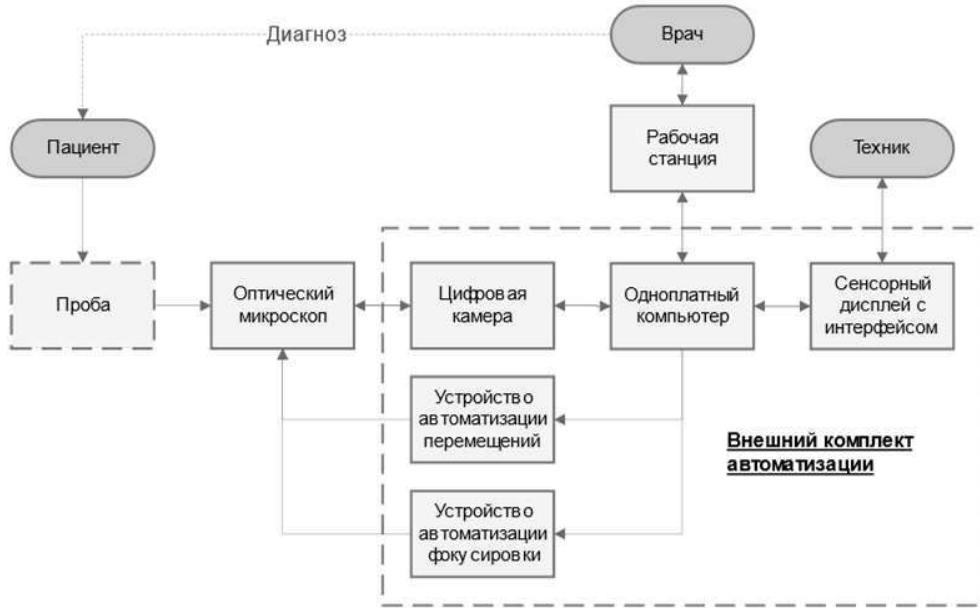


Рисунок 1 – Схема БТС микроскопического анализа на основе ВКА

Блок управления ВКА представлен одноплатным компьютером Raspberry Pi 3 Model B, построенным на одночиповой системе Broadcom BCM2837 [6]. В качестве операционной системы используется UNIX-подобная OS Raspbian.

Программное обеспечение (ПО) реализовано на языке Python. ПО представлено в виде отдельных модулей: автофокусировки, сканирования препарата и интерфейса пользователя. Модуль автофокусировки

решает задачи управления перемещением предметного столика по оси Z , захвата изображения с помощью цифровой камеры, расчета характеристики резкости изображения и нахождения экстремума фокусировочной кривой. Качество автофокусировки определяет качество регистрируемых изображений и быстродействие всего комплекса.

Алгоритмы расчета характеристики резкости

В данной работе рассматриваются алгоритмы, которые были признаны наиболее подходящими для использования в системах автоматизированной микроскопии при анализе биомедицинских препаратов [2-5]: сумма квадратов гауссовых производных – СКГП (1), градиент Тененбаума (2), сумма модифицированных лапласианов (3), дисперсия (4), автокорреляция (5), байесовская энтропия спектра – БЭС (6), алгоритм на основе дискретного вейвлет преобразования – ДВП (7), выделение границ (8), комбинированный алгоритм (9) на основе (1) и (6), комбинированный алгоритм (10) на основе (7) и (8).

Соотношения для расчета большинства указанных характеристик даны в [2]. Характеристики резкости (7), (8) и (10) описаны в [5]. Комбинированный алгоритм (9) представлен в работе [7].

Алгоритмы поиска экстремума фокусировочной кривой

На основе алгоритма расчета резкости изображения формируется фокусировочная кривая, максимум которой соответствует наилучшей фокусировке микроскопа.

Наиболее стабильным алгоритмом поиска экстремума считается поиск Фибоначчи [3]. Также высокие результаты показывают бинарный поиск [8] и алгоритм, предложенный в [9].

Согласно [3] поиск Фибоначчи требует наименьшего количества вычислений характеристики резкости. На рис. 2 показан интервал $[a_k, b_k]$, в пределах которого производится поиск экстремума. N – это наименьший индекс последовательности Фибоначчи, k – индекс итерации, такой что $F_N \geq b_1 - a_1$; F – функция расчета резкости; x_k^1 и x_k^2 – координаты, на которые должен переместиться предметный столик для захвата изображения. В данном алгоритме для всех итераций поиска, кроме первой, требуется только одно вычисление характеристики резкости.

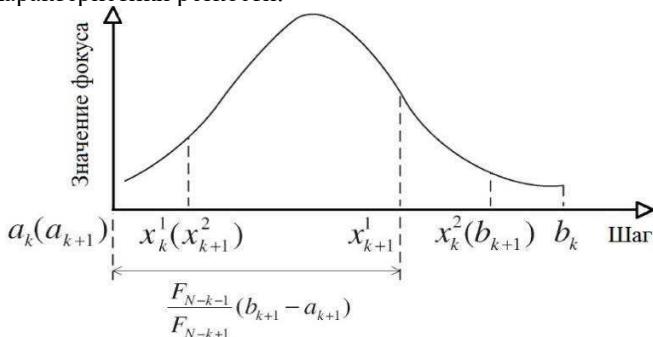


Рисунок 2 – Иллюстрация к поиску Фибоначчи

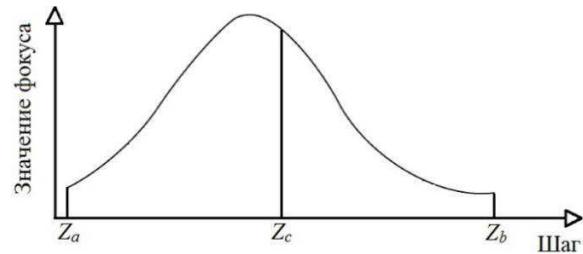


Рисунок 3 – Иллюстрация к бинарному поиску

В статье [8] подробно описан бинарный поиск по фокусировочной кривой, основанный на процедуре половинного деления шага после прохождения экстремума. На рис. 3 показаны точки: Z_c , являющаяся центральным положением предметного столика в выбранном диапазоне, Z_a и Z_b – начальное и конечное положения соответственно. Для алгоритма характерно уменьшение диапазона поиска D вдвое до тех пор, пока D больше установленного минимального значения. Также производится сравнение значений резкости в точках Z_a и Z_b . В случае, если в первой точке резкость выше, то столик перемещается в точку $Z_{c-D/2}$, в противном случае – в $Z_{c+D/2}$. Далее выполняется захват изображения и расчет резкости.

В [9] представлен алгоритм с адаптирующимся шагом перемещений. Шаг изменяется в соответствии со значением характеристики резкости. На первой итерации (рис. 4) вычисляется значение резкости FV_0 . Далее осуществляется перемещение на расстояние S_0 , задаваемое оператором, где также рассчитывается резкость FV_1 . Вычисляется константа поиска A_0 , равная произведению FV_0 и S_0 . Следующее перемещение производится на расстояние:

$$S_1 = A_0/FV_1.$$

Таким образом, каждый последующий шаг уменьшается с увеличением значения резкости изображения. Однако, когда максимум оказывается пройденным, т. е. FV_{i+1} меньше FV_i («Границная точка» на рис. 4), направление перемещения изменяется на обратное. Одновременно с этим пересчитывается константа поиска $A_1 < A_0$. Поиск экстремума осуществляется до тех пор, пока шаг S не станет меньше заранее заданного минимального значения.

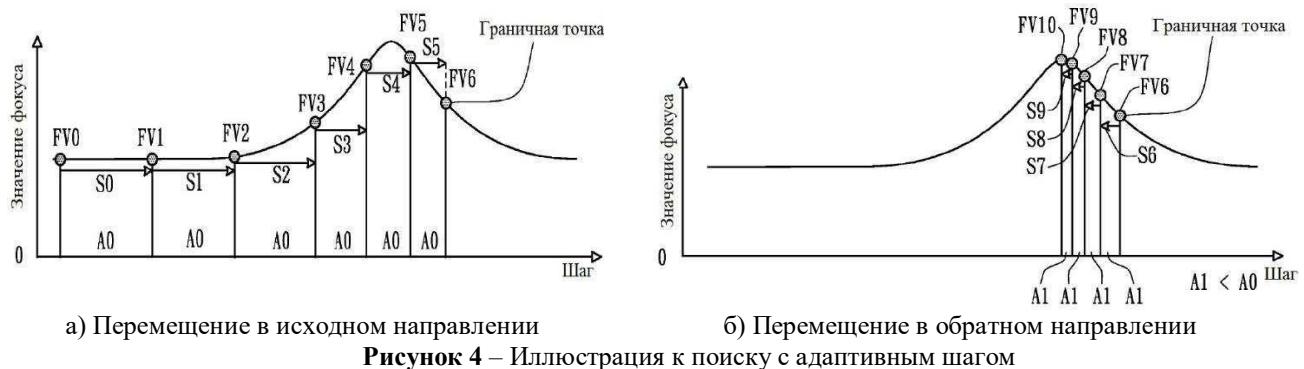


Рисунок 4 – Иллюстрация к поиску с адаптивным шагом

Критерии качества автофокусировки

При проведении исследования для оценки автофокусировки используются критерии, изложенные в [2]. В динамическом режиме оцениваются:

- динамическая точность: расстояние между положением максимума фокусировочной кривой и установленным вручную положением предметного стола, соответствующим сфокусированному изображению;
- время фокусировки: время выполнения программного кода от момента ввода необходимых данных до момента вывода положения сфокусированного изображения.

Методика исследования

Регистрация изображений исследуемых цитопрепаратов была выполнена на оптическом микроскопе Meiji с установленным шаговым двигателем на ручке регулировки фокуса. Использовался объектив с увеличением 40х. Захватываемые изображения размером 3280×2464 преобразовывались в серошкольные. Далее проводился расчет резкости в соответствии с используемыми алгоритмами (1–10). Двигатель работал в режиме деления шага на 32, что обеспечило возможность изменения положения столика микроскопа с шагом 0,2 мкм. Команды двигателю и цифровой камере подавались с одноплатного компьютера Raspberry Pi 3 Model B.

На первом этапе в статическом режиме было выполнено построение десяти фокусировочных кривых для каждого алгоритма расчета резкости. В динамическом режиме было проведено исследование десяти характеристик резкости в сочетании с тремя методами поиска экстремума фокусировочной кривой. В итоге были получены данные по положению фокуса и времени выполнения фокусировки для тридцати алгоритмов.

На данный момент исследование проведено на двух препаратах в трех точках. Для каждого из тридцати алгоритмов фокусировки получена выборка из 6 испытаний.

Результаты исследования и выводы

Результаты исследования фокусировочных характеристик в статическом режиме были нормированы и построены на графиках (рис. 5).

Как видно, все фокусировочные кривые обладают выраженным экстремумом на одной координате, соответствующей сфокусированному положению. Однако характеристики СКГП (1) и ДВП (7) обладают узкой областью вершины, что может затруднить нахождение максимума в динамическом режиме. Наиболее широкой областью вершины обладают БЭС (6) и дисперсия (4).

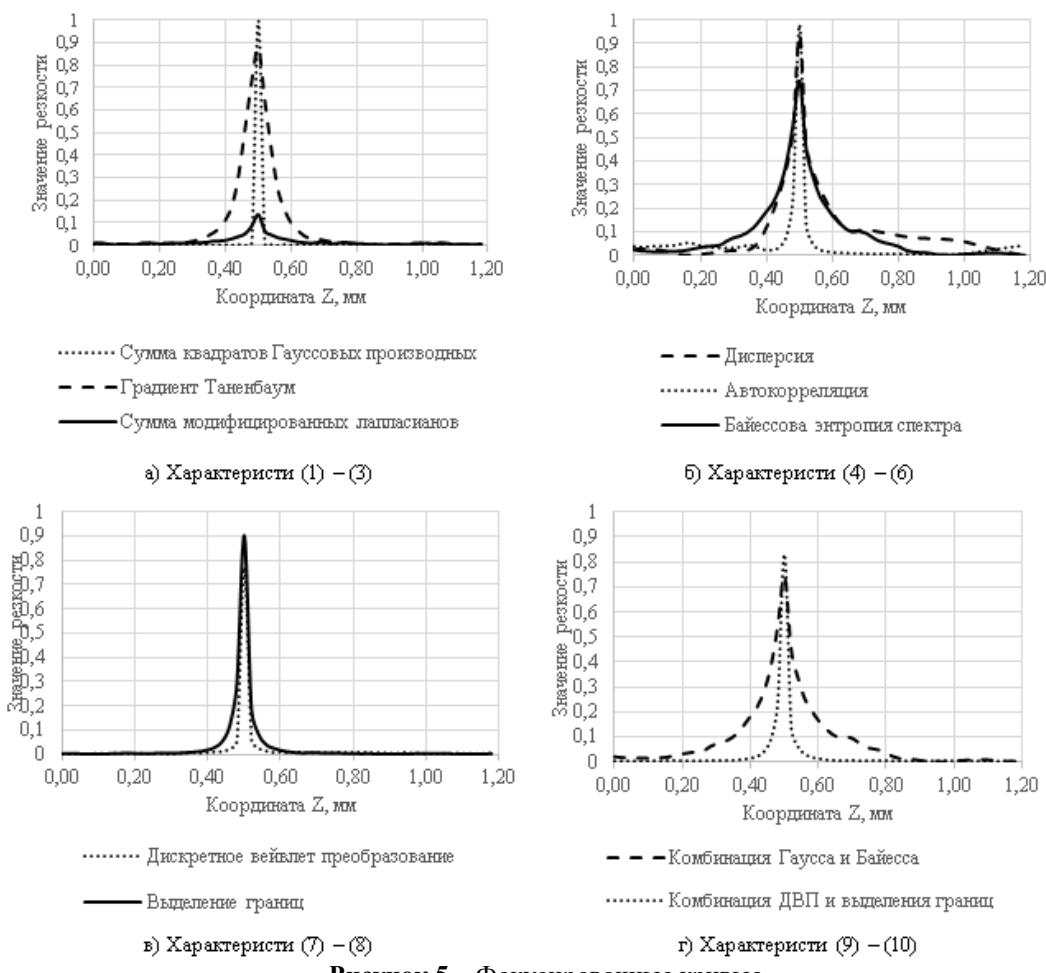


Рисунок 5 – Фокусировочные кривые

По данным, полученным в ходе динамических испытаний, были определены средние значения времени автофокусировки и отклонения от сфокусированного изображения для каждой характеристики резкости (1) – (10) при использовании трех алгоритмов поиска экстремума. Определены средние квадратичные отклонения для каждого параметра. Сравнительные результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2.

Наиболее важным критерием является точность фокусировки, поэтому в таблице 1 в качестве алгоритма поиска экстремума был выбран поиск Фибоначчи, а для расчета резкости – дисперсия (4), БЭС (6), ДВП (7), выделение границ (8), комбинация СКГП и БЭС (9) и комбинация (10). СКО динамической точности у этих характеристик одинаково. Согласно таблице 2, из ранее выбранных по критерию быстродействия подходят алгоритмы (4), (7) и (8). Из результатов статического исследования следует, что наибольшей шириной вершины обладает дисперсия (4), а самой меньшей – ДВП (7).

Таблица 1 – Сравнение динамической точности

Средняя динамическая точность										
Хар-ка	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Фибоначчи	- -	+	+	++	+	++	++	++	++	++
Бинарный	- -	+	+	+	-	-	+	+	- -	+
Адаптивный	-	-	+	-	-	-	-	-	- -	-

«+ +» – менее 0,002 мм; «+» – от 0,002 до 0,010 мм, «-» – от 0,011 до 0,100 мм, «- -» – более 0,100 мм.

Таблица 2 – Сравнение времени автофокусировки

Среднее время автофокусировки										
Хар-ка	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Фибоначчи	-	-	-	-	--	--	-	-	--	--
Бинарный	-	--	--	--	--	--	-	--	--	--
Адаптивный	++	++	--	++	+	--	--	++	--	++

«+ +» от 10 до 20 с; «+» от 21 до 30 с, «-» от 31 до 40 с, «- -» – более 40 с.

Таким образом, было установлено, что наилучшими для анализа цитологических препаратов являются алгоритмы автофокусировки с поиском Фибоначчи и расчетом резкости с помощью дискретного вейвлет преобразования и дисперсии. Для повышения эффективности поиска возможна комбинация выбранных характеристик. Полученные результаты позволяют сделать обоснованный выбор алгоритма для последующей реализации в аппаратно-программном комплексе микроскопии на основе внешнего комплекта автоматизации.

Библиографический список

1. Самородов А.В. Автоматизация оптического микроскопа с использованием штатного предметного стола // Самородов А.В., Косоруков А.Е., Самородова О.А., Добролюбова Д.А., Войнова Н.А. // Инженерный вестник – 2016. – №5. – С. 508-515.
2. Артюхова О.А. Сравнительное исследование характеристик резкости микроскопических изображений медико-биологических препаратов // Артюхова О.А., Самородов А.В. // Медицинская техника – 2011. – №1. – С. 15-22.
3. Liu X.Y. Dynamic evaluation of autofocusing for automated microscopic analysis of blood smear and pap smear // Liu X.Y., Wang W.H., Sun Y. // Journal of Microscopy – 2007. – Vol. 227. – P.15-23.
4. Sun Y. Autofocusing in computer microscopy: Selecting the optimal focus algorithm // Sun Y., Duthaler S., Nelson B.J. // Microscopy Research and Technique – 2004. – Vol.65. – P.139-149.
5. Chen C.Y. A passive auto-focus camera control system // Chen C.Y., Hwang R.C, Chen Y.J. // Applied Soft Computing – 2010. – Vol.10. – P.296-303.
6. Raspberry Pi 3 Model B – Raspberry Pi Foundation – Technical Specification/
7. Артюхова О.А. Биотехническая система автоматизированных исследований препаратов культур клеток, инфицированных хламидиями: Автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: 05.11.17; [Место защиты: МГТУ им. Н. Э. Баумана]. — М., 2013. — 19 с.
8. Беззубик В.В. Оптимизация алгоритмов автофокусировки цифрового микроскопа // Беззубик В.В., Белашенков Н.Р., Устинов С.Н. // «Оптический журнал» – 2009. – №10. – С. 16-22.
9. Chen J.L., Chang C.C., Tung C.H. Autofocus searching method // Patent Application Publication USA № US 7929044 B2.

STUDY OF AUTOFOCUSING ALGORITHMS FOR OPTICAL MICROSCOPE WITH EXTERNAL AUTOMATION KIT

Kolokolnikov G.A., Samorodov A.V.
Bauman Moscow State Technical University,
geokolok5@gmail.com, avs@bmstu.ru

The paper is devoted to the determination of the most effective autofocusing method for optical microscope. The main tasks and quality criteria of the autofocusing are formulated. The basic principles of autofocusing, algorithms of calculating image sharpness and searching for the extremum of focus curve are considered. Selected algorithms are implemented in program code. A research of various autofocusing methods base is carried out on the laboratory equipment. The most effective method is determined from the point of view of focusing quality and efficiency. This paper allows us to find the most effective method for subsequent application in the hardware-software microscopy complex, based on the external automation kit.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ АККОМОДАЦИИ ГЛАЗА

Кудряшова Е.А., Исаков Р.В.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, irv-vlsu@mail.ru

Движения глаз имеют важное психофизиологическое значение [1]. Работа глаза должна соответствовать ежедневным потребностям человека [2]. Разглядывание предметов на определенном расстоянии является осознанным актом и достигается волевым усилием человека [3]. В основе этой способности как раз и лежит аккомодация глаз [3]. За счет аккомодации имеется возможность качественно видеть объекты, расположенные на дальнем расстоянии, среднем и ближнем [4]. Механизмом аккомодации глаза является изменение оптической силы хрусталика, которое реализуется напряжением или расслаблением цилиарной мышцы [3, 4]. Вследствие сбоев в работе цилиарной мышцы или изменения эластичности хрусталика, возникает ухудшение механизма аккомодации [5].

Существующие системы помогают в фокусировании зрения для различения видимых объектов четко и ясно, но являются сложными и дорогостоящими комплексами [6]. Также имеется ряд задач (усиление

рефракции глаза, определение ближайшей точки ясного зрения, скорость изменения динамической рефракции), при которых необходимо исследовать электрические признаки аккомодации глаз [7].

Таким образом, основной целью является оценка аккомодационной способности глаз на основе исследования их электрической активности. При этом выявить самостоятельный фактор аккомодации и степень аккомодации [8].

Для выполнения поставленной цели требуется решить следующие задачи:

- Произвести экспериментальное исследование способа электрической регистрации процесса аккомодации глаз;
- Повысить качество и достоверность результатов исследования.

В настоящие времена аккомодация глаза определяется смещением хрусталика глаза, расширением или сужением зрачков, изменением фокусного расстояния оптической системы глаза, изменением положения сетчатки глаза. Для достижения этих задач используются знания электрофизиологии глаз и современная элементная база [5].

При аккомодации в глазу происходят следующие изменения (рисунок 1):

- Хрусталик меняет свою форму неравномерно: передняя его поверхность, особенно центральная часть, изменяется сильнее, чем задняя;
- Глубина передней камеры уменьшается вследствие приближения хрусталика к роговице;
- Хрусталик опускается книзу за счет провисания на расслабленной связке;
- Суживается зрачок в связи с общей иннервацией ресничной мышцы и сфинктера зрачка от парасимпатической ветви глазодвигательного нерва. Диафрагмирующий эффект суженного зрачка, в свою очередь, увеличивает четкость изображения близко расположенных предметов;
- Происходит конвергенция обоих глаз [3].

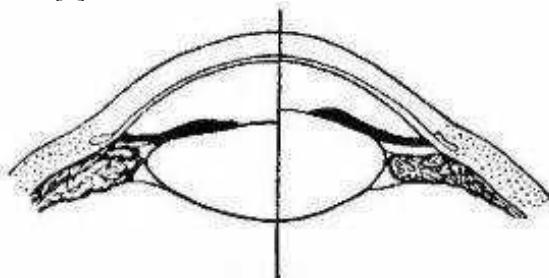


Рисунок 1 - Аккомодационный аппарат глаза. Левая половина рисунка — в состоянии покоя аккомодации, правая — при ее напряжении

Рефракцию глаза в состоянии покоя аккомодации называют статической, а при ее напряжении — динамической. Аккомодация характеризуется областью и объемом аккомодации. Область (длина) аккомодации — это пространство, в пределах которого возможно ясное зрение на разных расстояниях благодаря аккомодации [4].

Для разработки метода оценки аккомодационной способности глаз на основе исследования их электрической активности, было проведено экспериментальное исследование.

В ходе эксперимента использовался электроокулографический (ЭОГ) сигнал. Основные составляющие экспериментальной установки (рисунок 2):

- Горизонтальная и вертикальная электродная система;
- Двухканальный цифровой биоэлектрический усилитель;
- Персональный компьютер (ЭВМ).



Рисунок 2 – Структурная схема экспериментальной установки

Была разработана методика проведения исследования, при которой можно выявить факт аккомодации (способ 1) и степень аккомодации (способ 2). Необходимо произвести наложение электродов и зафиксировать положение головы и положение взгляда.

Для определения факта аккомодации выполнялись следующие действия:

- Переведение фокуса на дальний объект (на 200 м);
- Регистрация сигналов ЭОГ;
- Переведение фокуса на близкий объект (на 30 см);
- Настройка системы фильтров и повторение исследования до получения видимых отличий в сигнале.

Результат проведения данного метода исследования продемонстрирован на рисунке 3.

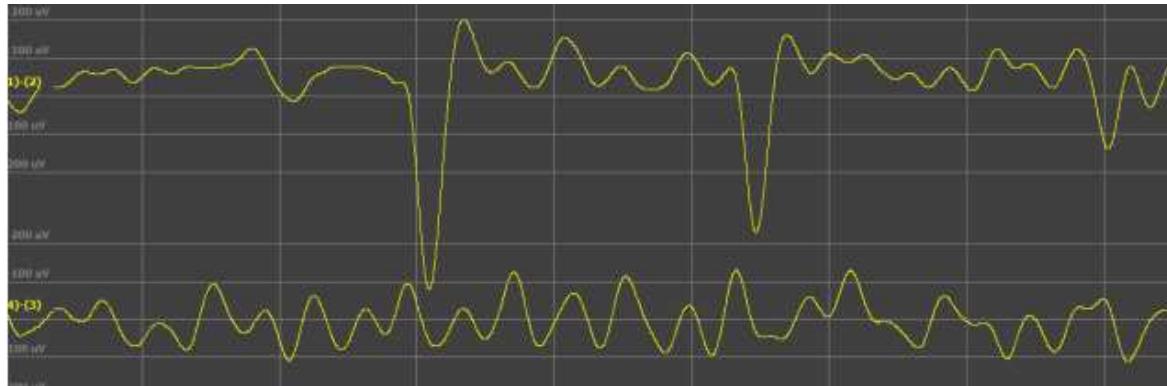


Рисунок 3 – Уменьшение импульсов аккомодации на ЭОГ

Для определения не только факта, но и степени аккомодации, осуществлялась следующая последовательность:

- Переведение фокуса на дальний объект (на 200 м);
 - Регистрация сигналов ЭОГ;
 - Переведение фокуса на средний объект (на 50 м), а потом на близкий объект (на 30 см);
 - Настройка системы фильтров и повторение исследования до получения видимых отличий в сигнале.
- Результат проведенного исследования по определению степени аккомодации, представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Увеличение импульсов аккомодации на ЭОГ

В результате исследований были выбраны параметры фильтров, при которых можно произвести селекцию сигналов сокращения мышц, участвующих в аккомодации:

- фильтр высоких частот с частотой среза 1Гц;
- фильтр низких частот с частотой среза 3Гц;
- режекторный фильтр с центральной частотой подавления 50Гц.

Полученные данные позволяют утверждать, что процесс аккомодации сопровождается импульсами на фильтрованном ЭОГ сигнале, причем амплитуда импульсов увеличивается пропорционально приближенности объекта фокусировки глаза.

Таким образом, в результате экспериментального исследования был разработан новый метод оценки аккомодации, с помощью которого можно отслеживать положение взгляда по трем осям. Две из них реализуются классическим методом электроокулографии, а дальность фокусировки глаз – предложенным подходом. Данный метод использует электрические потенциалы глаз, которые позволяют выявить самостоятельный фактор аккомодации и степень аккомодации глаза.

Результаты данной работы могут быть применены в совершенствовании систем трекинга взгляда, системах тренировки глаз с биологической обратной связью и других системах.

Библиографический список

1. Попечителев Е.П. Биотехнические системы в медицине и биологии. – СПб.: Политехника, 2002. 688 с.
2. Марченко И.Ю., Степанова Л.В., Сычев Г.М. Изменение основных параметров глаза при аккомодации // Биомеханика глаза – 2005. Сб. тр. конф. М., 2005. 58-60 с.
3. Шилкин Г.А., Шилкин А.Г., Бессарабов А.Н. Биомеханическое обеспечение зрения вдали и вблизи у человека // Биомеханика глаза – 2004. Сб. тр. конф. М., 2004.45-54 с.
4. Кошиц И.Н., Горбань А.И., Светлова О.В. Современные представления о биомеханизмах аккомодации и теории Гельмгольца. СПб.: МАПО, 2006. 64 с.
5. Дащевский А.И. Оптическая система и рефракция глаза // Многотомное руководство по глазным болезням / Под ред. Архангельского В.Н. М., 1962. 259-263 с.
6. Эрам С.Ю., Детекция движений глаз по электроокулограмме при смещениях взора. СПб, 2007. 81 с.
7. Митькин А.А., Электроокулография в инженерно-психологических исследованиях – М.:Наука, 1974. – 135 с.
8. Райнгайян Р.М., Анализ биомедицинских сигналов. - М.: Физмалит, 2010. 439 с.

INVESTIGATION OF ELECTRICAL CONTROL OF EYEQUATION OF THE EYE

Kudryashova E.A., Isakov R.V.

Vladimir State University, irv-vlsu@mail.ru

Eye movements have an important psychophysiological significance. The eye's work should correspond to the daily needs of the person. The viewing of objects at a certain distance is a conscious act and is achieved by a strong-willed effort of man. At the heart of this ability is just the accommodation of the eyes. Due to accommodation, it is possible to qualitatively see objects located at a long distance, middle and near. The mechanism of accommodation of the eye is a change in the optical power of the lens, which is realized by the tension or relaxation of the ciliary muscle. Due to malfunctions in the operation of the ciliary muscle or a change in the elasticity of the lens, the accommodation mechanism worsens.

Existing systems help in focusing the vision to distinguish visible objects clearly and clearly, but are complex and costly complexes. As the main goal is to assess the accommodative ability of the eyes based on the study of their electrical activity.



ВЫБОР АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ВРОЖДЕННЫХ МОРФОГЕНЕТИЧЕСКИХ ВАРИАНТОВ ЛИЦА

Кумов В. С.¹, Самородов А. В.¹, Солониченко В. Г.², Канивец И. В.³, Горгисели К. В.³

¹Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана

²Детская городская клиническая больница №13 им. Н.Ф. Филатова

³ООО Геномед, slava.kumov@rambler.ru, avs@bmstu.ru, genetics@list.ru, dr.kanivets@genomed.ru, dr.gorgisheli@mail.ru

Несмотря на растущее значение молекулярно-генетических методов и повышение их эффективности в диагностике наследственных заболеваний, анализ фенотипических проявлений остается крайне важным, поскольку не только позволяет определить клиническую гипотезу, но и правильно интерпретировать результаты лабораторных исследований. Особое место отводится описанию лица и головы, поскольку от 30 до 40 % генетических заболеваний сопровождаются изменениями в анатомическом строении черепно-лицевой области [1].

В настоящее время в ряде работ показана возможность распознавания ряда генетических заболеваний по результатам автоматического анализа изображений лица (см., например, [2]). Однако использование того или иного классификатора, основанного на машинном обучении, затрудняет интерпретацию результатов автоматического распознавания и сдерживает внедрение данных разработок в медицинскую практику.

Для отсутствия разнотечений необходимо унифицировать используемую терминологию для описания фенотипа. Разработка автоматизированного комплекса для исследования врожденных морфогенетических вариантов лица может значительно помочь в решении этой задачи, поскольку в основе анализа будет лежать единая система признаков.

Одно из наиболее полных унифицированных описаний фенотипов генетических заболеваний было создано в рамках проекта Human Phenotype Ontology (HPO) [3]. Данный проект направлен на обеспечение стандартизированного словаря фенотипических аномалий, встречающихся при заболеваниях человека. Однако многие фенотипические признаки описаны лишь качественно, поэтому вначале требуется установить связь между качественными и количественными характеристиками строения лица и головы. В качестве количественных характеристик лица и головы целесообразно использовать систему антропометрических измерений, предложенную Л. Фаркасом [4]. Данная система измерений основана на локализации антропометрических точек лица и головы и позволяет количественно оценить черепно-лицевую морфологию. Рассматриваемая система выделяет 47 антропометрических точек лица и головы и содержит 132 антропометрических параметра (преимущественно линейные и угловые расстояния).

Сопоставление численных значений с качественными фенотипическими признаками, требует знания диапазонов нормы, причем следует учитывать пол, возраст и этническую принадлежность человека. В рамках проекта FaceBase при поддержке Национального института стоматологических и черепно-лицевых исследований (US National Institute of Dental and Craniofacial Research – NIDCR) была собрана статистика по расстояниям между антропометрическими точками у большого числа людей европейской популяции с учетом пола и возраста [5]. Данный ресурс содержит информацию о средних значениях нормы и среднеквадратических отклонениях для 34 расстояний. Возраст ранжируется от 3 до 40 лет с интервалом 0,5 года от 3 до 5 лет, 1 год – от 5 до 40 лет.

Для обеспечения автоматической расстановки антропометрических точек на изображении лица при выборе набора антропометрических точек следует учитывать возможности соответствующих программных средств. Большинство программных библиотек, в том числе, использованная в данной работе библиотека OpenFace [6], используют набор из 68 точек, представленный на рисунке 1.

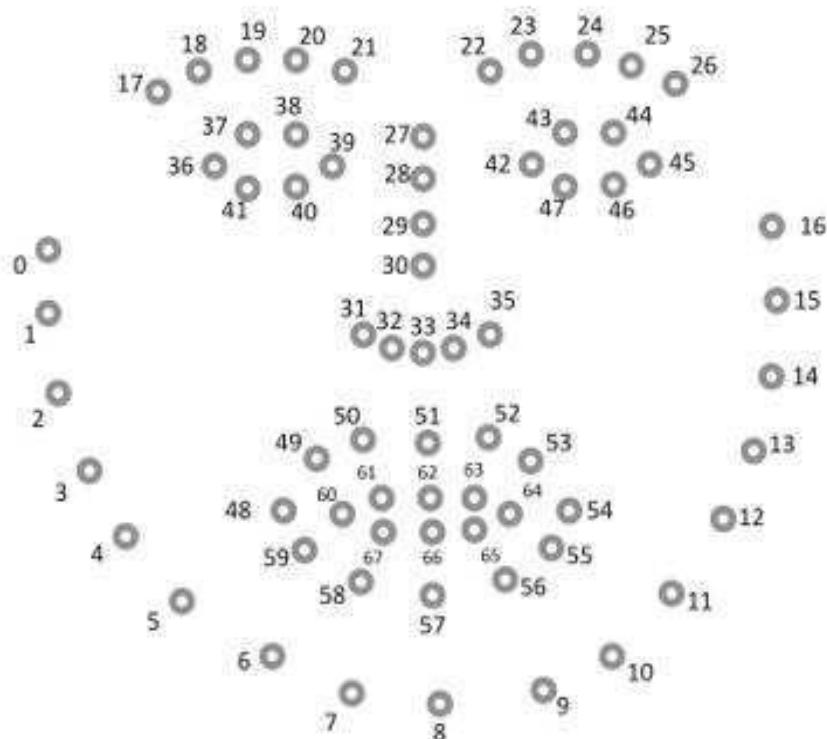


Рисунок 1 – Точки лица, используемые библиотекой OpenFace [6]

Выбранные для оценки параметров лица линейные расстояния и соответствующие им антропометрические точки с указанием номера точки в библиотеке OpenFace приведены в таблице 1. Поскольку в настоящем исследовании анализируются лишь фронтальные изображения, используется набор из 16 линейных расстояний.

Таблица 1 – Используемые антропометрические расстояния

№	Расстояние	Антропометрические точки	Точки OpenFace	№	Расстояние	Антропометрические точки	Точки OpenFace
1	Maximum Facial Width	Right Zygion (zy_r), Left Zygion (zy_l)	0, 16	5	Intercanthal Width	Left Endocanthion (en_l), Right Endocanthion (en_r)	39, 42
2	Mandibular Width	Right Gonion (go_r), Left Gonion (go_l)	4, 12	6	Outercanthal Width	Left Exocanthion (ex_l), Right Exocanthion (ex_r)	36, 45
3	Morphological Facial Height	Nasion (n), Gnathion (gn)	27, 8	7	Palpebral Fissure Length Right	Right Endocanthion (en_r), Right Exocanthion (ex_r)	36, 39
4	Upper Facial Height	Nasion (n), Stomion (sto)	27, mean (62, 66)	8	Palpebral Fissure Length Left	Left Endocanthion (en_l), Left Exocanthion (ex_l)	42, 45

Таблица 1 – Продолжение

№	Расстояние	Антропометрические точки	Точки OpenFace	№	Расстояние	Антропометрические точки	Точки OpenFace
9	Lower Facial Height	Subnasale (sn), Gnathion (gn)	33, 8	13	Nasal Height	Nasion (n), Subnasale (sn)	27, 33
10	Labial Fissure Width	Right Chelion (ch_r), Left Chelion (ch_l)	48, 54	14	Upper Lip Height	Subnasale (sn), Stomion (sto)	33, mean (62, 66)
11	Philtrum Width	Right Crista Philtri (cph_r), Left Crista Philtri (cph_l)	50, 52	15	Upper Vermilion Height	Labiale Superius (ls), Stomion (sto)	51, mean (62, 66)
12	Philtrum Length	Subnasale (sn), Labiale Superius (ls)	33, 51	16	Lower Vermilion Height	Stomion (sto), Labiale Inferius (li)	mean (63, 66), 57

Рассчитанные по 2D изображению лица расстояния между контрольными точками были нормированы на расстояние между внутренними углами глаз. Аналогично были нормированы значения для нормы.

На основе известных параметров распределения значений расстояний для нормы были рассчитаны з-оценки этих значений для изображений лиц пациентов. Пример подобного расчета приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Пример расчета z-оценок для расстояний между антропометрическими точками лица (пациент: пол – мужской, возраст – 11 лет, диагноз – синдром Марфана)

Параметр	№	z-оценка	Есть ли статистически значимые различия с нормой? (при уровне доверия $p = 95\%$)
maxfacewidth	1	-4.27	есть, в сторону уменьшения
mandwidth	2	-2.11	есть, в сторону уменьшения
morphfaceheight	3	-3.82	есть, в сторону уменьшения
upfaceheight	4	-1.90	нет
incanthalwidth	5	0.00	нет
outcanthalwidth	6	-1.99	есть, в сторону уменьшения
palpfislength_r	7	-2.01	есть, в сторону уменьшения
palpfislength_l	8	-2.67	есть, в сторону уменьшения
lowfaceheight	9	-3.34	есть, в сторону уменьшения
labfiswidth	10	-1.46	нет
philwidth	11	1.20	нет
phillength	12	-1.00	нет
nasalheight	13	-1.42	нет
uplipheight	14	-1.12	нет
upvermheight	15	-0.89	нет
lowvermheight	16	2.25	есть, в сторону увеличения

Заключение

Для целей автоматизированного распознавания врожденных морфогенетических вариантов лица по фронтальному изображению был сформирован набор линейных расстояний, позволяющий проводить статистическую оценку антропометрических параметров лица и головы. В дальнейшем на основе результатов обработки базы изображений лиц пациентов с генетическими синдромами будут определены характерные отклонения от нормы для различных генетических синдромов и установлена взаимосвязь фенотипических признаков, описанных качественно, с количественными характеристиками строения лица и головы.

Библиографический список

1. Diagnostically relevant facial gestalt information from ordinary photos / Q. Ferry et al. // eLife. 2014. No. 3. Art. No. e02020.
2. Кумов В.С., Самородов А.В. Разработка и исследование алгоритма диагностики генетических заболеваний по результатам автоматизированного анализа 2D изображения лица // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: Доклады XII МНТК с элементами научной молодежной школы, Владимир, 4-7 июля 2016 г. Владимир, 2016. Книга 2. С. 64-66.
3. The Human Phenotype Ontology: a tool for annotating and analyzing human hereditary disease / Robinson P. N. et al. // The American Journal of Human Genetics. 2008. Vol. 83, no. 5. P. 610-615.
4. Farkas L.G. Anthropometry of the head and face. N.Y.: Raven Press, 1994. 405 p.
5. The FaceBase Consortium: a comprehensive program to facilitate craniofacial research / Hochheiser H. et al. // Developmental biology. 2011. Vol. 355, no. 2. P. 175-182.
6. Baltrušaitis T., Robinson P., Morency L.P. Openface: an open source facial behavior analysis toolkit // Applications of Computer Vision (WACV), 2016 IEEE Winter Conference on. IEEE, 2016. P. 1-10.

SELECTION OF ANTHROPOMETRIC PARAMETERS FOR AUTOMATED RECOGNITION OF CONGENITAL MORPHOGENETIC FACIAL VARIANTS

Kumov V.S.¹, Samorodov A.V.¹, Solonichenko V.G.², Kanivets I.V.³, Gorgisheli K.V.³

¹Bauman Moscow State Technical University, ²Filatov Children's City Clinical Hospital, ³Genomed ltd.

slava.kumov@rambler.ru, avs@bmstu.ru, genetics@list.ru, dr.kanivets@genomed.ru, dr.gorgisheli@mail.ru

The aim of this work was to establish a set of facial linear distances for the automatic recognition of congenital morphogenetic facial variants, allowing a statistical evaluation of the anthropometric parameters of the face and head.

It is planned to identify the deviations from the norms for different genetic syndromes and establish the relationship between the phenotypic characteristics, described qualitatively, and the quantitative characteristics of the face and head.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ АСИММЕТРИИ ЛИЦА ЧЕЛОВЕКА НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИИ

Лаврова Е. А.¹, Самородов А. В.¹, Мордовский А. В.², Кудрин К. Г.², Поляков А. П.²

¹МГТУ им. Н.Э. Баумана

²МНИОИ им. П.А. Герцена

lavrovaliz@gmail.com

В настоящее время в челюстно-лицевой хирургии возросло количество пациентов с нарушением функции лицевого нерва [1]. К причинам данного нарушения относят инфекции, опухоли, сосудистые поражения, травмы, врожденные и идиопатические заболевания. Нарушение функции лицевого нерва приводит к нарушению качества жизни пациентов, выражаящемся в затруднениях при приеме воды и пищи, коммуникации, а в некоторых случаях – в невозможности закрывать глаза [2, 3, 4].

Для оценки постоперационного состояния и отслеживания стадий реабилитации пациентов, подверженных нарушению функции лицевого нерва, необходима оценка степени данного нарушения. В клинической практике и научных исследованиях для оценки степени нарушения функции лицевого нерва применяют системы шкал, наиболее популярными из которых являются шкалы Хауса-Брекмана, Саннибрук, Янагихара, Ноттингем, одной из недавно разработанных является система eFACE [5, 6].

В результате анализа существующих подходов и методов оценки степени нарушения функции лицевого нерва выявлено, что все полученные оценки обладают двумя существенными недостатками: отсутствием объективности и отсутствием универсальности [5, 6].

Нарушение функции лицевого нерва приводит к нарушению функции мышц лица, поэтому оценку степени нарушения функции лицевого нерва возможно проводить с помощью автоматизированного анализа видеоизображения лица с определением степени асимметрии лица.

Описанные в литературе системы оценки степени асимметрии лица на изображениях можно разделить по способу регистрации данных (регистрация двумерных [7, 8, 9, 10, 11, 12, 13] или трехмерных [14, 15] фото- [7, 8] или видеоизображений [9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]), формированию вектора признаков (расстановка физических маркеров [7, 9, 10, 14, 15] или цифровых контрольных точек [8, 11, 12, 13], обнаружение маркеров/контрольных точек автоматически [10, 11, 12, 13, 14, 15] или вручную [7, 8, 9]). Многообразие описанных систем приводит к проблеме, связанной с неуниверсальностью оценок. Кроме того, в настоящее время данные системы не применяются в клинической практике.

Схема предложенной нами биометрической системы автоматической оценки степени асимметрии лица человека на видеоизображении представлена на рисунке 1. Проведение оценки степени асимметрии включает в себя следующие этапы: регистрация видеоизображения лица обследуемого, расстановка контрольных точек лица, вычисление взаимных смещений групп точек лица при выполнении тестов на двигательную активность мимических мышц лица, вычисление индексов асимметрии лица.



Рисунок 1 – Биометрическая система автоматической оценки степени асимметрии лица человека на изображении

В данной работе приведены описание и результаты экспериментального исследования разработанного алгоритма оценки степени асимметрии лица на видеозображении с использованием метода, предложенного в [13] и основанного на вычислении взаимных смещений слева и справа групп точек $P_i = (x_i, y_i)$, областей лба и рта. В качестве модели лица использована двумерная активная модель MultiPIE/IBUG [16], содержащая 68 контрольных точек. Точки модели представлены на рисунке 2. В рамках настоящей работы для оценки степени асимметрии лица использовано 42 контрольные точки областей бровей, глаз и рта.

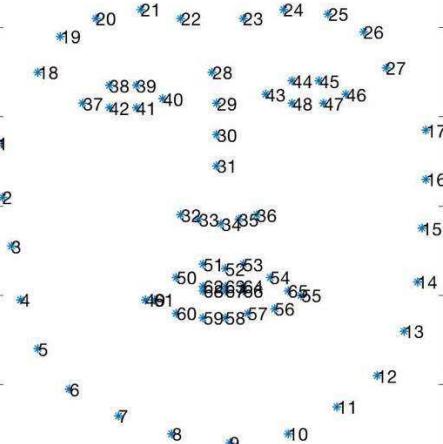


Рисунок 2 – Расстановка контрольных точек лица модели MultiPIE/IBUG

Вычисление индекса асимметрии области лба основано на вычислении отношения смещений групп точек брови относительно группы точек глаза справа и слева (группы точек $P_{18}-P_{22}$ относительно группы точек $P_{37}-P_{42}$ и группы точек $P_{23}-P_{27}$ относительно группы точек $P_{43}-P_{48}$). Вычисление индекса асимметрии области рта основано на вычислении отношения смещений правого и левого уголков рта относительно точек центра рта (точки P_{49} и точки P_{55} относительно группы точек $P_{52}, P_{63}, P_{67}, P_{58}$). Ниже приведены основные этапы расчета:

а) вычисление средних точек LEB , REB , LEC , REC левых и правых бровей и глаз соответственно:

$$LEB = \frac{1}{5} \sum_{i=18}^{22} P_i, REB = \frac{1}{5} \sum_{i=23}^{27} P_i, LEC = \frac{1}{6} \sum_{i=37}^{42} P_i, REC = \frac{1}{6} \sum_{i=43}^{48} P_i,$$

б) вычисление расстояний D_{REB} и D_{LEB} между средними точками глаз и бровей справа и слева и D_{LM} и D_{RM} между точками углов рта и средними точками рта:

$$D_{LEB} = d(LEB, LEC), D_{REB} = d(REB, REC), \\ D_{LM} = \frac{1}{4} (d(P_{49}, P_{52}) + d(P_{49}, P_{63}) + d(P_{49}, P_{67}) + d(P_{49}, P_{58})), \\ D_{RM} = \frac{1}{4} (d(P_{55}, P_{52}) + d(P_{55}, P_{63}) + d(P_{55}, P_{67}) + d(P_{55}, P_{58})),$$

где d – мера расстояния,

в) вычисление относительных смещений Δ_L^f , Δ_R^f , Δ_L^m , Δ_R^m точек в областях лба и рта слева и справа соответственно:

$$\Delta_L^f = \left| \max_i(D_{LEB_i}^{test}) - \bar{D}_{LEB}^{rest} \right|, \quad \Delta_R^f = \left| \max_i(D_{REB_i}^{test}) - \bar{D}_{REB}^{rest} \right|, \\ \Delta_L^m = \left| \max_i(D_{LM_i}^{test}) - \bar{D}_{LM}^{rest} \right|, \quad \Delta_R^m = \left| \max_i(D_{RM_i}^{test}) - \bar{D}_{RM}^{rest} \right|,$$

где D_{LEB}^{rest} и D_{REB}^{rest} – расстояния между средними точками глаз и бровей слева и справа в состоянии покоя, D_{LM}^{test} и D_{RM}^{test} – расстояния между средними точками глаз и бровей слева и справа при выполнении тестов, \bar{D}_{LM}^{rest} и \bar{D}_{RM}^{rest} – средние расстояния между точками углов рта и средними точками рта в состоянии покоя, $D_{LM_i}^{test}$ и $D_{RM_i}^{test}$ – расстояния между точками углов рта и средними точками рта при выполнении тестов, i – номер кадра,

г) вычисление индексов r_f и r_m смещений между левой и правой сторонами областей лба и рта соответственно:

$$r_f = \begin{cases} \frac{\Delta_R^f}{\Delta_L^f} & \text{если } \Delta_L^f > \Delta_R^f \\ \frac{\Delta_L^f}{\Delta_R^f} & \text{иначе.} \end{cases}, r_m = \begin{cases} \frac{\Delta_R^m}{\Delta_L^m} & \text{если } \Delta_L^m > \Delta_R^m \\ \frac{\Delta_L^m}{\Delta_R^m} & \text{иначе.} \end{cases}.$$

Таким образом, значения индексов асимметрии лежат в интервале [0, 1]. При этом чем ближе к единице значение индекса асимметрии, тем большей симметрией обладает изображение лица.

Проведено экспериментальное исследование метода оценки степени асимметрии лица на видеоизображении для 15 пациентов с нарушением функции лицевого нерва разной степени и 17 представителей контрольной группы, зарегистрированных на базе МНИИ им. П.А. Герцена и МГТУ им. Н.Э. Баумана согласно разработанному протоколу регистрации. Лицо обследуемого фронтально помещалось перед видеокамерой (использована видеокамера Logitech HD, 1920×1080) на расстоянии 50-100 см на однородном фоне, проводилась регистрация видеоизображения лица в состоянии покоя и при выполнении тестов на двигательную активность мимических мышц лица. Обследуемый воспроизводил наиболее часто используемые при выполнении традиционной экспертной оценки мимические движения: зажмурование глаз, поднятие бровей, улыбка, улыбка с усилием, вытягивание губ вперед, надувание щек, артикуляция, артикуляция с усилием. Для автоматического обнаружения контрольных точек лица использована библиотека dlib [17] (размер кадра уменьшен до 640×360, среднее расстояние между центрами глаз составило 46 пикселей).

В таблице представлены результаты автоматической оценки индексов асимметрии r_f и r_m областей лба и рта соответственно: M – медианное значение в группе, Q_1 и Q_3 – нижний и верхний квартили соответственно, p – полученный уровень значимости при проверке гипотезы об отсутствии статистически значимых различий между медианами в группах с использованием Т-критерия Уилкоксона.

Таблица 1 – Индексы асимметрии областей лба и рта представителей контрольной группы и пациентов

Тест	Контрольная группа		Пациенты		$p, \%$	Контрольная группа		Пациенты		$p, \%$
	$M(r_f)$	$Q_1(r_f)$ $Q_3(r_f)$	$M(r_f)$	$Q_1(r_f)$ $Q_3(r_f)$		$M(r_m)$	$Q_1(r_m)$ $Q_3(r_m)$	$M(r_m)$	$Q_1(r_m)$ $Q_3(r_m)$	
Зажмурование глаз	0,85	0,73 0,88	0,58	0,43 0,78	0,36	0,81	0,62 0,89	0,46	0,36 0,62	5,41
Поднятие бровей	0,96	0,94 0,98	0,63	0,41 0,71	0,00	0,68	0,59 0,82	0,42	0,30 0,60	7,59
Улыбка	0,82	0,70 0,94	0,45	0,26 0,54	0,04	0,89	0,84 0,98	0,70	0,37 0,80	0,03
Улыбка с усилием	0,83	0,74 0,93	0,76	0,65 0,77	6,43	0,95	0,91 0,98	0,56	0,35 0,81	0,00
Вытягивание губ	0,83	0,63 0,88	0,67	0,46 0,74	1,92	0,72	0,60 0,84	0,57	0,36 0,77	6,99
Надувание щек	0,87	0,74 0,94	0,44	0,22 0,63	0,10	0,72	0,38 0,92	0,57	0,29 0,68	4,14
Артикуляция	0,75	0,67 0,91	0,76	0,51 0,93	96,99	0,81	0,57 0,95	0,76	0,36 0,84	9,66
Усиленная артикуляция	0,82	0,68 0,89	0,59	0,37 0,72	2,85	0,87	0,77 0,95	0,65	0,42 0,81	0,46

Медианы индексов асимметрии, полученные в контрольной группе, выше соответствующих значений у пациентов, то есть лица пациентов с нарушением функции лицевого нерва обладают в среднем более высокой степенью асимметрии, чем лица представителей контрольной группы, что соответствует визуальным наблюдениям. С уровнем значимости $p = 10\%$ можно отклонить гипотезу об отсутствии статистической значимости различий между медианами в группах (кроме значений, полученных для теста «артикуляция» для области лба).

Результаты исследования реализованного метода показывают перспективность его применения для оценки степени асимметрии лица человека с целью оценки степени нарушения функции лицевого нерва.

Библиографический список

1. ЦНИИС [электронный ресурс]: Лицевой паралич // ЦНИИС: [сайт], [2012]. URL: http://www.cniis.ru/about/hospital/facial_palsy.php (дата обращения: 14.03.2018).
2. Stew B., Williams H. Modern management of facial palsy: a review of current literature // British journal of general practice. 2013. Vol. 63. P. 109-110.
3. Finsterer J. Management of peripheral facial nerve palsy // European archives of otorhinolaryngology. 2008. Vol. 265(7). P.743–752.
4. Batista K.T. Facial paralysis: epidemiological analysis in a rehabilitation hospital // Brazilian journal of plastic surgery. 2011. Vol. 26(4). P. 591-595.

5. Facial nerve grading instruments: systematic review of the literature and suggestion for uniformity / Fattah A.Y. [et al.] // Plastic and reconstructive surgery. 2015. Vol. 135(2). P. 569-579.
6. Emerging vs time-tested methods of facial grading among patients with facial paralysis / Gaudin R.A. [et al.] // JAMA facial plastic surgery. 2016. Vol. 18(4). P. 251-257.
7. Simultaneous quantitation of facial movements: the maximal static response assay of facial nerve function / Johnson P.C. [et al.] // Annals of plastic surgery. Vol. 32(2). 1994. P. 171-179.
8. Hadlock T., Urban L. Toward a universal, automated facial measurement tool in facial reanimation // Archives of facial plastic surgery. 2012. Vol. 14(4). P. 277-282.
9. Baude M., Hutin E., Gracies J.-M. A bidimensional system of facial movement analysis conception and reliability in adults // BioMed research international. 2015. Vol. 2015. P. 1-8.
10. Mobile application for diagnosis of facial palsy / Azoulay O. [et al.] // AHNS annual meeting. 2016. P. 1-4.
11. Automated tracking of facial features in patients with facial neuromuscular dysfunction / Wachtman G.S. [et al.] // Plastic and reconstructive surgery. 2001. Vol. 107(5). P. 1124-1133.
12. He S., Soraghan J., O'Reilly B. Biomedical image sequence analysis with application to automatic quantitative assessment of facial paralysis // EURASIP journal on image and video processing. 2007. P. 1-11.
13. A smartphone-based automatic diagnosis system for facial nerve palsy / Kim H.S. [et al.] // Sensors. 2015. Vol. 15. P. 26756-26768.
14. Evolution of the 3-dimensional video system for facial motion analysis: ten years' experiences and recent developments / Tzou C.H. [et al.] // Annals of plastic surgery. 2012. Vol. 69(2). P. 85-173.
15. Analysis of mimic facial movements based on motion capture / Ben Mansour [et al.] // Computer methods in biomechanics and biomedical engineering. 2014. Vol. 17(1). P. 78-79.
16. Incremental face alignment in the wild. 300 faces In-the-wild challenge: database and results / C. Sagonas. [et al.] // Image and vision computing. 2016. Vol. 47. P.3-18.
17. D.E. King. Dlib-ml: a machine learning toolkit // Journal of machine learning research. 2009. Vol. 10. P. 1755-1758.

METHOD FOR AUTOMATED ASSESSMENT OF HUMAN FACIAL ASYMMETRY INDICES BASED ON VIDEOANALYSIS

Lavrova E.A.¹, Samorodov A.V.¹, Mordovsky A.V.², Kudrin K.G.², Polyakov A.P.²

¹Bauman Moscow State Technical University

²Hertsen Moscow Oncology Research Center

lavrovaliz@gmail.com

The report presents facial asymmetry rate estimation algorithm applicable for automated estimation of facial nerve dysfunction rate. A brief survey of corresponding facial asymmetry rate estimation systems is provided. Facial asymmetry rate estimation algorithm, based on 2D video analysis and estimation of the rate of relative shift of eye and eyebrow groups of points from left and right forehead and mouth regions, is implemented. Database of facial videoimages of patients and representatives of control group is captured in accordance to the proposed protocol. Facial asymmetry indices are estimated. Experimental results show that there are statistically significant differences between facial asymmetry indices of patients and representatives of control group, but development of integral asymmetry indices, based on dynamical features, is promising.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ БАЗОВЫХ ЭМОЦИЙ ПО ФРОНТАЛЬНОМУ 2D ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

Мошкова А. А., Кумов В. С., Самородов А. В.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана,
nast.moshkova@yandex.ru, slava.kumov@rambler.ru, avs@bmstu.ru

Введение

Интеллектуальные системы видео анализа эмоционального состояния людей имеют широкую область применения. Несмотря на недавние значительные успехи в решении задачи автоматического распознавания мимики [1], существует ряд сложностей, которые затрудняют широкое использование подобных систем. Поэтому задача разработки новых методов автоматического распознавания мимики остается актуальной.

Общий подход к автоматическому анализу мимики состоит из трех этапов:

- обнаружение лица;
- выделение признаков;

– классификация.

Для разработки системы анализа эмоционального состояния по изображению лица было исследовано два подхода к распознаванию эмоций: метод распознавания базовых эмоций на основе локальных бинарных шаблонов (ЛБШ) и метод распознавания базовых эмоций на основе двигательных единиц.

Метод распознавания базовых эмоций на основе ЛБШ

Использование признаков изображения лица на основе ЛБШ традиционно показывает высокие результаты [2, 3]. Их основным достоинством является инвариантность к монотонным изменениям освещенности и низкая вычислительная сложность.

Последовательность этапов обработки изображения и выделения признаков лица при использовании ЛБШ показана на рисунке 1. Для выполнения этапов обнаружения, выравнивания и масштабирования изображения лица использованы функции библиотеки компьютерного зрения OpenCV. Для обнаружения лица использован алгоритм Виолы-Джонса, выравнивание и масштабирование выполняется по положению центров зрачков глаз.

После выравнивания изображение лица разбивается на заданное количество подобластей, и по каждой подобласти рассчитывается гистограмма равномерных ЛБШ. Затем отсчеты гистограмм объединяются в единый вектор признаков изображения. Расчет ЛБШ проводился в среде MATLAB с использованием наиболее распространенной реализации.

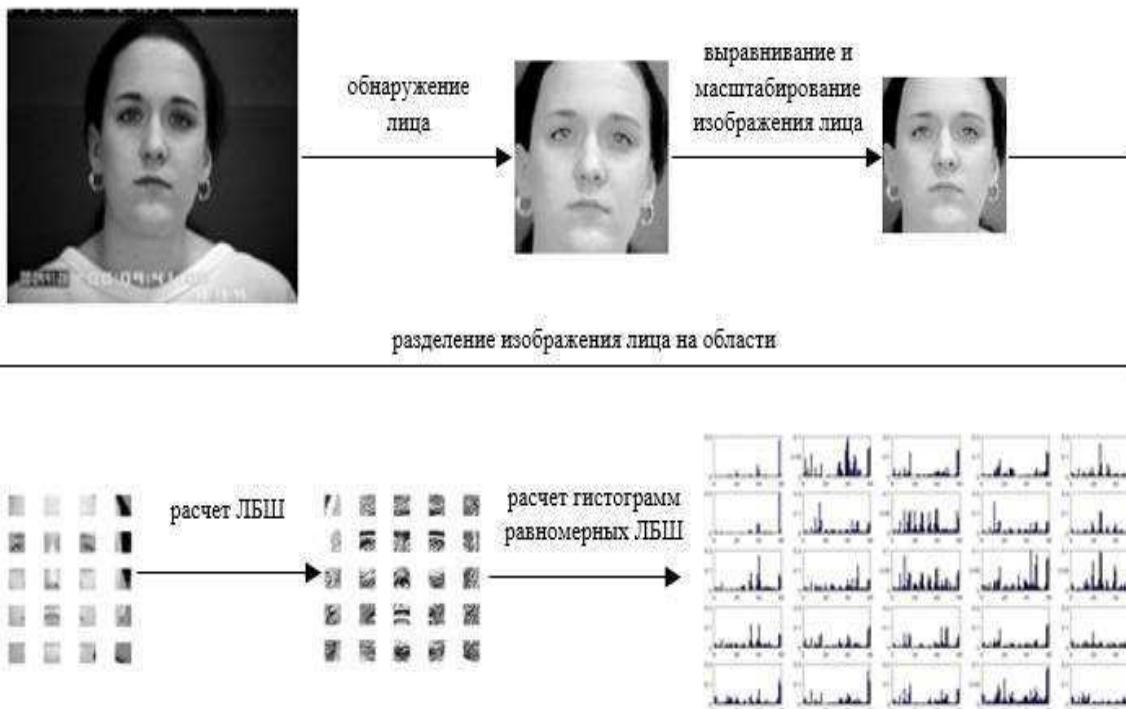


Рисунок 1 – Последовательность этапов обработки изображения лица и выделения признаков

Задача классификации решается с помощью метода опорных векторов (SVM). Многоклассовая задача классификации решалась путем построения 7-ми бинарных SVM-классификаторов с линейной функцией ядра по схеме «один против всех» с последующим объединением результатов с помощью матрицы выходных кодов [4]. Выбранные параметры алгоритма для расчета вектора признаков на основе ЛБШ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Параметры алгоритма для расчета вектора признаков на основе ЛБШ

Параметр	Значение
Тип ЛБШ	Равномерные ЛБШ
Радиус окрестности ЛБШ, в пикселях	$r = 1$
Число точек окрестности ЛБШ	$P = 8$
Количество подобластей изображения для расчета гистограмм ЛБШ	15×15
Схема обучения классификатора	«one-vs-all»
Минимальный размер области лица, в пикселях	100×100

Метод распознавания базовых эмоций на основе двигательных единиц

Для решения задач выделения области лица на изображении, локализации контрольных точек и определения двигательных единиц было выбрано программное средство свободного доступа OpenFace [5]. Оно позволяет определять 17 двигательных единиц (AU). Для каждой двигательной единицы определяется ее наличие или отсутствие (параметр AU_c, имеет значение 0 или 1) и интенсивность проявления (параметр AU_r, имеет значение от 0 до 5). Таким образом, пространство признаков для классификации базовых эмоций включало 34 признака (AU = [AU01_c, ..., AU17_c, AU01_r, ..., AU17_r]).

Для проведения исследования были реализованы два алгоритма классификации базовых эмоций.

Первый алгоритм основан на классификаторе по методу k-ближайших соседей (k = 10). Реализация алгоритма классификации взята из classification learner toolbox среды Matlab.

Второй алгоритм классификации базовых эмоций по двигательным единицам основан на использовании системы кодирования лицевых движений (СКЛиД) [6]. Для каждой базовой эмоции интенсивность ее проявления рассчитывалась как среднее арифметическое значение интенсивностей присутствующих на текущем изображении лица двигательных единиц, входящих в прототип данной эмоции. Если эмоция имеет несколько прототипов, то в качестве интенсивности проявления эмоции бралось максимальное значение среди всех ее прототипов. Пример расчета интенсивности проявления эмоции “радость” представлен соотношениями (1-3).

$$I_{H1} = \frac{AU06_c * AU06_r + AU12_c * AU12_r}{2}, \quad (1)$$

$$I_{H2} = AU12_c * AU12_r, \quad (2)$$

$$I_H = \max(I_{H1}, I_{H2}). \quad (3)$$

В качестве результата классификации принималась базовая эмоция с наибольшей интенсивностью.

Результаты экспериментальных исследований

Экспериментальные исследования проводились на трех базах данных изображений лиц: Cohn-Kanade, MUG, RAFD, классифицированных по 6 базовым эмоциям. Основная информация об использованных базах данных представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Информация о базах данных

Эмоция	Количество изображений		
	Cohn-Kanade	MUG	RAFD
Гнев	26	51	39
Отвращение	53	49	39
Страх	49	48	39
Радость	65	52	39
Печаль	48	47	39
Удивление	71	51	39
Нейтральное выражение	84	51	39
Всего	396	349	273

В таблицах 3-5 приведены значения средней относительной частоты правильной классификации изображений лица на 6 базовых эмоций, полученные в режиме 10-блочной кросс-валидации в зависимости от разрешения изображений лица, характеризуемого средним расстоянием между центрами глаз.

Таблица 3 – Средняя относительная частота правильной классификации по базе данных Cohn-Kanade

Расстояние между центрами глаз, пикс.	OpenFace+knn	OpenFace+SVM	LBH+SVM
30	98%	98,5%	79,7 %
60	98%	99%	86,0 %
100	98,8%	97,7%	87,5 %
120	98,8%	97,5%	86,3 %

Таблица 4 – Средняя относительная частота правильной классификации по базе данных MUG

Расстояние между центрами глаз, пикс.	OpenFace+knn	OpenFace+SVM	LBH+SVM
30	99,0 %	96,5 %	65,6 %
60	97,5 %	98,2 %	72,2 %
100	98,2 %	98,0 %	76,8 %

120	98,2 %	98,2 %	77,7 %
-----	--------	--------	--------

Таблица 5 – Средняя относительная частота правильной классификации по базе данных RAFD

Расстояние между центрами глаз, пикс.	OpenFace+knn	OpenFace+SVM	LBH+SVM
30	98,2 %	97,8 %	86,8 %
60	99,5 %	99,5 %	94,9 %
100	99,5 %	99,5 %	96,7 %
120	99,5 %	99,5 %	95,2 %

Анализируя результаты работы алгоритмов классификации базовых эмоций, можно заметить, что использование алгоритма, построенного на распознавании двигательных единиц, дает более высокие результаты. Кроме этого, данный алгоритм является устойчивым к изменению разрешения изображения.

Алгоритм, основанный на ЛБШ, дает более низкие результаты и показывает меньшую точность при изменении разрешения изображения, но при этом данный алгоритм сохраняет возможность его использования при еще более низком разрешении изображений лица, при котором двигательные единицы не могут быть определены.

Библиографический список

1. Yeasin M., Bullet B., Sharma R. Recognition of facial expressions and measurement of levels of interest from video // IEEE Trans. Multimedia. 2006. Vol. 8, no. 3. P.500-507.
2. Петрук В.И., Самородов А.В., Спиридовон И.Н. Применение локальных бинарных шаблонов к решению задачи распознавания лиц // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. Спец. выпуск «Биометрические технологии». 2011. С.58-63.
3. Zhong L., Liu Q., Yang P., Liu B., Huang J., Metaxas D. Learning active facial patches for expression analysis // Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2012. P.2562-2569.
4. Escalera S., Pujol O., Radeva P. Separability of ternary codes for sparse designs of error-correcting output codes // Pattern Recognition Letters. 2009. Vol. 30, no. 3. P. 285-297.
5. Baltrušaitis T., Robinson P., Morency L.P. OpenFace: an open source facial behavior analysis toolkit // 2016 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision, Lake Placid, NY, 2016. P. 1-10.
6. Ekman, P., Friesen, W. Facial action coding system: A technique for the measurement of facial movement. Palo Alto, Ca.: Consulting Psychologists Press, 1978.

DEVELOPMENT AND RESEARCH OF ALGORITHMS OF AUTOMATIC RECOGNITION OF BASIC EMOTIONS ON 2D FRONTAL FACE IMAGE

Moshkova A.A., Kumov V.S., Samorodov A.V.

Bauman Moscow State Technical University,

nast.moshkova@yandex.ru, slava.kumov@rambler.ru, avs@bmstu.ru

The article is devoted to the construction of algorithms for recognizing the basic emotions (fear, joy, anger, sadness, disgust, surprise) on the face image. As initial signs, LBP and a set of action units were used. The testing was carried out in the mode of 10-fold cross-validation on three databases of persons: RAFD, MUG, Cohn-Kanade. The dependence of the accuracy of the operation of the algorithms on the resolution of the image is shown. The algorithm based on the action units is superior to the algorithm based on the LBP; at the same time, each of them provides the accuracy of recognizing the basic emotions comparable to the accuracy of similar methods of automatic recognition of basic emotions.



АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВИТАЛЬНОСТИ ОБЪЕКТА ПО 2Д ИЗОБРАЖЕНИЮ ЛИЦА

Самородов А. В., Новокшонов А. А.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана, andrew-novokshonov@yandex.ru

Введение

Биометрические методы идентификации личности становятся все более популярными. Несмотря на то, что идентификация по отпечаткам пальцев является самым распространенным методом в связи с низкой стоимостью оборудования (доля этого метода на рынке биометрических систем распознавания составляет более 50 %), распознавание по лицу становится все более распространенным, т.к. имитирует естественный процесс

узнавания одним человеком другого. Однако биометрические системы распознавания подвергаются попыткам подмены реального лица на поддельное, так называемым атакам спуфинга (англ. Spoof-подмена).

На данный момент существует несколько подходов для определения витальности объекта. Среди них подходы, использующие генерируемые случайные задания [1], однако, такой подход требует тесного взаимодействия пользователя и системы. Метод, использующий спектральные характеристики отражения кожи человека [2], не подходит для ряда задач в связи с необходимостью использования нескольких камер с оптическими фильтрами. Методы, базирующиеся на том, что человек все время неконтролируемо моргает [3], могут быть легко обмануты. Существуют методы определения витальности, использующие фотографии, сделанные камерами с различными фокусными расстояниями [4], использующие движения головы и фона [5]. Однако общепринятого метода определения витальности объекта, который бы являлся доминирующим в биометрических системах распознавания, на данный момент не существует. В связи с этим нами был предложен свой алгоритм определения витальности, базирующийся на применении метода локальных бинарных шаблонов (ЛБШ) и двумерного преобразования Фурье.

Выделение текстурных признаков

Для выделения текстурных признаков используется метод локальных бинарных шаблонов [6]. Отличия в текстуре «живых» и «неживых» лиц заключаются в наличии у первых трехмерной структуры, что ведет к более четкому выделению контуров. Для каждого пикселя использовалась окрестность размером 5x5 пикселей (радиус окрестности 2, число пикселей окрестности 24). Результат применения оператора ЛБШ к исходному изображению показан на рисунке 1.

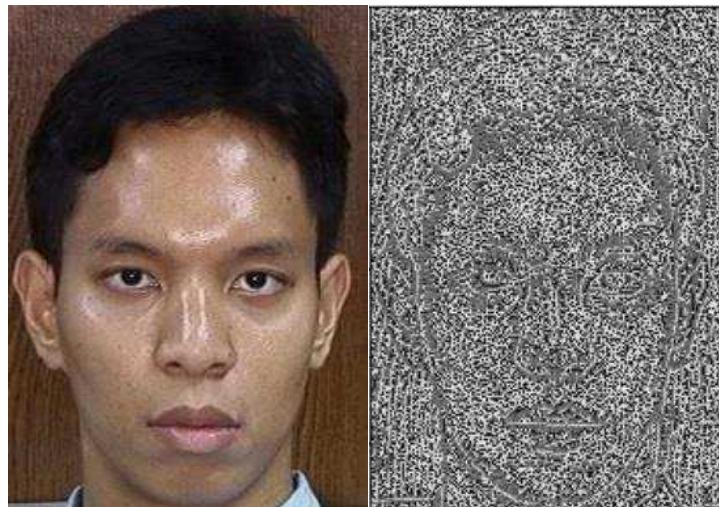


Рисунок 1 – Пример применения оператора ЛБШ к изображению лица

Вектор данных ЛБШ изображения формируется из его пикселей, соответственно размерность вектора данных ЛБШ изображения равна числу пикселей входного изображения.

Выделение частотных признаков

Для выделения частотных признаков на изображении использовалось двумерное преобразование Фурье [7]. Идея его применения состоит в том, что на изображении «живого» лица в большей степени выражены высокочастотные компоненты спектра, связанные с более резкими границами, нежели на изображении «неживого» лица. Примеры амплитудно-частотных спектров представлены на рисунке 2.

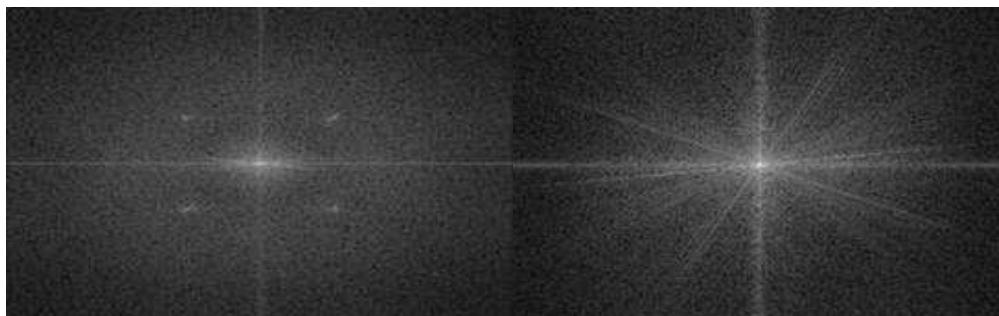


Рисунок 2 – Амплитудно-частотные спектры «неживого» (слева) и «живого» лица (справа)

На рисунке 3 представлен пример гистограммы получившегося амплитудно-частотного спектра входного изображения. По горизонтальной оси приведена интенсивность пикселей изображения, нормированная таким образом, чтобы значения интенсивностей находились в пределах [0;1]. По вертикальной оси отложено число пикселей, имеющих определенную интенсивность.

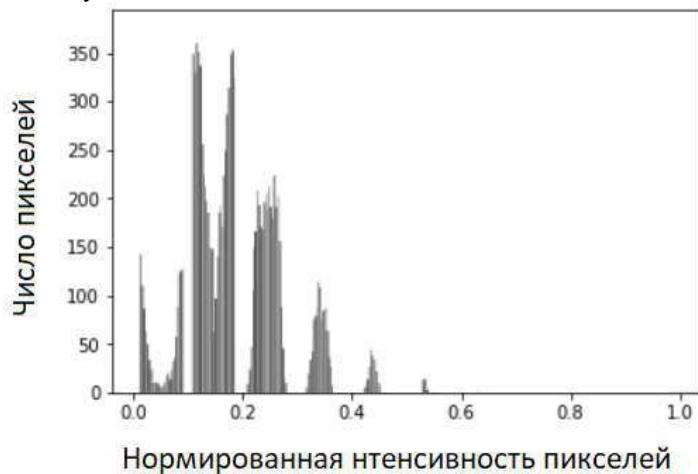


Рисунок 3 – Пример гистограммы Фурье-изображения («неживое»)

Из пикселей получившегося изображения также формируется вектор данных изображения, размерность которого равна числу пикселей входного изображения.

Формирование вектора признаков

Снижение размерности векторов данных, полученных на основе ЛБШ и двумерного преобразования Фурье, выполнялась с использованием метода главных компонент (МГК), обеспечивающего максимальное уменьшение объема данных с наименьшими потерями информации. В данной работе размерность M векторов данных снижалась таким образом, чтобы сумма собственных чисел, соответствующих t отобранным собственным векторам ковариационной матрицы векторов данных, составляла не менее 95 % от суммы всех собственных чисел:

$$\sum_{i=1}^t \lambda_i \geq 0,95 * \sum_{i=1}^M \lambda_i \quad (1)$$

Сформированные таким образом вектора признаков на основе ЛБШ и частотного спектра изображения были объединены в один вектор признаков. Таким образом, для каждого изображения был построен вектор признаков, размерностью 142 отсчета (61 – для текстурных признаков, 81 – для частотных).

Классификация изображений

В качестве классификатора изображений была использована искусственная нейронная сеть, архитектура которой была выбрана с учетом специфики решаемой задачи [8]. Количество входных узлов было выбрано исходя из размерности вектора признаков изображения (142 узла). Число слоев сети было выбрано равным трем (один скрытый слой). Число узлов в скрытом слое равно 10, и 1 узел в выходном слое. Этот узел содержит информацию о том, является ли объект «живым» или нет. В качестве функции активации была использована сигмоида. Коэффициент обучения был определен путем тренировки на тестовой выборке и составил 0,3. Нейронная сеть обучалась на тренировочной выборке в течении 5 эпох (экспериментально установленное значение для поставленной задачи). После тренировки нейронной сети, она была применена к тестовой выборке изображений.

Постановка эксперимента

В качестве базы данных для проведения обучения и тестирования разработанного алгоритма была использована Georgia Tech database [9]. База содержит 750 фронтальных изображений 50 человек. Каждый человек представлен серией из 15 изображений. При проведении съемки варьировались условия освещения, фоновые сцены, расстояние до фотографируемого. Для каждого изображения в базе хранится текстовый файл с координатами прямоугольника, содержащего лицо, и соответствующий фрагмент изображения.

Из этой базы данных была вручную отобрана выборка, состоящая из 50 изображений лиц людей. Выборка составлялась с учетом фронтальности положения лица человека. 25 изображений этой выборки были оставлены без изменений, а другие 25 изображений были распечатаны и повторно сфотографированы для создания базы «неживых» лиц.

Обучающая выборка составляла 30 изображений (15 «живых» и 15 «неживых»). Тестовая – из 20 (10 «живых» и 10 «неживых»).

Результаты и выводы

По итогам испытания алгоритма на тестовой выборке было получено одно неправильное распознавание «живого» лица (распозналось как «неживое»). Таким образом, точность распознавания составила 95 %. Полученный результат указывает на то, что данный подход имеет перспективы развития и нуждается в тестировании на более объемной базе данных.

Библиографический список

1. Kant C. A Novel Approach For Face Liveness Detection To Avoid Face Spoofing Attacks, 2016.
2. Н.М. Костылев, А.В. Горевой. Модуль обнаружения витальности лица по спектральным характеристикам отражения кожи человека. Москва, 2013.
3. H.-K. Jee, S.-U. Jung, J.-H. Yoo. Liveness Detection for Embedded Face Recognition System, 2008.
4. S. Kim, Y. Ban, S. Lee. Face Liveness Detection Using Defocus, 2015.
5. A. Anjos, S. Marcel. Counter-Measures to Photo Attacks in Face Recognition: a public database and a baseline, 2015.
6. Петрук В.И., Самородов А.В., Спиридовон И.Н. Применение локальных бинарных шаблонов к решению задачи распознавания лиц. Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2011. № 8. С. 58-63.
7. J. Li, Y. Wang, T. Tan, and A. Jain. Live Face Detection Based on the Analysis of Fourier Spectra. SPIE, Biometric Technology for Human Identification, 5404: 296-303, 2004.
8. Т. Рашид. Создаем нейронную сеть.: Пер. с англ. — СПб.: ООО “Альфа-книга”, 2017. — 272 с.: ил. Парал. тит. англ.
9. Face recognition databases: [Электронный ресурс]. URL: http://www.anefian.com/research/face_reco.htm. (Дата обращения: 08.04.2018).

ALGORITHM FOR FACE LIVENESS DETECTION ON 2D IMAGES

Samorodov A.V., Novokshonov A.A.

Bauman Moscow State Technical University, andrew-novokshonov@yandex.ru

In this paper we present the algorithm for face liveness detection using spectral and texture characteristics of input images. To create this algorithm, we use 2D-Fourier transform as a spectral features descriptor and a local binary patterns method to describe the differences in texture space. To reduce the dimensionality of the feature vectors we use principal component analysis. Then, to classify received feature vectors we use artificial neural network. This approach is based on the differences in image structure for 2D and 3D objects. Software implementation of the algorithm was made in Python. Preliminary research of the approach proposed demonstrates promising results.



АЛГОРИТМЫ СЕГМЕНТАЦИИ СЛОЕВ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ

Павлюченко И. В., Степанов А.В., Давыдов М. А., Кондратьева П. В., Нечаева Н. Н., Бойко А. А., Самородов А. В.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), ira.pavlyuchenko@mail.ru, step_on_my_step@mail.ru, davydov.michael.a@gmail.com, wqw121qwq212@yandex.ru, tasha.nechaeva@gmail.com, boiko_andrew@mail.ru, avsbmstu@yandex.ru

Оптическая когерентная томография (ОКТ) – оптический метод исследования, применяемый в медицине для визуализации тканей *in vivo* на микроскопическом уровне в поперечном срезе, обеспечивающий получение изображений с высоким разрешением. Для постановки верного диагноза зачастую решающее значение имеет точное определение толщин слоев сетчатки, а также размеров различных биомаркеров заболеваний. Поскольку ручная сегментация ОКТ-изображений субъективна и занимает много времени, первостепенной задачей на данном этапе развития ОКТ является разработка и усовершенствование алгоритмов автоматической сегментации слоев. За несколько десятилетий были разработаны алгоритмы сегментации ОКТ-изображений сетчатки глаза, которые в целом можно разделить на две группы: методы на основе фиксированной математической модели, методы на основе машинного обучения.

Важные шаги при создании алгоритмов сегментации ОКТ-изображений можно разделить на 4 этапа:

- 1) определение наборов данных ОКТ (например, 2D, 3D, Time Domain, Spectral Domain (SD), macular, Optic Nerve Head и т.д.), для которых предложенный алгоритм будет работать должным образом;
- 2) разработка алгоритма;
- 3) тестиирование алгоритма на определенных наборах данных для решения таких задач, как определение границ, оценка толщины слоев, классификация нормальных и аномальных изображений и т.д.;
- 4) проверка результатов по сравнению с эталонными значениями и получение подтверждения экспертом [1].

При рассмотрении автоматической сегментации стоит отметить алгоритм, предложенный Р. Кафих, способный обнаруживать 12 границ 11 (10+1 дополнительный между 6 и 7) слоев сетчатки. В данном алгоритме используется метод сегментации на основе диффузной карты. Этот метод, в отличие от предшествующих разработок, не требовал наличия чётких границ, а основывался на свойствах структуры изображения, в связи с чем продемонстрировал работоспособность в ситуации низкого контраста и низкой разницы градиентов между слоями. С помощью диффузной карты данные были сгруппированы в три секции, вторая из которых представляла интерес, а две другие были исключены из расчетов. На последующем шаге обработки с помощью другой диффузной карты во второй секции данных были локализованы внутренние слои на основе схожести структур. Предложенный метод был апробирован на 13 3D макулярных SD ОКТ-изображениях глаз без патологий с помощью системы визуализации Topcon 3D OCT-1000 в офтальмологическом отделении Госпиталь Фейз, Исфахан, Иран. Размеры полученных объемов составили $512 \times 650 \times 128$ вокселей, $7 \times 3.125 \times 3.125$ мм³. Размер вокселей $13.67 \times 4.81 \times 24.41$ мкм³. Общая ошибка позиционирования границы представленным алгоритмом составила 6.32 ± 2.34 мкм, а общая ошибка ручного сегментирования – 8.52 ± 3.61 мкм [2].

Еще один перспективный алгоритм сегментации внутренних слоев сетчатки сочетает в себе сверточные нейронные сети (англ. Convolutional Neural Network, CNN) и метод поиска графов (англ. Graph Search, GS) и называется CNN-GS. Алгоритм позволяет выделять 9 слоев сетчатки. В этом методе сначала обучающие ОКТ-изображения разбиваются на сегменты, затем используется сверточная нейронная сеть для автоматического извлечения репрезентативных объектов из сегментов, сосредоточенных на границах слоя сетчатки, и обучается соответствующий классификатор для определения границ девяти слоев. Классификатор CNN используется для создания меток классов и вероятностных карт для границ слоя. В завершение используются модифицированные вариации теории графов и метода динамического программирования (англ. Graph Theory and Dynamic Programming), в котором вместо использования градиентных весов ребер используются полученные карты вероятностей на основе CNN для определения конечных границ. Для подтверждения эффективности предложенного метода CNN-GS сегментации слоев сетчатки в экспериментах было использовано 117 трехмерных ОКТ-изображений от 39 участников 50 лет и старше, с не экссудативной возрастной макулярной дегенерацией. Трехмерные ОКТ-изображения SD-OCT были получены с помощью устройства Spectralis HRA + OCT (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany). Каждое трехмерное ОКТ-изображение содержало от 48 до 49 В-сканов (размером 496×1024 пикселей). Каждый В-скан был усреднен по 25 кадрам, которые были получены при практически одном положении глаза пациента для уменьшения шума. Каждый В-скан был полуавтоматически сегментирован программным обеспечением DOCTRAP (Duke University, Durham, NC, USA). Из набора данных были произвольно выбраны 171 В-сканов из 57 трехмерных ОКТ-изображений. Для тестиирования использовались оставшиеся 60 трехмерных изображений 20-ти глаз (2915 В-сканов). Набор данных обучения CNN был полностью отделен от набора данных, используемого для тестирования. Средняя разница составила 0,57 пикселя, среднее отклонение составило 0,7 пикселя для слоя [3].

Обучение нейронных сетей также возможно использовать для обнаружения макулярного отека на ОКТ-изображениях. Группой исследователей из США был протестирован такой алгоритм, основанный на CNN. Для исследования были взяты ОКТ-изображения макулы за период 2006-2016 гг. из базы данных изображений Вашингтонского университета в Отделении Офтальмологии, полученные с использованием ОКТ Heidelberg Spectralis. Изображения были подобраны таким образом, что 50 % из них были с внутримакулярной жидкостью. Для проверки работоспособности алгоритма была проведена сегментация макулярного отека вручную четырьмя экспертами, разметка одного из которых была принята за эталонную. Коэффициент Дайса для трех врачей составил 0,750, для нейронной сети 0,729. Статистически значимой разницы между врачами и нейронной сетью обнаружено не было ($p = 0.247$) [4]. В таблице 1 кратко приведены методы сегментации.

Таблица 1 - Рассмотренные методы сегментации

Метод сегментации	Диффузная карта	Нейронные сети и графы	Нейронные сети
Разработчики	Raheleh Kafieh, Hossein Rabbani, Michael D. Abramoff, Milan Sonkab	Leyuan Fang, David Cunefare, Chong Wang, Robyn H. Guymer, Shutao Li, Sina Farsiu	Cecilia S., Lee MD MS, Ariel J., Tyring MD, Nicolaas P. Deruyter BA, Yue Wu PhD, Ariel Rokem PhD, Aaron Y. Lee MD MSCI
ОКТ система сбора данных	SD OCT (Cirrus OCT Topcon 3D OCT-1000)	Spectralis HRA + OCT (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)	Spectralis HRA + OCT (Heidelberg Engineering, Heidelberg, Germany)
База данных	Офтальмологического	Университет Дьюка,	Отдел Офтальмологии,

	отделения Госпиталь Фейз, Исфахан, Иран	Северная Каролина, США	Вашингтонский университет, Сиэтл, Вашингтон, США
Решаемая задача	Выделение 12-ти поверхностей границ слоев сетчатки	Выделение 9-ти поверхностей границ слоев сетчатки	Обнаружение и сегментация макулярного отека

В целом можно заключить, что применение нейронных сетей улучшило результаты автоматического сегментирования сетчатки. Для тестирования алгоритмов исследователями используются данные, полученные на различных ОКТ, в том числе, имеющиеся в открытом доступе [4]. В открытом доступе находится также программная библиотека Cifar-CNN набора инструментов MATLAB MatConvNet (по адресу: <http://www.vlfeat.org/matconvnet/>) для обучения и тестирования модели CNN [5]. Расчет вероятности ошибки работы алгоритмов традиционно проводится посредством сравнения полученных данных автоматическим путем с данными, определенными вручную экспертами-офтальмологами.

Библиографический список

1. Kafieh R. Review of Algorithms for Segmentation of Optical Coherence Tomography from Retina / R. Kafieh, H. Rabbani, S. Kermani // J Med Signals Sens. – 2013. – №3. – С. 45-60
2. Kafieh R. Intra-retinal layer segmentation of 3D optical coherence tomography using coarse grained diffusion map / R. Kafieh, H. Rabbani, M.D. Abramoff, M. Sonkab // Med Image Anal. – 2016. – №17. – С. 907-928
3. Fang L. Automatic segmentation of nine retinal layer boundaries in OCT images of non-exudative AMD patients using deep learning and graph search / L. Fang, D. Cunefare, C. Wang, R.H. Guymer, S. Li, S. Farsiu // Biomed Opt Express. – 2017. – №8. – С. 2732-2744
4. Available Datasets Режим доступа <https://sites.google.com/site/hosseinrabbanihorasgani/datasets-1> (дата обращения 23.04.2018), свободный. Загл. с экрана. Яз. англ.
5. Lee C.S. Deep-Learning Based, Automated Segmentation of Macular Edema in Optical Coherence Tomography / C.S. Lee, A.J. Tyring, N.P. Deruyter, Y. Wu, A. Rokem, A.Y. Lee // Biomedical Optics Express. – 2017. – №8. – С. 3440-3448

RETINAL LAYERS SEGMENTATION ALGORITHMS ON IMAGES OBTAINED BY OPTICAL COHERENCE TOMOGRAPHY

Pavlyuchenko I.V., Stepanov A.V., Davydov M.A., Kondratyeva P.V., Nechaeva N.N., Boyko A.A., Samorodov A.V. Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), ira.pavlyuchenko@mail.ru, step_on_my_step@mail.ru, davydov.michael.a@gmail.com, wqw121qwq212@yandex.ru, tasha.nechaeva@gmail.com, boiko_andrew@mail.ru, avsbmstu@yandex.ru

Optical coherence tomography (OCT) is an innovative optical research method used in medicine for imaging tissues *in vivo* at a microscopic level in a transverse section, providing high resolution images. Brief review of OCT image segmentation algorithms is given, with particular emphasis on two algorithms. The first considered algorithm, developed by R. Kafieh in 2012, uses the diffusion map as the main segmentation method and allows the identification of 12 layers of the retina and surrounding structures. Approbation of the method on Topcon 3D OCT-1000 showed an error of $6.32 \pm 2.34 \mu\text{m}$. The second CNN-GS algorithm based on machine learning, combining convolutional neural networks and the graph search method, allows the identification of 9 layers. When testing on OCT images obtained with Spectralis HRA + OCT, the error was about 1 pixel when compared with manual segmentation by ophthalmologists.



ФОРМИРОВАНИЕ АННОТИРОВАННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ ЛИЦА БОЛЬНЫХ РАССТРОЙСТВАМИ ШИЗОФРЕНИЧЕСКОГО СПЕКТРА

Пилипенко М. Н.¹, Латышева Е. Ю.¹, Бойко А. А.¹, Самородов А. В.¹, Омельченко М. А², Румянцев А. О.²

¹ФГБОУ ВО МГТУ им. Н.Э. Баумана

²ФГБНУ Научный центр психического здоровья (НЦПЗ)

mash_id@hotmail.com, kat9.lt@gmail.com, boiko_andrew@mail.ru, avs@bmstu.ru, omelchenko-ma@yandex.ru, rum.a.o@mail.ru

Введение

Заболевания шизофренического спектра характеризуются рядом позитивных, негативных и когнитивных симптомов, некоторые из которых являются патогномоничными именно для этих нозологий и

могут служить маркерами ранней диагностики шизофренического процесса. Это приводит к возможности проведения мероприятий по первичной профилактике, что позволяет надеяться на изменение дальнейшего течения заболевания, предупреждение манифестации психоза и уменьшение степени прогредиентности. Таким образом, актуальной задачей становится разработка алгоритмов выявления специфичных для шизофренического процесса негативных изменений, которые возникают уже на начальных этапах заболевания и находят, в частности, отражение в различных аномалиях лицевой экспрессии. Разработка автоматизированных средств анализа мимики позволит проводить скрининговые исследования пациентов с возможным выявлением групп риска по манифестации шизофрении.

В недавних работах, посвященных анализу изображений лиц с целью исследования мимики (выражения эмоций) больных шизофренией, выявлены специфические особенности и сделаны выводы о возможности применения автоматизированного подхода к оценке мимических движений для слежения за прогрессированием заболевания и эффективностью лечения [1, 2, 3]. Однако большинство исследований направлено на выявление различий между группой здоровых и больных.

Результатом проведенных довольно многочисленных исследований в Канаде, Индии, европейских странах, Иране стало обнаружение специфических аномалий мимики лиц при шизофрении, причем интерес к таким исследованиям заметно вырос, особенно в течение последних 5 лет. В России такие исследования пока очень малочисленны.

Среди специфических аномалий у больных шизофренией отмечают низкую частоту проявления положительных эмоций при определенных стимулах, кроме того, выявлены типичные движения [4, 5].

Целями данной работы являются:

- разработка базы видеоизображений пациентов, больных расстройствами шизофренического спектра, а также здоровых людей;
- аннотация видеоизображений, описывающая мимические проявления;
- исследование возможности применения аннотации для проведения статистических исследований для решения задач диагностики шизофрении у лиц с высоким уровнем риска появления заболевания, прогнозирования течения заболевания и оценки эффективности лечения.

Материалы и методы

Стимульный материал для исследования лицевой мимики представлял собой следующий набор: текст, два демонстрационных видеоролика, содержание которых связано с продуцированием эмоций грусти или печали и радости, продолжительностью около 5 минут, а также вопросы по теме видеороликов.

Респонденты были записаны на видеокамеру в двух временных точках: первая точка – при поступлении, вторая – при выписке. Респондентам предлагалось оценить свое эмоциональное состояние после просмотра каждого из роликов, выбрать испытанную эмоцию (или эмоции) из списка (или указав свою) и оценить ее градацию в диапазоне от 1 до 10.

В НЦПЗ были проведены стандартные процедуры по оценке психического состояния по различным шкалам: шкала оценки позитивных и негативных синдромов (The Positive and Negative Syndrome Scale, PANSS); шкала оценки побочного действия (Udvald for Kliniske Undersogelser Side-Effect Rating Scale, UKU); шкала для оценки депрессии Гамильтона (The Hamilton Rating Scale for Depression, HDRS); шкала оценки проромальных симптомов (The Scale of Prodromal Symptoms, SOPS).

Процесс сбора данных группы нормы отличался от процесса сбора группы больных. Перед началом демонстрации видеороликов респондент заполнял опросник на тревожность (личностную тревожность). Затем осуществлялась демонстрация роликов и оценка градации испытанных эмоций после каждого ролика. После показа стимульного материала заполнялся опросник Торонтской шкалы алекситимии (TAS) и опросник гелотофобии, гелотофилии и катагеластиизма (PhoPhiKat).

Во время демонстрации видеороликов осуществлялась видеорегистрация лица респондента. Для регистрации была использована web-камера Logitech C922 Pro Stream. Регистрация осуществлялась с разрешением Full-HD с частотой 30 кадров/с. Камера была установлена на крышке ноутбука, на котором осуществлялся показ видеоролика, таким образом лицо пациента находилось напротив камеры на расстоянии от 30 до 90 см.

Условия регистрации были сформированы с учетом ограничений стационара. Респондент находился в сидячем положении напротив окна. Освещение верхнее, рассеянное. Лицо респондента было освещено равномерно, с незначительными тенями.

Респонденты

Для проведения исследований в рамках обозначенных задач на базе НЦПЗ была проведена регистрация видеоизображений больных расстройствами шизофренического спектра, которые дали информированное согласие.

На основе диагностических показаний в НЦПЗ были сформированы две группы респондентов:

- 13 респондентов (в возрасте от 17 до 25 лет, средний возраст 20 лет), больных шизофренией с первым психотическим приступом, длительность заболевания составила от 1 до 24 месяцев (средняя продолжительность заболевания 9 месяцев) с нормальным или скорректированным зрением (критерии исключения: тяжелые соматические и неврологические заболевания, нарушения слуха, алкогольная и

наркотическая зависимость в анамнезе, выраженные негативные изменения личности);

– 30 респондентов (в возрасте от 16 до 25 лет, средний возраст 20 лет), с непсихотическими психическими заболеваниями (диагностические критерии по МКБ-10: F32.1, F31.2, F32.2, F34.0, F60., F21.), относящиеся к группе высокого риска манифестации психоза по критерию наличия аттенуированных психотических симптомов в структуре ведущего психопатологического синдрома, с общей длительностью заболевания от 3 до 96 месяцев (средняя продолжительность 33 месяца) (критерии исключения, помимо вышеуказанных, наличие психотического приступа в анамнезе).

Группа нормы записана в МГТУ им. Н.Э. Баумана и включает 20 человек в возрасте от 20 до 25 лет: 6 респондентов женского пола и 14 – мужского.

Результаты

Первичная обработка данных видеоизображений осуществлена вручную для двух интервалов: просмотр видеоролика № 1 и просмотр видеоролика № 2.

Для стандартизации собранной базы данных видеоизображения аннотированы согласно системе кодирования лицевых движений (СКЛиД) [6]. СКЛиД включает двигательные единицы (ДЕ), каждая из которых описывает движение мышцы лица, и двигательные дескрипторы (ДД), описывающие движения группы мышц. В ходе аннотации выявлены двигательные акты (ДА), не вошедшие в СКЛиД (зевание, глотание, трепет, слезы). В аннотации также отмечена асимметрия проявления ДЕ, ДД или ДА.

Аннотация для каждого видеоизображения представляет собой список двигательных единиц, которые появляются на видеоизображении, и номера кадров начала и конца появления ДЕ или ДА. Пример аннотации и кадра видеоизображения представлен на рисунке (Рисунок 1). В аннотации также отмечены начало и конец выделенных интервалов. Название файла аннотации включает закодированную информацию о номере респондента, точке регистрации (1 или 2), номере группы (0 – пациенты с высоким риском развития шизофрении, 1 – пациенты с диагнозом шизофрении, 2 – норма) и дате регистрации.

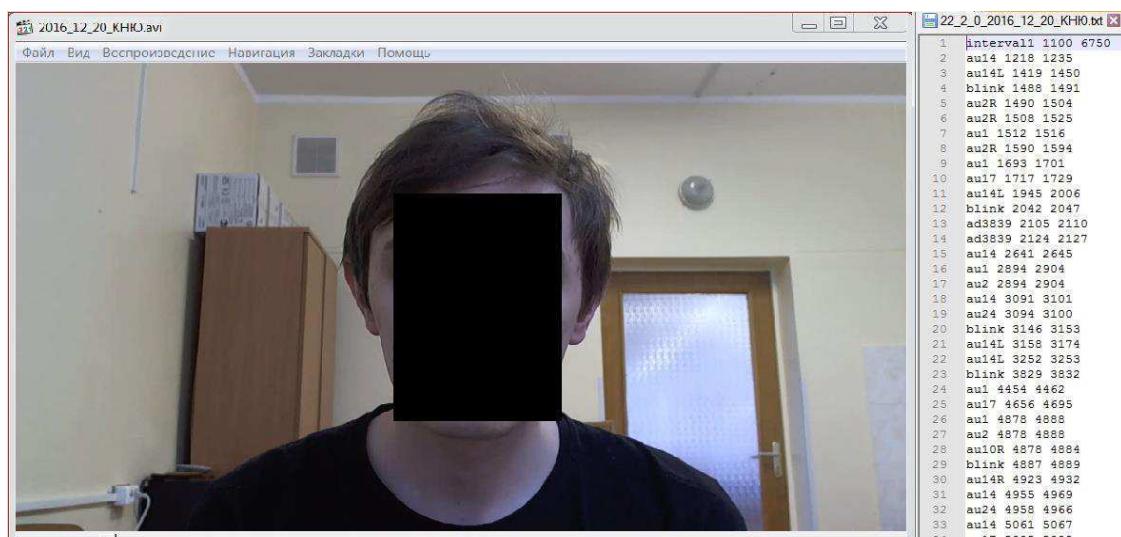


Рисунок 1 – Пример изображения лица респондента и аннотации

Аннотация выполнена двумя людьми, один разметчик выполнял аннотацию только на одной временной точке респондента, второй, соответственно, на другой временной точке, причем выбор точки аннотации был случайным. Для оценки правильности аннотации двумя разметчиками была проверена гипотеза о гомогенности данных для каждой двигательной единицы. В качестве количественной оценки были сформированы интуитивно понятные признаки:

– частота появления ДЕ η , равная отношению числа двигательных единиц за интервал анализа к длительности интервала;

– процент ДЕ π , равный отношению длительности всех проявлений двигательной единицы к длительности интервала.

Распределения каждого из признаков для различных ДЕ были проверены на нормальность распределения. Выявлено, что распределения не являются нормальными. Для дальнейшего использования данных признаков важно, чтобы они не имели двух мод, характеризующих индивидуальность аннотации каждого из разметчиков. С помощью критерия Колмогорова-Смирнова была проверена гипотеза о принадлежности распределений каждого из признаков для различных ДЕ одного разметчика и второго разметчика к одному распределению с уровнем значимости 5 %. Анализ показал отсутствие отличий между

распределениями признаков для выборок двух разметчиков для следующих ДЕ, представленных в таблице (Таблица 1) с меткой «+», метка «Н/Д» говорит об отсутствии данных для проверки данного критерия (данные ДЕ не встретились по ходу аннотации). В таблице также указаны проявления асимметричных двигательных единиц с метками «R» и «L» для правой и левой асимметрии, соответственно.

Таблица 1 – Анализируемые двигательные единицы

Двигательная Единица	η	π	ηR	πR	ηL	πL
Двигательные единицы верхней части лица						
ДЕ01	+	+	+	+	+	+
ДЕ02	+	+	+	+	+	+
ДЕ04	+	+	+	+	+	+
ДЕ05	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
ДЕ06	+	+	+	+	+	+
ДЕ07	+	+	+	+	+	+
Двигательные единицы средней части лица						
ДЕ09	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
ДЕ10	+	+	+	+	+	+
Двигательные единицы нижней части						
ДЕ11	+	+	+	+	+	+
ДЕ12	+	+	+	+	+	+
ДЕ13	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
ДЕ14	+	+	+	+	+	+
ДЕ15	+	+	+	+	+	+
ДЕ16	+	+	+	+	+	+
ДЕ17	+	+	+	+	+	+
ДЕ18	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
ДЕ20	+	+	Н/Д	Н/Д	+	+
ДЕ24	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
ДЕ25	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
ДЕ26	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
ДЕ28	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д
ДЕ35	+	+	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Н/Д

Выводы

Оценка результатов подтверждает возможность решения следующих задач на основе собранной базы видеозображений:

- исследование отличий между группой больных расстройствами шизофренического спектра и здоровых;
- исследование отличий между группами больных с первым приступом шизофрении и больных с высоким риском манифестации психоза;
- исследование динамики мимических проявлений в начале и в конце лечения;
- выявление взаимосвязей между результатами психологического шкалирования и выраженностью психопатологических расстройств мимики;
- разработка автоматизированного подхода к оценке мимических движений для исследования изменений в различных временных точках течения психического заболевания.

Библиографический список

1. Benson P. J. et al. Simple viewing tests can detect eye movement abnormalities that distinguish schizophrenia cases from controls with exceptional accuracy //Biological psychiatry. – 2012. – Т. 72. – №. 9. – С. 716-724.
2. Hamm J. et al. Dimensional information-theoretic measurement of facial emotion expressions in schizophrenia //Schizophrenia research and treatment. – 2014. – Т. 2014.
3. Tron T. et al. Automated facial expressions analysis in schizophrenia: A continuous dynamic approach //International Symposium on Pervasive Computing Paradigms for Mental Health. – Springer International Publishing, 2015. – С. 72-81.
4. Tron T. et al. Facial expressions and flat affect in schizophrenia, Automatic analysis from depth camera data //Biomedical and Health Informatics (BHI), 2016 IEEE-EMBS International Conference on. – IEEE, 2016. – С. 220-223.
5. Dudek A. et al. Analysis of facial expressions in patients with schizophrenia, in comparison with a healthy control-case study //Psychiatria Danubina. – 2017. – Т. 29. – №. Suppl 3. – С. 584.

6. Ekman P., Friesen W. V. Facial action coding system. – 1977.

FORMING THE ANNOTATED DATABASE OF VIDEO IMAGES FOR WITH FACIAL MOTOR ACTIVITY OF PATIENTS WITH SCHIZOPHRENIA SPECTRUM DISORDERS

Pilipenko M.N.¹, Latysheva E.Yu.¹, Boiko A.A.¹, Samorodov A.V.¹, Omel'chenko M.A.², Rumyantsev A.O.²

¹Bauman Moscow State Technical University

²Mental Health Research Center

mash_id@hotmail.com, kat9.lt@gmail.com, boiko_andrew@mail.ru, avs@bmstu.ru
omelchenko-ma@yandex.ru, rum.a.o@mail.ru

This paper is devoted for development criteria for estimation face activity of patients with different mental diseases. Schizophrenia is characterized by negative symptoms are manifested in behavior, especially in facial expressions. Actual problems today are predicting disease course, evaluation of the effectiveness of treatment, and diagnosis of schizophrenia in preclinical stage of the disease. Development of the automated system of analysis will allow us to study flat affect – one of the negative symptoms of schizophrenia.

The first step to analyze flat affect was development of procedure of collection face's image and collection of database, manual annotation and analysis of quality of annotation. Using Kolmogorov-Smirnov test we verified that there are no differences in annotation of two annotators with the 5% significance level.

Our first estimation confirms the possibility of solving different tasks with this database and its annotation.



ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКИХ СВОЙСТВ БУККАЛЬНОГО ЭПИТЕЛИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА

Румянцева А. А., Волков А. К.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
raa@bmstu.ru, aky3011@yandex.ru

Еще с конца XIX века существует стойкая тенденция увеличения продолжительности жизни. Особенно ярко это проявляется в развитых странах Европы, США, Японии и Китае. Большой вклад в это вносит развитие медицинской диагностики. Потому как, только зная верный диагноз можно оказать своевременную медицинскую помощь.

В последние годы актуальной задачей является диагностика функционального состояния организма человека, касающейся многих сфер его жизни и деятельности. В психологии труда, спорта, военной и космической психологии возможность знать, в каком состоянии находится человек, необходимо по следующим причинам. Во-первых, чтобы оценить уровень его активности и его самочувствие. Во-вторых, чтобы прогнозировать уровень его работоспособности.

Функциональное состояние организма человека определяется наличием резервов его основных физиологических систем. В процессе жизнедеятельности человек не работает на пределе своих возможностей. Увеличение резервных возможностей организма основано на согласованности в интересах целостного организма реакции отдельных органов и систем. В свою очередь, резервные возможности и степень их компенсированности зависят от состояния механизмов регуляции, их совершенства, что имеет значение не только в процессе адаптации в бытовых и производственных условиях, но и в случае болезни.

Выявление диапазона физиологических резервов организма человека осуществляется применением общепринятых, интенсивных, строго дозированных физических или умственных нагрузок, то есть функционально-нагрузочных проб.

Функциональное состояние человека - характеристика состояния человека с точки зрения эффективности выполняемой им деятельности и задействованных в ее реализации систем по критериям надежности и внутренней оценки деятельности. В физиологии функциональное состояние человека рассматривается как состояние органов или отдельных систем, таких как: сердечно-сосудистой, дыхательной и нервной. Доля заболеваний этих систем на период 2015-2017 гг. составила: сердечно-сосудистая система - 14,3%, дыхательная система - 41,7%, нервная система – 8,1% (рис. 1). Как видно, наибольшее влияние на функциональное состояние человека оказывает дыхательная система. И с каждым годом количество случаев заболеваний органов дыхания увеличивается на 5-7% процентов. Поэтому в данной работе оценка функционального состояния человека будет основываться на оценке дыхательной системы [1].

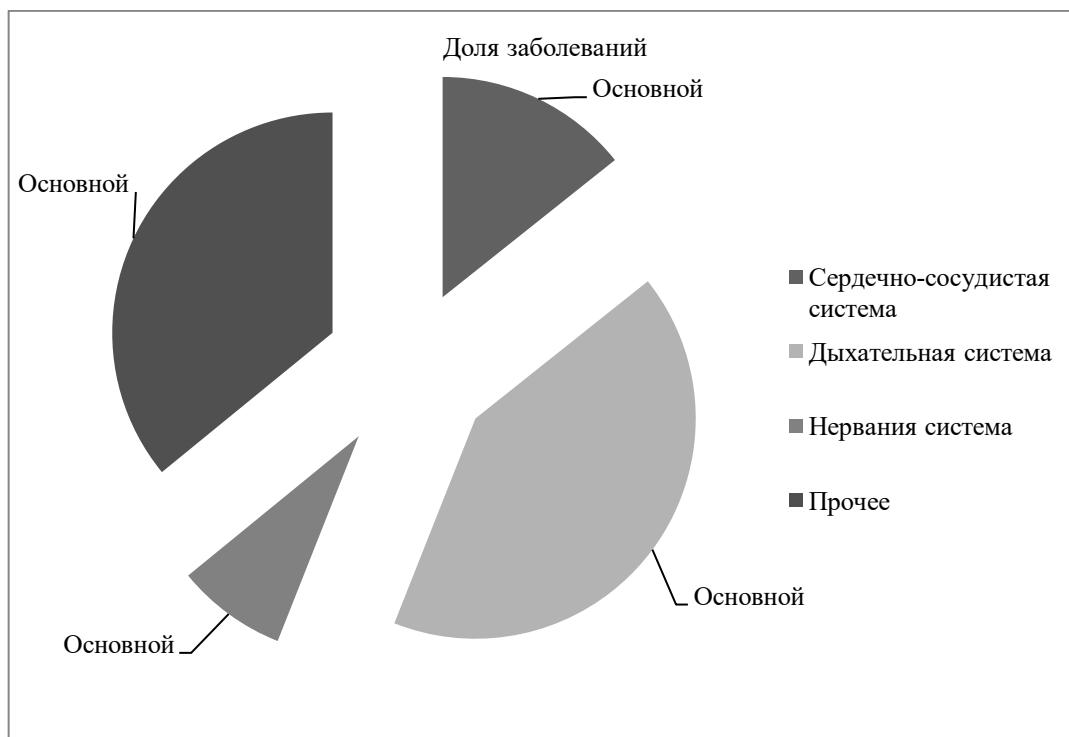


Рисунок 1 – Доля заболеваний систем организма, влияющих на функциональное состояние организма [1]

Главной причиной заболевания органов дыхательной системы являются патогенные микроорганизмы. Второй по важности причиной являются внешние аллергены. Негативно влияют на состояние органов дыхания курение, алкоголь, экологическая обстановка, патологии, приводящие к сбоям иммунной системы, «вредные» профессиональные факторы, которые подразделяются на три основные группы:

- острые профессиональные отравления: к этой группе относятся острые отравления химическими соединениями, симптомы которых проявляются в течении нескольких часов с момента контакта с ними;
- профессиональные аллергические заболевания верхних дыхательных путей: эта группа заболеваний обусловлена воздействием на органы дыхания промышленных аэрозолей, имеют накопительный характер и проявляются спустя некоторое время;
- заболевания, вызванные воздействием излучений: в этой группе находятся заболевания как от ионизирующих излучений, так и от неионизирующих; имеют накопительный характер, могут не проявляться годами [2].

Наибольшую опасность представляют те заболевания, которые не проявляют себя долгое время без специальной диагностики, и при этом их патогенное воздействие возрастает.

В настоящее время диагностика заболеваний дыхательной системы основывается на таких исследованиях, как:

- аускультация;
- рентгеноскопические исследования: рентгеноскопия, рентгенография, флюорография, компьютерная томография, бронхография;
- эндоскопические исследования: бронхоскопия, торакоскопия;
- ультразвуковые методы диагностики;
- исследование функций внешнего дыхания;
- лабораторные методы исследования крови, мокроты [2].

Многие заболевания дыхательной системы протекают бессимптомно, и бывает сложно оценить уровень состояния болезни. Поэтому вопрос количественной оценки состояния заболевания приобретает особое значение.

Патологические изменения организма начинаются на клеточном уровне.

Известно, что буккальный эпителий, выстилающий слизистую оболочку полости рта и имеющий вид тонких пластин полигональной или овальной формы, (рис. 2) принимает участие в иммунном ответе и межклеточных взаимодействиях, секретируя ряд сигнальных молекул – цитокинов, хемокинов, ростовых и гемопоэтических факторов, эйказаноидов, оксида азота, эндотелинов, пептидных медиаторов, молекул главного комплекса гистосовместимости. Установлено, что апоптоз и изменения ядерной структуры

буккального эпителия коррелирует с аналогичными показателями в эпителиальных клетках бронхов у детей, страдающих бронхиальной астмой. Было проведено исследование, показывающее, что увеличение числа клеток буккального эпителия, содержащих микроядра, возрастает у детей, проживающих в районах с высоким содержанием токсикантов в воздухе и почве. Установлено, что буккальный эпителий многообещающий объект для дифференциальной диагностики и прогнозирования развития гиперпластических процессов, малигнизации и метастазирования опухолей различной локализации. Так же буккальный эпителий успешно применяется в диагностике патологических состояний, связанных с неблагоприятным влиянием окружающей среды [3].

В последние годы возрос интерес к «нетрадиционным» функциям эпителия слизистых оболочек. Размеры клеток буккального эпителия от 48 до 142 мкм, площадь клеток от 2000 до 7500 мкм², а размеры ядер клеток буккального эпителия от 8 до 15 мкм, площадь от 28 до 90 мкм² [4]. Интерес связан с тем, что буккальный эпителий обладает чувствительностью к внешним и внутренним воздействиям, подвергается функциональным изменениям при нарушениях локального и системного гомеостаза, участвует в стабилизации воспалительных процессов, которые занимают центральное место в патологии респираторного тракта.

Известно, что большинство микробных клеток животного происхождения на своей поверхности несут определенный заряд. Этот заряд определяет электрокинетические свойства клеток, то есть скорость их передвижения в электрическом поле, которая определяется методом микроэлектрофореза. Обычно поверхность живых клеток имеет отрицательный заряд, величина которого зависит от количества адсорбированных на их поверхности молекул или ионов. Адсорбция ионов в свою очередь зависит от структуры поверхности коллоидов и клеток. Электрофоретическая подвижность клеток обусловлена наличием диссоциированных ионогенных групп на клеточной поверхности, степень диссоциации которых зависит от pH среды. При изменении pH окружающей среды будет изменяться степень диссоциации этих групп, а, следовательно, и величина электрофоретической подвижности.

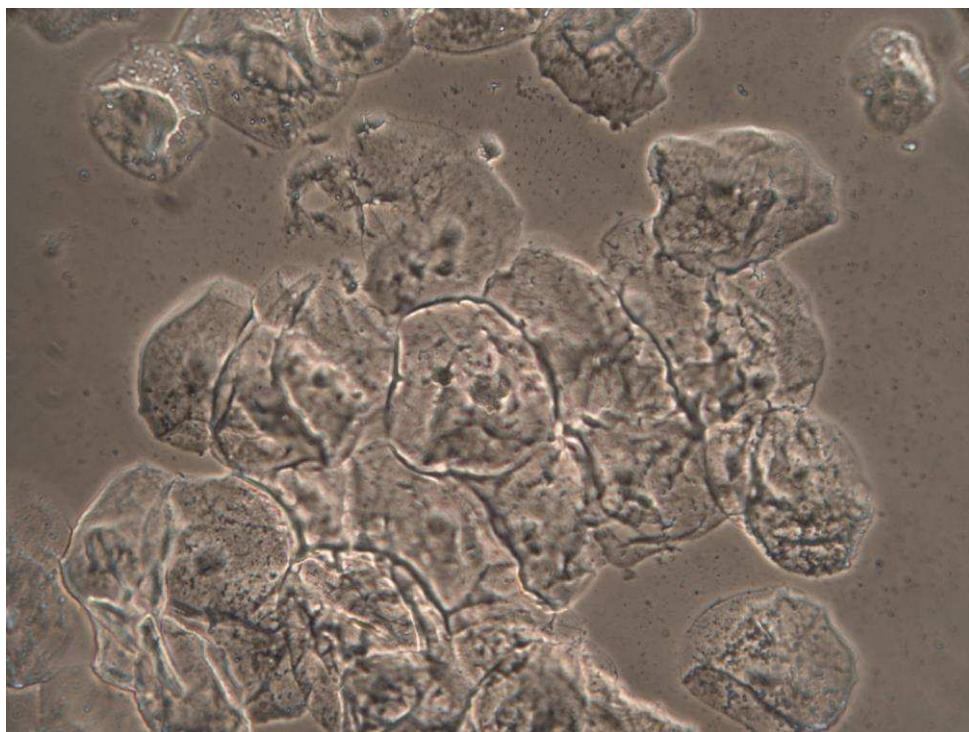


Рисунок 2 – Пласт клеток буккального эпителия. X400

Поверхностный заряд клеток способствует стабильности клеточных суспензий, которая в свою очередь зависит от ионного состава среды. В связи с тем, что электрофоретическая подвижность зависит от pH среды, имеется возможность изучения изменения подвижности в широком диапазоне pH исследовать морфологические и биохимические свойства поверхности клеток [5].

Исследования Харьковского национального университета им. В.Н. Каразина установили связь электрокинетических свойств ядер клеток с генотипом, возрастом, влиянием температуры, содержанием в ядре РНК, ДНК и кислых белков, транскрипционной активностью ядерного генома [6].

Исследованиями В.Г. Шахбазова выяснены характеристики электрокинетического потенциала клеточных ядер буккального эпителия с использованием внутриклеточного микроэлектрофореза. При этом оценивался заряд ядра – показатель электроотрицательности ядер живой неповрежденной клетки [6].

Обнаружено, что биоэлектрические свойства ядер являются чувствительным индикатором состояния клеток. Электрический заряд ядер снижается под действием ингибиторов биосинтетических процессов, а также под влиянием внешних повреждающих факторов – гипо и гипертермии, ультрафиолетового света, гамма - радиации. Установлено, что букальный эпителий в норме не отличается от других видов эпителиальных тканей по показателям электроотрицательности ядер [6].

Букальный эпителий является «границей» между внутренней и внешней средой организма, а забор такого материала является неинвазивной процедурой. Соскоб берут с внутренней поверхности щеки деревянным или пластиковым шпателем, помещают на предметное стекло, добавляют физиологический раствор – препарат для исследования готов. Из этого следует, что диагностические методики, основанные на исследовании букального эпителия, являются безболезненными для пациентов и не имеют каких-либо побочных действий [7, 8].

Исследования больных хроническим гипертрофическим фарингитом показали, что электроотрицательность ядер снижается. А применение методов лечения нормализируют этот показатель. Что доказывает необходимость в разработке метода диагностики, основанного на оценке электроинергетических свойств букального эпителия [9].

Как было описано выше, большой риск возникновения заболеваний органов дыхательной системы исходит от профессиональных факторов, то есть представителям таких профессий как шахтеры, сталевары, пожарные, производственные рабочие, медицинские работники и проч., необходимо регулярно проверять свое здоровье. Но существующие методы диагностики трудоемки, занимают продолжительное время, могут оказывать «вредные» побочные действия. В современной медицине врач-терапевт уступил место врачу общей практики, квалификация которого дает ему право консультировать пациентов в любой области медицины, привлекая узких специалистов лишь в исключительных случаях. Поэтому разработка методики диагностики заболеваний органов дыхательной системы, требующей минимальных временных затрат и позволяющей проводить ее врачу общей практики на первичном приеме, является важной задачей.

Библиографический список

1. Агеева Л.И., Александрова Г.А., Зайченко Н.М. Здравоохранение в России // Стат. об/Росстат. – М., 2017. – 170 с.
2. Маколкин В.И., Овчаренко С.И., Сулимов В.А. Внутренние болезни // учебник. – 6 изд.: - ГЭОТАР-Медиа, 2013. – 768.
3. Пальцев М.А., Кветной И.М., Полякова В.О. Сигнальные молекулы в букальном эпителии: оптимизация диагностики социально значимых заболеваний // Журнал Молекулярная медицина. – 2012. №4.
4. Быкова И.А., Агаджанян А.А., Банченко Г.В. Цитологическая характеристика отпечатков слизистой оболочки полости рта с применением индекса дифференцировки клеток // Журнал Лабораторное дело. 1987. - №1.
5. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия // учебник. – М. Высшая школа, 2001. – 527 с.
6. Шахbazov В.Г., Шкорбатов Ю.Г. Способ исследования функционального состояния человека [Электронный ресурс], - <http://ru-patent.info/20/05-09/2009494.html> - патент.
7. Хусаинова И.С., Варулева И.Ю., Кожина Н.А. Оценка цитологических показателей букального эпителия для диагностики функционального состояния человека // Клин. лабораторн. диагностика. – 1997; 3: 10–2.
8. Маянский А.Н., Заславская М.И., Салина Е.В., Феномен избирательного ослабления колонизационной (адгезивной) резистентности в системе «*Candida albicans* — букальные эпителиоциты» // Журнал микробиологии. – 2002. № 4.
9. Журавлев А.С., Калашник Ю.М., Колупаева Т.В. Состояние глоточного эпителия у больных хроническим гипертрофическим фарингитом на фоне гастроэзофагеальной рефлюксной болезни // Журнал ушных, носовых и горловых болезней. – 2009. - №3.

STUDY OF ELECTROKINETIC PROPERTIES OF BUCCAL EPITHELIUM FOR EVALUATION OF HUMAN FUNCTIONAL STATE

Rumyantseva A.A., Volkov A.K.
Bauman Moscow State Technical University
raa@bmstu.ru, aky3011@yandex.ru

The report is devoted to the review of existing diseases of respiratory system and methods of their diagnostics. The method of estimation of the functional state of the person is presented. This method makes it possible to assess the state of the respiratory system by examining the electrokinetic properties of buccal epithelium. It was shown that the electronegativity of buccal epithelium nuclei in healthy patients differs from that in patients with respiratory diseases.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО – АЛГОРИТМИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И АЛГОРИТМА СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА БИОМЕТРИЧЕСКОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ БЛИЗНЕЦОВ ПО ПАПИЛЛЯРНЫМ УЗОРАМ ПАЛЬЦЕВ РУК И ДНК

Савченко А.Г. Апоплонова И.А., Полищук А.А.

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, e-mail:
aleksandr.savchenko.95@bk.ru, apollonova-i@yandex.ru, gotikgit@mail.ru

Методы решения задач. Для установления количества выделенной ДНК использован прибор «7500 Real Time Sequence Detection System». Обработка полученных данных проведена с помощью программы «7500 Real-Time PCR System Sequence Detection software Version 1.2.3». Для исследования локусов применена полимеразная цепная реакция, с использование наборов реагентов «AmpFISTR Identifiler Plus» и «AmpFISTR Y-filer», с помощью прибора «GeneAmp PCR system 9700». Разделение и детекция флуоресцентно меченых амплифицированных фрагментов проведена с использованием прибора капиллярного электрофореза 3130 Genetic Analyzer, в среде полимера POP4. Определение длины амплифицированных фрагментов и установление номеров аллелей проведено с помощью программного комплекса GeneMapper ID v 3.2.1. Получение отпечатков пальцев красковым способом (с помощью откатки). Для создания программы использованы возможности Matlab, Microsoft Visual Studio и библиотеки OpenCV.

Актуальность развития биометрических технологий идентификации личности обусловлена увеличением числа объектов и потоков информации, которые необходимо защищать от несанкционированного доступа, а именно: криминалистика; системы контроля доступа; системы идентификации личности; системы электронной коммерции; информационная безопасность (доступ в сеть, вход на ПК); учет рабочего времени и регистрация посетителей; системы голосования; проведение электронных платежей; аутентификация на Web-ресурсах; различные социальные проекты, где требуется идентификация людей; проекты гражданской идентификации (пересечение государственных границ, выдача виз на посещение страны) и т.д. В связи с этим в данной работе рассматривается создание алгоритма, который позволит беспрепятственно идентифицировать человека по папиллярным узорам пальцев рук. Предлагаемая работа включает ряд процедур: взятие слюны для проведения ДНК- анализа и получения фореграмм, снятие отпечатков пальцев для создания дактилоскопических карт у десяти пар близнецов (пяти пар одногенетических (гомозиготных) и пяти пар разногенетических (гетерозиготных)), описание некоторых методов биометрической идентификации личности, разработку программно-алгоритмического комплекса для идентификации одногенетических и разногенетических близнецов.

Используемые программные средства. Для разработки программного комплекса было решено использовать среду программирования Visual Studio на базе платформы .Net. Наиболее популярным универсальным интегрированным средством разработки программ является продукт корпорации Microsoft – Visual Studio, который является наиболее распространенной средой разработки .NET-приложений. Visual Studio предоставляет не только все необходимые удобства для работы с программами, но и помогает правильно организовать их. Она оказывается более эффективной при работе над крупными проектами, хотя может быть использована и для разработки небольших программ.

Язык C# имеет особую связь со средой выполнения .NET Framework. Наличие такой взаимосвязи объясняется двумя причинами. Во-первых, C# первоначально предназначался для создания кода, который должен выполняться в среде .NET Framework. И во-вторых, используемые в C# библиотеки определены в среде .NET Framework.

Назначение .NET Framework — служить средой для поддержки разработки и выполнения сильно распределенных компонентных приложений. Она обеспечивает совместное использование разных языков программирования, а также безопасность и переносимость программ [1-3].

Процесс разработки алгоритма распознавания отпечатка пальца

Объектом исследования в данной области является полученное со сканера изображение отпечатка пальца, которое представляет собой папиллярный узор на поверхности пальцев. Уникальность каждого отпечатка пальца можно определить именно по узору, который образуют следующие элементы:

1. Гребень – линия отпечатка пальца возвышается, образуя гребень;
2. Бороздка – желоб между гребнями;
3. Конечная точка – точка, где заканчивается линия гребня;
4. Точка ветвления – точка расхождения линий гребня;
5. Центр – точка наибольшей кривизны гребня.

Следует отметить, что качество получаемого от сканера изображения папиллярного узора пальца является одним из основных критериев, от которого зависит избираемый алгоритм формирования свертки отпечатка пальца и в конечном итоге идентификации человека.

По окончании прокатки пальцев левой и правой руки получают контрольные оттиски пальцев, которые изображены на рисунке 1.

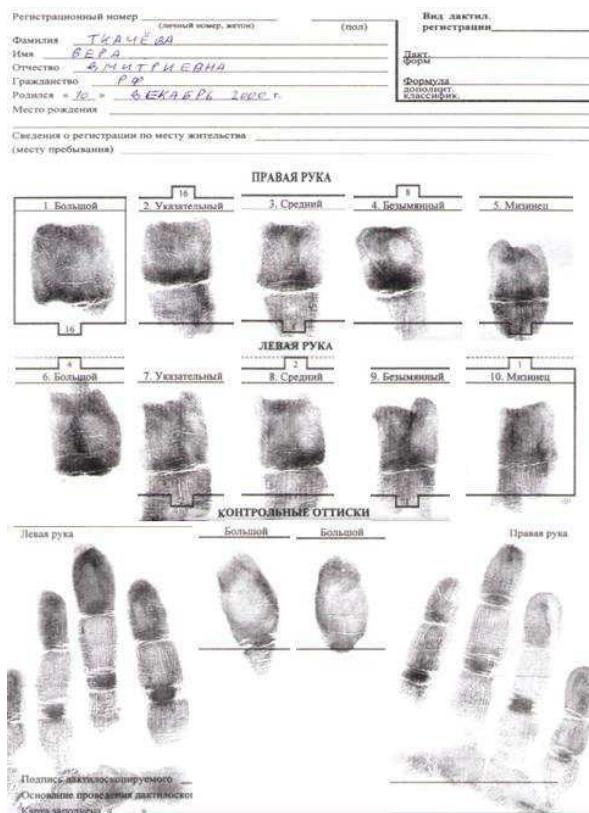


Рисунок 1 – Контрольные отиски пальцев левой и правой руки

Работа автоматизированной биометрической системы обычно происходит в одном из двух режимов – идентификации или верификации. В обоих случаях начальная установка, или так называемая регистрация, практически одинаковая и во многом зависит от правильного ввода информации.

Мною был выбран алгоритм – сравнение по особым точкам. Это наиболее целесообразный подход к распознанию отпечатка пальца, поскольку он довольно прост в реализации и показывает достаточно высокое быстродействие и точность. Алгоритм может быть реализован в четыре шага.

Первый – обработка входного изображения. Изображение, получаемое со сканера, изначально непригодно для выделения особых точек, поэтому его необходимо преобразовать к удобному нам виду. Для этого его нужно отфильтровать, чтобы убрать шумы и мелкие дефекты. Затем необходимо привести бинарное изображение к его скелету, в котором толщина всех линий – 1 пиксель, т.е. стянуть линии в центр, не делая при этом разрывов.

Второй – поиск ключевых точек. После подготовки изображения можно приступать к поиску ключевых точек. В нашем случае это конечные точки, ветвления и ядро, поэтому: находим центральную точку отпечатка пальца, т.е. точку наибольшей кривизны папиллярного узора; принимаем центральную точку за начало координат; определяем радиус относительно начала координат, в котором будем искать особые точки, что необходимо для уменьшения или расширения зоны поиска особых точек в зависимости от необходимой точности распознания; находим ветвления и конечные точки в заданном радиусе и вычисляем их координаты.

Третий – получение математического представления отпечатка. Чтобы система могла просто оперировать с образами отпечатков, необходимо создать математическое представление образа. В частности, достаточно удобно работать с матрицами. Принимая найденные точки за вершины графа, можно построить полный, ненаправленный взвешенный граф. При этом вес ветвлений и конечных точек должен быть разным, а вес ребра вычисляться как расстояние между точками помноженное на веса вершин. Это необходимо для упрощения представления отпечатка пальца, ведь в математическом представлении граф – это матрица. Тогда количество вершин – размерность матрицы. Затем, найдя наиболее удаленную от центра вершину графа можно повернуть граф так, что эта вершина будет находиться на оси абсцисс (или ординат). Суть состоит в том, что для сравнения любой другой граф можно повернуть точно так же.

Четвертый – сравнение полученного представления с шаблоном из базы. В силу простоты реализации математического представления отпечатка пальца, операция сравнения образов сводится к сравнению матриц одинаковых размерностей, что в свою очередь не требует больших вычислительных ресурсов и увеличивает быстродействие системы в целом.

Преимущества алгоритма позволяют: классифицировать отпечаток пальца не по одному, а по двум признакам (размерность матрицы и вес графа), повышая ее точность; варьировать количество классов по

каждому признаку и задавать диапазон изменения величин внутри класса; контролировать распределение отпечатков пальцев по классам, добиваясь их равномерного распределения; увеличивать скорость сравнения, поскольку сравниваются матрицы; повышать точность сравнения за счет увеличения области поиска особых точек.

Алгоритм распознавания фореграмм ДНК

Снятие генетического профиля проводили в лаборатории ПЦР-анализа в 3 этапа:

1. Выделение ДНК.

2. Амплификация ДНК-фрагментов (увеличение числа копий исследуемых генов).

3. Детекция ДНК-продуктов амплификации (разделение полученной смеси продуктов амплификации и добавление специальных растворов, которые наделяют фрагменты ДНК способностью флуоресцировать).

Для установления количества выделенной ДНК нами был использован прибор «7500 Real Time Sequence Detection System», который производит количественный анализ с помощью анализа полимеразной цепной реакции (ПЦР) в режиме реального времени. В процессе данного анализа определяется количество нуклеиновой кислоты-мишени в процессе каждого амплификационного цикла ПЦР. В качестве мишени использована ДНК. Обработка полученных данных проведена с помощью программы «7500 Real-Time PCR System Sequence Detection software Version 1.2.3»

Для исследования локусов применена полимеразная цепная реакция (AmpFISTR® Identifiler® Plus Master Mix), праймеры (AmpFISTR® Identifiler® Plus Primer Set), контрольная ДНК (AmpFISTR® Identifiler® Plus Control DNA 9947A) и аллельный лэдер (аллельная лестница) (AmpFISTR® Identifiler® Plus Allelic Ladder) с использованием наборов реагентов «AmpFISTR Identifiler Plus», который позволяет типировать следующие STR-локусы: D8S1179, D21S11, D7S820, CSF1P0, D3S1358, TH01, D13S317, D16S539, D2S1338, D19S433, vWA, TPOX, D18S51, D5S818, FGA и маркер пола Amelogenin.

В результате по каждому из 15 локусов получили фореграмму – рисунок 2, на котором показано количество нуклеотидных пар гена, расположение гена в исследуемом фрагменте ДНК, количество забранного для анализа биоматериала.

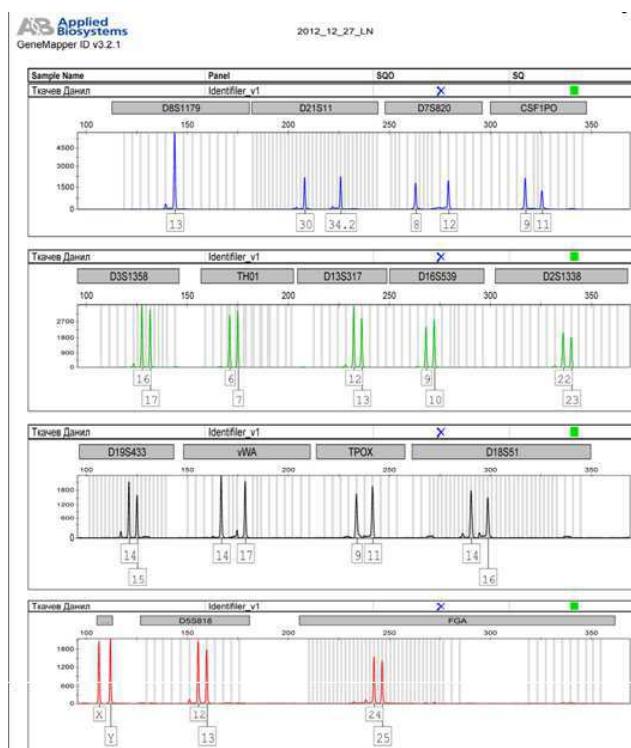


Рисунок 2 – Фореграмма ДНК из 15 локусов

Для разработки программы были использованы фореграммы 20 человек. Фореграмма каждого человека была преобразована в двумерную матрицу, каждая строка которой хранит значения аллелей определенного локуса. Таким образом, операция сравнения локусов сводится к сравнению двумерных матриц.

Реализация программного продукта. Программный продукт состоит из двух вкладок: «Папиллярный узор пальцев рук» и «Фореграммы ДНК». Главное окно программы представлено на рисунке 3.

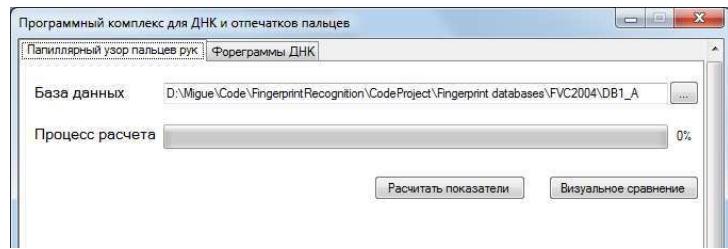


Рисунок 3 – Главное окно программы

В первой вкладке для сравнения отпечатков пальцев необходимо загрузить базу данных, которая находится в папке «Программный комплекс»/DB1_B и нажать кнопку «Рассчитать показатели» (происходит поиск ключевых точек для каждого отпечатка). После этого можно перейти к «Визуальному сравнению» - рисунок 4.

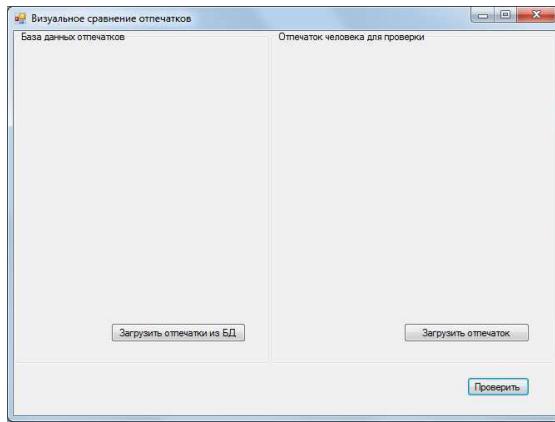


Рисунок 4 – Визуальное сравнение отпечатков

Загружаем отпечатки из базы данных (папка DB1_B) и загружаем отпечаток для сравнения. Если отпечаток для сравнения берется не из данной базы, а из другой, следует помнить, что для сравнения необходимо рассчитать показатели (Главная форма). Проведем эксперимент с однояйцевыми и разнояйцевыми близнецами, для начала рассчитываем показатели и загружаем отпечаток, показано на рисунке 5.



Рисунок 5 – Загрузка базы данных и исследуемого отпечатка пальца

Далее осуществляем проверку, рисунок 6.

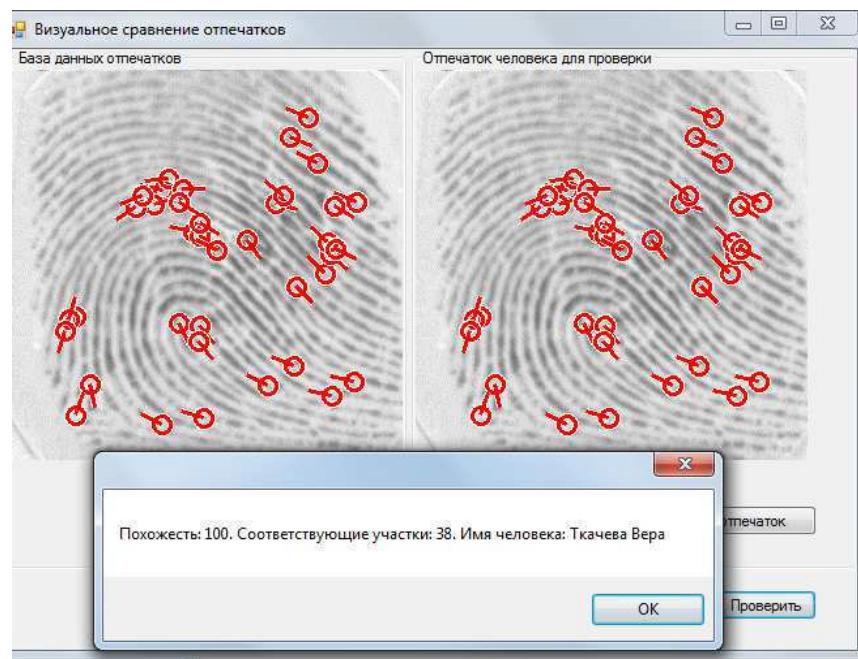


Рисунок 6 – Поиск программой отпечатков в базе, схожих с заявленным образцом

Как видно из представленных скриншотов, программа позволяет идентифицировать принадлежность отпечатков пальцев конкретному человеку. Представленные же пары близнецов (однояйцевые Усковы Никита и Даниил, разнояйцевые Ткачевы Даниил и Вера) имеют совершенно разные дактилоскопические узоры на пальцах рук. Папиллярный рисунок однояйцевых близнецов оказался визуально похож, но 100%-ного или близкого к нему совпадения обнаружить не удалось. Таким образом, программа прекрасно подходит для идентификации людей в фенотипически однородных однояйцевых парах.

Рассмотрим вторую вкладку «Фореграммы ДНК» программного комплекса. Здесь для наглядности представлены графики 15 локусов. Под каждым локусом есть поля для ввода чисел, указывающих на количество обнаруженных в ходе ПЦР-анализа нуклеотидных пар по выбранным для исследования аллелям – рисунок 7.

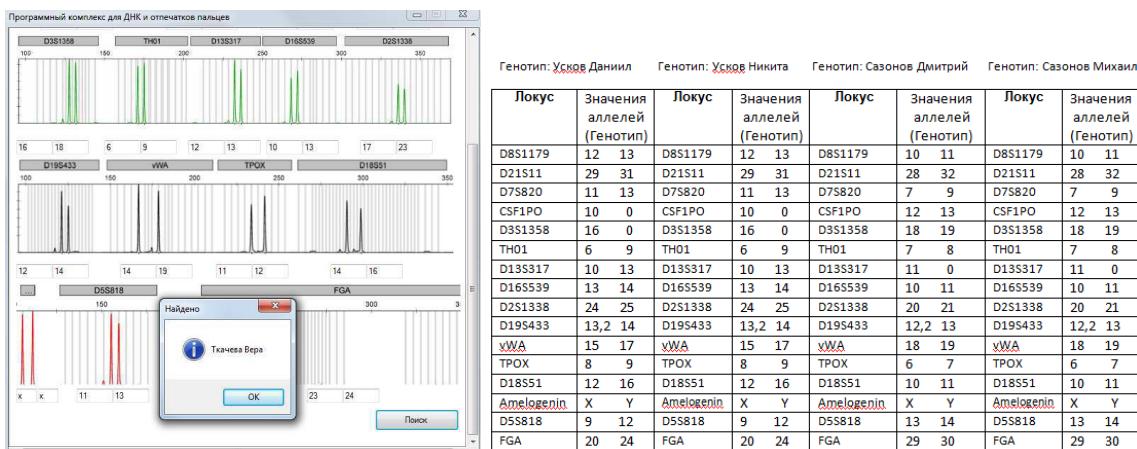


Рисунок 7 – Работа программного комплекса по распознаванию фореграмм ДНК

Эти числа совпадут в одном единственном случае – при полной идентичности генотипов. Такая ситуация возможно только в случае однояйцевых близнецов, поскольку они развиваются из одной зиготы после разделения ее на две части в стадии дробления.

Таким образом, программа обнаружила в базе одинаковые фореграммы, соответствующие людям с одинаковыми генотипами, то есть однояйцевым близнецам Ускову Даниилу и Ускову Никите. В случае с разнояйцевыми Ткачевым Данилом и Ткачевой Верой совпадения не было. Это связано с тем, что разнояйцевые

близнецы развиваются из разных яйцеклеток, а соответственно имеют разные генотипы и несовпадающее число нуклеотидных пар исследуемых аллелей.

В ходе проведения работы был создан специальный программный комплекс с базой данных в среде Visual Studio на базе платформы .Net, реализующее функции ввода изображения, обнаружение папиллярных узоров и генетических признаков. На основании проведенной процедуры дактилоскопирования, на бланках дактилоскопических карт, были получены отпечатки пальцев для контрольной группы и базы данных. Выявление различий в особенностях расположения локусов позволяет идентифицировать личность, разработанный алгоритм подтверждает, что однояйцевые близнецы имеют одинаковый генетический профиль, как по STR-локусам, так и по Y-STR-локусам, но разный папиллярный узор пальцев рук, а разнояйцевые близнецы имеют разный генетический профиль и папиллярный узор. На основе проделанной работы можно сделать вывод о том, что разработанная программа в большей степени применима для идентификации личности однояйцевых близнецов по отпечаткам пальцев при ярко выраженном фенотипическом сходстве и для выявления разнояйцевых (гетерозиготных) пар при отличающихся фенотипах по фрагментам ДНК.

Библиографический список

1. Либерти Д. C++ за 21 день. – Издательство SAMS, 2007.- 819 с.
2. С/С++ программирование на языке высокого уровня: Т.А. Павловская – Санкт- Петербург, Питер, 2007 г. – 460 с.
3. С/С++ объектно- ориентированное программирование. Практикум: Т.А. Павловская, Ю.А.Щупак – Санкт- Петербург, Питер, 2006г.- 264с

DEVELOPMENT OF THE PROGRAM AND ALGORITHMIC COMPLEX AND ALGORITHM OF THE COMPARATIVE ANALYSIS OF BIOMETRIC IDENTIFICATION OF THE PERSONALITIES TWINS ON PAPILLARY SIGNS FINGER OF HANDS AND DNA

Savchenko A.G., Apollonova I.A., Polishchuk A.A.

Moscow State Technical University N.E. Bauman, e-mail: aleksandr.savchenko.95@bk.ru, apollonova-i@yandex.ru, gotikgit@mail.ru

The article presents materials on the creation of a software-algorithmic complex and an algorithm for comparative analysis of the features of biometric indicators of identical and heterogeneous twins based on papillary finger and DNA patterns. The features of the genetic features of some STR loci and Y-STR loci of identical and heterozygous twins are examined, and features of the papillary finger pattern in identical and heterozygous twins are studied. On the basis of the data obtained, special software was developed for the comparative analysis of genetic features and features of papillary finger twins on images (electrophoretograms and fingerprint maps), a conclusion was drawn on the identification of the identity of identical and dissimilar twins.



ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ БЕСКОНТАКТНОЙ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИИ

Семчук И. П., Муравская Н. П., Самородов А. В.

МГТУ им. Баумана, ivan7chuk@gmail.com, muravskaya@vniofi.ru, avs@bmstu.ru

Введение

В зависимости от типа заболевания, степени его осложнения и тяжести состояния организма пациента врачам необходимо своевременно получать целый спектр различных показателей жизнедеятельности организма. Процесс измерения показателей жизненно важных функций организма (включающих в себя частоту сердечных сокращений (ЧСС), частоту дыхания (ЧД) и степень оксигенации крови (SpO_2) [1]) зачастую осложняется необходимостью применения средств измерений, требующих непосредственного контакта с поверхностью кожи пациента. Использование приспособлений для закрепления датчиков на теле (присоски, пластиры, прищепки и проч.) приводит к недостаточной воспроизводимости результатов измерений, связанной с возможным нарушением целостности кожного покрова, искажениями водного, газового и теплового обменов в месте контакта, чувством дискомфорта и ограничением движений. Отмеченные показатели состояния организма лучше всего контролировать с помощью фотоплетизмографической (ФПГ) методики, которая в ходе своего многолетнего развития достигла высокой степени совершенства [2]. Однако имеющиеся в медицинской практике фотоплетизмографические комплексы практически всегда используют контактные датчики, что в значительной степени уменьшает информативность методики в силу перечисленных выше причин.

В связи с этим имеют безусловную актуальность разработки и применение медицинских приборов и аппаратов, в основе работы которых лежат бесконтактные измерения искомых физиологических величин. Существуют несколько технологий бесконтактной регистрации основных физиологических параметров, среди которых наиболее популярными являются оптические методы [3, 4, 8]. Однако стоит отметить необходимость

тщательной проработки метрологической базы и сбора данных для сравнения точностных показателей бесконтактных методик измерения.

Целью настоящей работы является реализация и сравнительное исследование двух оптических методов бесконтактного мониторинга жизненно важных функций организма, использующих бесконтактные фотоплазмографические датчики.

Материалы и методы

Системы бесконтактной регистрации фотоплазмограмм характеризуются наличием большого количества источников погрешностей измерения по сравнению с контактными методами. К таким источникам можно отнести неравномерность диаграммы направленности, непостоянство спектрального состава и мощности источников излучения во времени, артефакты, связанные с движениями биообъекта, критичность к расстоянию от поверхности биообъекта до плоскости фотодатчика и т.д. Всё это затрудняет процедуру калибровки системы. Для сравнения различных методик бесконтактной регистрации ФПГ предложена схема экспериментальной установки (рис. 1), включающая в себя контактное средство измерения в качестве образцового. В состав представленной установки входят контактный фотоплазмограф, бесконтактный плазмограф [6] и веб-камера. Все три устройства подключаются к ПК, на котором производится одновременный опрос подключенных средств измерений, визуализация измеренных значений в режиме реального времени, а также сохранение сигналов в соответствующие файлы для последующей обработки.

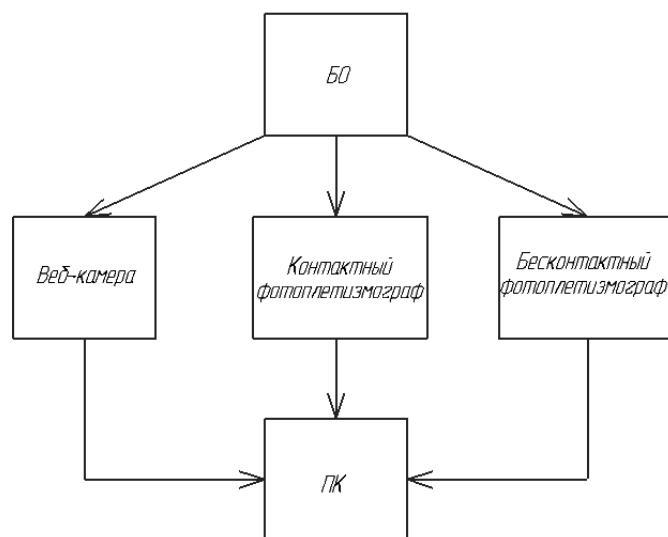


Рисунок 1 — Схема экспериментальной установки

Алгоритм обработки видеопотока с целью выделения сигнала, отражающего динамику кровенаполнения, представляет собой следующую последовательность действий [7]:

1. Захват изображения с камеры.
2. Детекция лица на изображении.
3. Выделение участков кожи на лице методом цветовой сегментации.
4. Расчет среднего значения интенсивности пикселей в выделенных зонах.

Также проводилась дополнительная серия измерений, в которой для предобработки видео использовался алгоритм Эйлерова усиления (Eurelian magnification) [9].

Для регистрации опорного сигнала фотоплазмограммы использовался контактный датчик, подключенный в аналогово-цифровому преобразователю платы Arduino M0.

Алгоритм обработки сигналов, полученных при помощи всех трех устройств, включал в себя фильтрацию сигналов и расчет частоты сердечных сокращений по максимальному значению спектральной плотности в области частот, соответствующих физиологическим.

Результаты экспериментальных исследований

В измерениях участвовали 14 добровольцев, каждый из которых проходил процедуру измерений по три раза. В процессе каждого измерения проводилась регистрация фотоплазмографической кривой тремя методами. В процессе измерения испытуемые сохраняли статичную позу.

Рассчитывалось среднее арифметическое модуля разности полученной бесконтактным методом ЧСС с аналогичным значением, полученным контактным методом:

$$\Delta HR^i = \frac{1}{n} \sum_j^n |HR_j^i - HR_j^0|, (1)$$

где HR_j^0 – значение ЧСС, рассчитанное по сигналу, полученному при помощи контактного датчика

HR_j^i – значение ЧСС, полученное сравниваемым методом

n – общее количество измерений

Определение шумовых характеристик измерительных систем проводилось на основе расчета отношения сигнал/шум:

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{S_{HR}}{\sum_i^N S_i - S_{HR}}, (2)$$

где S_{HR} – максимальное значение спектральной плотности сигнала в диапазоне частот от 1 до 3 Гц;

S_i – значение спектральной плотности сигнала на i -ой частоте;

N – общее количество отсчетов.

В таблице 1 представлены результаты расчетов описанных выше характеристик.

Таблица 1

	ΔHR , уд./мин.	SNR, дБ
Контактный	0,0	11,21
Бесконтактный	4,25	6,68
Видео	9,77	6,66

Как видно из таблицы 1, значения отношения сигнал/шум для сигналов, полученных бесконтактными методами, практически не отличаются, что объясняется одинаковой природой шумов. При этом погрешность измерения ЧСС при использовании бесконтактного фотоплетизмографа оказывается в два раза меньше погрешности измерения при использовании видеоплетизмографии.

При расчете некоторых физиологических величин по фотоплетизмографической кривой необходимо учитывать форму сигнала. Таким образом, при оценке качества сигнала, получаемого бесконтактным методом, актуальной является оценка соответствия сигнала опорному. При этом необходимо учесть возможное смещение во времени сигналов относительно друг друга, что объясняется регистрацией сигналов в разных точках и ошибками синхронизации устройств. Для решения данной задачи рассчитывалось максимальное значение кросс-корреляционной функции для всевозможных пар сигналов:

$$K_{corr} = \max \sum_j S_i^1 \times S_{i+j}^2, (3)$$

где S^1 и S^2 – сравниваемые сигналы (в виде массивов дискретных отсчетов). В результате расчетов получены следующие значения коэффициентов: $K_{12}=0,18$, $K_{13}=0,05$, $K_{23}=0,61$, где 1-обозначение сигнала, полученного контактным методом, 2- бесконтактным, 3-видео.

В таблице 2 представлены результаты для дополнительной серии измерений (11 измерений) с применением предобработки видео по алгоритму Эйлерова усиления.

Таблица 2 – Результаты для дополнительной серии измерений

	ΔHR , уд./мин.	SNR, дБ
Контактный	0,0	14,12
Бесконтактный	2,05	7,21
Видео	6,84	6,73
Предобработанное видео	1.76	8,91

Коэффициенты корреляции для данной серии измерений составили: $K_{12}=0,16$, $K_{13}=0,09$, $K_{23}=0,57$.

Очевидно, что использование предобработки повышает точность измерений ЧСС. Однако для более статистически значимых выводов требуется проведение большего числа измерений с использованием данного алгоритма.

Заключение

В работе представлено описание экспериментального стенда для сравнения контактных и бесконтактных методик регистрации фотоплетизмографических кривых. Согласно предварительным результатам измерений, оптические бесконтактные методы позволяют измерять частоту сердечных сокращений с достаточно высокой точностью. Более детальные исследования в данной области с целью определения возможности измерения показателей сердечно-сосудистой деятельности призваны утвердить бесконтактную

ФПГ в качестве наиболее предпочтительной для медицинской практики методики определения жизненно важных показателей состояния организма.

Библиографический список

1. Mok W.Q., Wang W., Liaw S.Y. Vital signs monitoring to detect patient deterioration: An integrative literature review // International Journal of Nursing Practice. 2015. Vol.21 Suppl.2. P.91-98.
2. Галкин М.А., Змиевской Г.Н., Ларюшин А.И., Новиков В.И. Кардиодиагностика на основе фотоплетизмограмм с помощью двухканального плеизографа // Фотоника. 2008. №3. С.30-35.
3. Wu T. PPGI: New development in noninvasive and contactless diagnosis of dermal perfusion using nearinfrared light // Journal of the GCPD. 2003. No.7. P.17-22.
4. Cennini G., Arguel J., Aksit K., van Leest A. Heart rate monitoring via remote photoplethysmography with motion artifacts reduction // Optics Express. 2010. No.8. P.21-27.
5. Garbey M., Sun N., Merla A., Pavlidis I. Contact-free measurement of cardiac pulse based on the analysis of thermal imagery // IEEE Transactions on biomedical engineering. 2007. Vol.54, no.8. P.1418-1426.
6. Семчук И.П. Разработка биотехнической системы бесконтактного мониторинга показателей жизненно важных функций организма новорожденных // Молодежный научно-технический вестник. 2017. №6. С.53.
7. Таранов А.А., Спиридонов И.Н. Регистрация фотоплетизмограммы и измерение артериального пульса при помощи вебкамеры // Медицинская техника. 2014. №10. С.71-80.
8. Elgendi M. On the analysis of fingertip photoplethysmograph signals// Current cardiology reviews. 2012. No.8. P.14-25.
9. Wu H.-Y. Eurelian video magnification for revealing subtle changes in the world. Режим доступа: <http://people.csail.mit.edu/mrub/evm/>

COMPARATIVE RESEARCH OF OPTICAL CONTACTLESS METHODS OF HEART RATE MEASUREMENT

Semchuk I.P., Muravskaya N.P., Samorodov A.V.

Bauman Moscow State Technical University, ivan7chuk@gmail.com, muravskaya@vniiofi.ru, avs@bmstu.ru

The work describes the structure of the experimental setup and the principle of operation of the corresponding software for comparing the accuracy characteristics of systems for contactless registration of photoplethysmographic curves. Preliminary results of comparative studies are presented, the analysis of which allows us to state the high potential of contactless heart rate measurements.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МОРФОЛОГИИ ЭРИТРОЦИТОВ В МАЗКАХ КРОВИ

Скавронская В. В., Самородов А. В.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
skavronskaya.valerie@mail.ru, avsbmstu@yandex.ru

Анемия является одной из наиболее часто встречающихся групп болезней. Согласно статистическим данным, почти треть мирового населения болеет анемией [1]. На поздних стадиях она может приводить к тяжелым последствиям вплоть до смерти. Часто на симптомы анемии: усталость, головокружение, шум в ушах, мелькание мушек перед глазами, бледность – не обращают внимания, путая их с простым переутомлением. В результате, как правило, обращаются к врачу уже на поздних стадиях развития анемии, когда начинают проявляться более серьезные клинические симптомы [2]. Таким образом, разработка методов и технических средств обнаружения анемии на ранних стадиях является чрезвычайно важной задачей.

Анемия – это снижение концентрации гемоглобина в крови. Однако перед этим происходит ряд изменений в эритроцитах, которые можно определить по мазку крови [3]. Именно морфологические и цветояркостные характеристики эритроцитов, определяющие класс пойкилоцита, позволяют выявить риск развития анемии до непосредственного снижения концентрации гемоглобина.

В настоящее время существует два способа оценки морфологии эритроцитов: визуальный осмотр мазка врачом или использование комплекса автоматизированной компьютерной микроскопии (АКМ), который подразумевает верификацию гематологом. Высокая трудоемкость визуального исследования, а также высокая стоимость комплексов АКМ ограничивают их широкое применение. Решением проблемы является разработка биотехнической системы (БТС) автоматизированного исследования морфологии эритроцитов в мазке крови на

базе оптического микроскопа, в которой используется внешний комплект автоматизации, присоединяемый к штатному предметному столу микроскопа [4].

Математическое обеспечение БТС автоматизированного исследования морфологии эритроцитов в мазке крови должно решать задачи сегментации эритроцитов на регистрируемых изображениях, формирование вектора признаков эритроцитов и их классификации.

В качестве метода сегментации была выбрана бинаризация с глобальным порогом, рассчитываемым по методу Отсу [5]. Проверка качества сегментации проводилась на выборке из 50 эритроцитов разных классов. Оценивались три параметра: относительная погрешность определения площади клетки, относительная суммарная площадь пикселей фона, которые были ошибочно отнесены к объекту и относительная суммарная площадь пикселей объекта, которые были ошибочно отнесены к фону. В качестве эталона сегментации был принят метод разметки контура клетки вручную. По первому и второму показателям ошибка не превысила 5 %, по третьему – 2 %.

После бинаризации выполняется морфологическая обработка, обеспечивающая удаление мелких объектов на изображении, удаление объектов на границах изображения, а также сглаживание контуров клеток.

Подготовительным этапом классификации является выделение вектора признаков эритроцитов. В научно-медицинской и научно-технической литературе существует описание множества численных характеристик эритроцитов (см., например, [3, 6, 7]). В настоящей работе компоненты вектора признаков были отобраны из 19 морфологических и цветояркостных характеристик, включающих коэффициенты, рассчитанные по сигнатуре [5], различные дескрипторы формы, вычисляемые как отношение площади клетки к площади описанной вокруг нее фигуры (и другими способами, см. далее), а также коэффициенты, представляющие собой отношения различных участков распределения яркости по клетке. Признаки отбирались путем множественного сравнения по критерию Краскела-Уоллиса, а затем путем попарных сравнений для разделяемых классов по критерию Манна-Уитни. В результате был сформирован вектор признаков эритроцитов, включающий следующие 8 элементов.

1) Площадь клетки – число пикселей области, занимаемой клеткой.

2) Эксцентриситет клетки, равный эксцентриситету эллипса, имеющего те же вторые моменты, что и клетка.

3) Коэффициент выпуклости клетки:

$$K_{\text{вып}} = \frac{S}{S_{\text{мн}}},$$

где S – площадь клетки, $S_{\text{мн}}$ – площадь охватывающего клетку выпуклого многоугольника.

4) Коэффициент окружности клетки:

$$K_{\text{окр}} = \frac{4\pi S}{P^2},$$

где S – площадь клетки, P – периметр клетки.

5) Коэффициент вытянутости клетки:

$$K_{\text{выт}} = \frac{r}{R_{\text{экв}}},$$

где r – расстояние между центром масс клетки и серединой ее большей оси, $R_{\text{экв}}$ – эквивалентный радиус клетки, т.е. радиус круга той же площади, что и клетка.

6) Площадь пэллора – число пикселей области, занимаемой пэллором.

7) Эксцентриситет пэллора, вычисляемый аналогично эксцентриситету клетки только для области пэллора.

8) Коэффициент распределения яркости клетки:

$$K_{\text{яр}} = \frac{I_6}{I_1},$$

где I_k – распределение яркости по клетке, вычисляемое по формуле:

$$I_k = \frac{\sum_{i,j \in \Omega_k} f(i,j)}{S_{\Omega_k}},$$

$f(i,j)$ – значение пикселя, находящегося в i -ой строке и j -ом столбце изображения клетки; S – площадь клетки;

Ω_k – кольцевая окрестность с радиусом $\frac{k}{10} R$, R – радиус клетки.

Алгоритм классификации выбирался путем сравнения доверительных интервалов, построенных для вероятности правильной классификации эритроцитов на 9 классов разными методами в режиме 10-блочной кросс-валидации. Исследовались следующие алгоритмы: дерево принятия решений (CART), регуляризованный линейный дискриминантный анализ [8], к-ближайших соседей, метод опорных векторов, случайный лес (random forest), аддитивный бустинг (AdaBoost), линейно программируемый бустинг (LPBoost) [9], бустинг случайных подвыборок (RUSBoost) [10], полностью скорректированный бустинг (TotalBoost) [11]. Выборка состояла из 3040 клеток разных классов. Результаты представлены на рисунке 1.

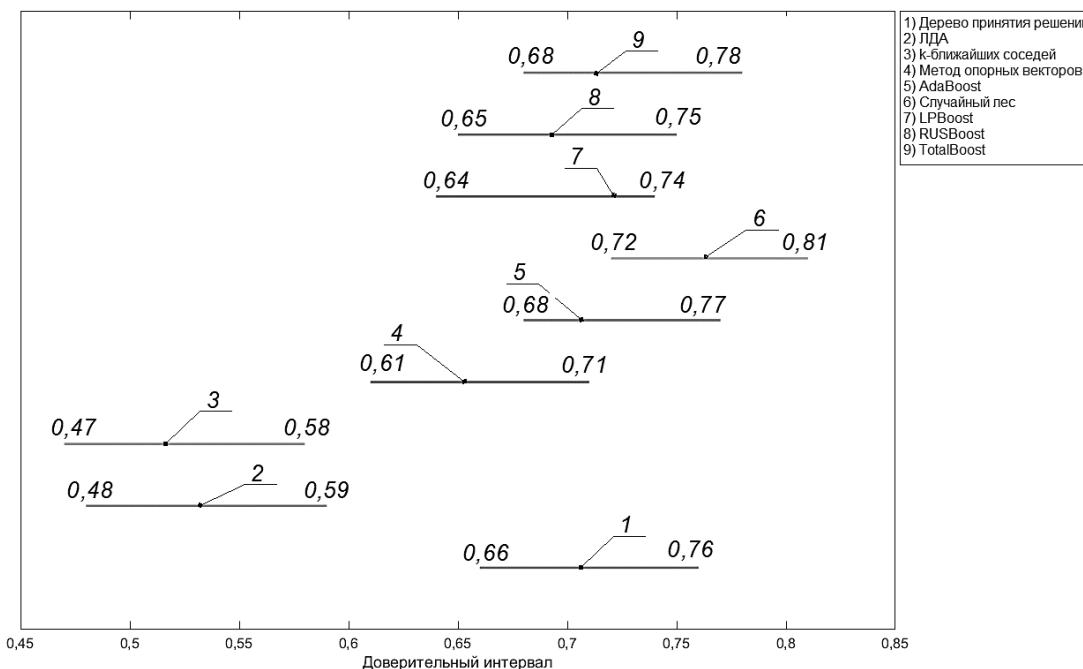


Рисунок 1 – Результаты исследований алгоритмов классификации

В результате исследования было установлено, что наибольшая средняя относительная частота правильной классификации достигается с помощью алгоритма случайного леса. Для этого алгоритма также было проведено исследование на тестовой выборке, содержащей 1118 клеток разных классов. При этом обучение проводилось на 1960 клетках разных классов. Результаты классификации представлены в таблице 1.

Для данной выборки средняя относительная частота правильной классификации на 9 классов составила 78,2 %. Из представленных результатов следует, что наименьшей относительной частотой правильной классификации и наименьшей предсказательной ценностью характеризуются стоматоциты. Это, по-видимому, связано с недостаточным объемом обучающей выборки данных клеток. Объединение результатов классификации в две группы клеток: нормоциты и пойкилоциты (без переобучения алгоритма) – дает относительную частоту правильной классификации 93,6 %.

Таблица 1 – Результаты классификации эритроцитов алгоритмом – случайный лес.

Клетка	Результат классификации										
	Д	МК	НбП	НсП	Сл	Ст	Эл	ЭЭх	Эх	Всего	Р _{отн.} %
Клетка	Д 96	1	0	0	3	0	6	30	6	142	67,6
	МК 5	128	2	1	0	0	0	0	2	138	92,8
	НбП 5	1	138	0	0	0	0	0	2	146	94,5
	НсП 5	10	2	104	0	9	3	0	8	141	73,8
	Сл 8	0	0	0	122	0	0	3	1	134	91,0
	Ст 4	7	13	1	0	22	7	4	3	61	36,1
	Эл 8	2	3	0	0	17	88	10	0	128	68,8
	ЭЭх 20	0	0	0	5	0	2	116	0	143	81,1
	Эх 4	3	6	2	0	2	0	8	60	85	70,6
	Всего 155	152	164	108	130	50	106	171	82	1118	
ПЦ, %		61,9	84,2	84,1	96,3	93,8	44,0	83,0	67,8	73,2	

Обозначения: Д – дакриоциты; МК – мишеневидные клетки; НбП – нормоциты без пэллора; НсП – нормоциты с пэллором; Сл – слипшиеся клетки; Ст – стоматоциты; Эл – эллиптоциты; ЭЭх – эллиптоэхиноциты; Эх – эхиноциты; Р_{отн.} – относительная частота правильной классификации; ПЦ – предсказательная ценность результата классификации.

Таким образом, разработаны и исследованы алгоритмы сегментации, формирования вектора признаков и классификации эритроцитов, пригодные для использования в БТС автоматизированного исследования морфологии эритроцитов в мазке крови.

Библиографический список

1. Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. URL: <http://www.who.int/ru/> (Дата обращения: 20.02.2018).
2. Вёрткин А.Л. Анемия: Руководство для практических врачей. М.: Экмо, 2014. 75 с.
3. Тодоров Й. Клинические лабораторные исследования в педиатрии. София: Медицина и физкультура, 1961. 785 с.
4. Самородов А.В., Косоруков А.Е., Самородова О.А., Добролюбова Д.А., Войнова Н.А. Автоматизация оптического микроскопа с использованием штатного предметного стола // Инженерный вестник: электронный научно-технический журнал. 2016. № 5. С.508-515. URL: <http://engsi.ru/doc/842850.html>
5. Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 616 с.
6. Bacus J.W. Method of and an apparatus for automatic classification of red blood cells. Patent US 4097845 A. 1978. 55 p.
7. Spiridonov I.N., Safonova L.P., Samorodov A.V. A study of a possibility of quantitative estimation of blood cells' forms by the spatial-frequency spectrum analysis // Proceedings of SPIE. 2000. Vol. 3923. P.163-169.
8. Guo, Y., T. Hastie, and R. Tibshirani. Regularized linear discriminant analysis and its application in microarrays. Biostatistics, Vol. 8, No. 1, pp. 86–100, 2007.
9. Demiriz A., K.P. Bennett and J. Shawe-Taylor. Linear Programming Boosting via Column Generation. J. Machine Learning. Vol. 46, pp. 225–254, 2002.
10. Ho, T. K. “The random subspace method for constructing decision forests.” IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 8, pp. 832–844, 1998.
11. Warmuth, M., J. Liao, and G. Ratsch. “Totally corrective boosting algorithms that maximize the margin.” Proc. 23rd Int'l. Conf. on Machine Learning, ACM, New York, pp. 1001–1008, 2006.

AUTOMATIZATION OF RED BLOOD CELL MORPHOLOGY STUDIES IN BLOOD SMEAR

Skavronskaya V.V., Samorodov A.V.

Bauman Moscow State Technical University, skavronskaya.valerie@mail.ru, avsbmstu@yandex.ru

Anemia can be prevented by studying the morphology of red blood cells in blood smear. The paper describes the possibility of automatization of such studies. Authors put an emphasis on the program part, which includes algorithms for segmentation, morphological processing and classification of red blood cells in the blood smear images. The algorithms for feature selection and feature extraction were developed. The most efficient algorithm for classification of red blood cells was chosen.

АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ГЛУБИНЫ АНЕСТЕЗИИ ПО ЭЭГ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Аль-Гаили М. А.¹, Калиниченко А. Н.¹

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет "ЛЭТИ" им. В. И. Ульянова (Ленина), e-mail: alghily@mail.ru, ank-bs@yandex.ru

Предотвращение нежелательных происшествий во время операции, в частности, случаев интраоперационного сознания и передозировки анестетика, можно достичь с помощью адекватного мониторинга глубины анестезии. Физиологические признаки, такие как сердечный ритм, кровяное давление, потение и т. д. не очень достоверны из-за различной реакции обезболивающих препаратов от пациента к пациенту, а также из-за использования лекарств, которые влияют на эти вегетативные изменения. Следовательно требуются более точные методы для контроля глубины анестезии (ГА) [1].

В литературе описаны различные методы для измерения ГА. В течение последних двух десятилетий были предложены некоторые новые методы оценки ГА, основанные на обработке сигналов электроэнцефалограммы (ЭЭГ), вместо традиционных методов, основанных на гемодинамических параметрах. Поскольку основной мишенью анестезии является центральная нервная система, специалисты-анестезиологи уделяют наибольшее внимание сигналу ЭЭГ. Пока не существует точной и обширной теории, но общепризнанно, что любое изменение синаптической функции нейронных клеток изменяет функции мозга. Электрический потенциал, возникающий в результате деятельности нейронных клеток, можно наблюдать и регистрировать с помощью ЭЭГ [2].

Для оценки ГА были предложены несколько методов количественной оценки уровня сознания во время общей анестезии на основе анализа ЭЭГ, в частности, такие как 95% спектральная краевая частота (spectral edge frequency, SEF95), центральная частота спектра и биспектральный индекс. Одним из наиболее важных методов является мониторинг так называемого биспектрального индекса (BIS-индекса) [3]. Значение ГА,

представленное BIS-индексом, имеет диапазон от нуля до ста. Биспектральный индекс является сложным частотно-временным параметром, и состоит из нескольких подпараметров, которые меняют свое значение в зависимости от глубины наркоза пациента. Двумя наиболее важными подпараметрами BIS-индекса являются отношение вспышка-подавление (Burst Suppression Ratio, BSR) и относительный бета-индекс (Relative Beta Ratio, RBR) [3]. BSR является временным подпараметром, характеризующим так называемый эффект "вспышка-подавление". Подпараметр RBR – это логарифм отношения мощностей в двух эмпирически полученных полосах частот [2]. Помимо клинического применения, BIS-индекс может использоваться в качестве надлежащего критерия для сравнения новых методов оценки анестезии [1]. Некоторые мониторы ЭЭГ основаны на других методах. В частности, монитор Narcotrend (Monitor Technik, Bad Bramsted, Германия), основанный на распознавании образов исходной ЭЭГ и классификации ЭЭГ на разных этапах [4], и модуль энтропии Datex-Ohmeda, который использует для оценки ГА энтропию ЭЭГ [4].

Многие исследования показали, что для различных медицинских применений может быть использован нелинейный анализ ЭЭГ. Нелинейный анализ предоставляет информацию, которая не может быть получена с использованием традиционного спектрального анализа ЭЭГ. Исходя из этого, для оценки глубины анестезии можно применять методы теории нелинейной динамики и теории информации, такие как энтропия [5]. Существуют различные способы вычисления энтропии сигнала. Во временной области можно рассматривать, например, аппроксимированную энтропию или энтропию Шеннона [4]. В частотной области может быть вычислена спектральная энтропия (Spectral Entropy, SE) [2].

В последнее время для решения различных задач медицины, в том числе и для определения глубины анестезии, широко используется искусственные нейронные сети (ИНС). Искусственные нейронные сети представляют собой вычислительные средства, состоящие из ряда высоко взаимосвязанных элементарных процессоров (ячеек или нейронов). ИНС используются для распознавания образов, прогнозирования, оптимизации и классификации. Их основной особенностью является способность к обучению. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение. Каждая ячейка характеризуется передаточной функцией, которая обрабатывает свою входную информацию, а ее выход направляется после взвешивания на другие связанные с ней ячейки [5].

В данной статье предлагается оценить глубину анестезии с помощью использования параметров SE, BSR, SEF95 и RBR в качестве входных данных искусственной нейронной сети для классификации ЭЭГ при разных уровнях анестезии, соответствующих показаниям контрольного прибора (BIS-монитора) равным 90, 20, 60 и 80. Целью данной работы является исследование точности определения глубины наркоза с помощью ИНС и сравнение полученных результатов с результатами, полученными BIS-мониторингом.

Материалы и методы

Исходными данными для исследования служат записи ЭЭГ, полученные с электродов, расположенных на лбу пациента во время операции. В качестве анестезирующего средства применялся пропофол. При исследовании был использован набор из 1380 записей ЭЭГ, полученных от 23 пациентов в ходе проведения хирургических операций. Продолжительность каждой записи составляет 15 с, используемая частота дискретизации – $f_s = 500\text{ Гц}$. В наборе представлено равное количество записей (по 345) для четырёх вариантов состояния анестезии, соответствующих показаниям контрольного прибора (BIS-монитора) равным 90, 20, 60 и 80. Эти состояния соответствуют следующим фазам хирургической анестезии: BIS=90 – бодрствование непосредственно перед применением анестетика; BIS=20 – глубокий наркоз в начальной фазе анестезии; BIS=60 – состояние незадолго до пробуждения; BIS=80 – состояние сразу после пробуждения. Основной задачей исследования являлась разработка алгоритма для определения уровня анестезии путём совместного использования перечисленных выше параметров как входных данных нейронной системы. Для реализации алгоритма и экспериментов была использована среда программирования MATLAB.

Вычисление параметров

Подпараметр *BSR* используется для оценки эффекта "вспышка-подавление" во время глубокого наркоза. При наличии этого эффекта чередуются сегменты сигнала, имеющие очень низкую амплитуду и сегменты с высокой амплитудой. Для расчета данного параметра участки подавления идентифицируются как периоды продолжительностью не менее 0,5 секунд, в течение которых напряжение ЭЭГ не выходит за пределы $\pm 5,0\text{ мВ}$. Подсчитывается общее время в состоянии «подавления» и параметр *BSR* вычисляется как доля суммарной длины эпох, где ЭЭГ соответствует критериям подавления [2].

Для вычисления показателя спектральной энтропии сначала с помощью метода быстрого преобразования Фурье вычисляется спектральная плотность мощности (СПМ). После этого полученная СПМ нормируется умножением спектра на постоянную величину так, чтобы результат умножения суммарной мощности сигнала в некотором диапазоне частот $f_1 \leq f \leq f_2$ на эту постоянную был равен единице [2]:

$$\sum_{f_i=f_1}^{f_2} P_h(f_i) = C_h \sum_{f_i=f_1}^{f_2} P_0(f_i) = 1,$$

где $P_0(f_i)$ – значения СПМ сигнала ЭЭГ при i -м значении частоты в анализируемом диапазоне, C_h – константа нормализации, а $P_h(f_i)$ – нормированные значения СПМ.

Далее вычисляются значения спектральной энтропии [2]:

$$SE = \sum_{f_i=f_1}^{f_2} P_h(f_i) \log \frac{1}{P_h(f_i)}.$$

Для вычисления нормализованного значения SE_h полученный результат делится на величину $\log(N)$, где N – общее количество частотных составляющих:

$$SE_h = \frac{S}{\log(N)}.$$

Спектральная краевая частота (*SEF95*) представляет собой частоту, в пределах которой сосредоточено 95% мощности спектра. При анестезии *SEF95*, как правило, снижается [2]. Параметр *RBR* – это логарифм отношения суммы мощностей D_0 в эмпирически определённой полосе нижних частот (от 0 Гц до 1,5 Гц) к сумме этой же величины и суммарной мощности D_i в некотором i -м диапазоне частот:

$$RBR_i = \log \frac{D_0}{D_0 + D_i},$$

где $i = 1, 2, 3$, а D_1 , D_2 и D_3 вычисляются соответственно для диапазонов частот от 7 до 16 Гц, от 4 до 6 Гц и от 16 до 30 Гц. Таким образом, исследовались шесть показателей: SE , BSR , $SEF95$, RBR_1 , RBR_2 и RBR_3 .

Выбор типа структуры ИНС

Параметры SE , BSR , $SEF95$, RBR_1 , RBR_2 и RBR_3 для четырёх состояний анестезии, используются как входные переменные искусственной нейронной сети. Для каждого состояния имелось 345 записей (общее количество записей равно 1380). Для обучения и проверки ИНС сначала все выборки были перемешаны случайным образом, а после этого были разделены на следующие базы данных: обучающая база данных с объёмом выборки 828, база данных проверки (validation set) с объёмом выборки 276, и тестовая база данных с объёмом выборки 276.

Для классификации уровней анестезии с помощью ИНС была выбрана модель многослойного персептрона, так как он является наиболее часто используемой структурой ИНС для решения проблем распознавания образов [5].

Были исследованы ИНС с одним и с двумя скрытыми слоями с разным количеством нейронов скрытого слоя (от 10 нейронов до 500). В качестве функций активации для скрытых и выходных слоёв соответственно были выбраны гиперболический тангенс и линейная функция, так как они наиболее часто используются для решения задачи классификации и распознавания образов [5].

Для оценивания эффективности ИНС обычно используется так называемая ROC-кривая (Receiver Operator Characteristic – рабочая характеристика приёмника). Сама по себе ROC-кривая служит для визуального анализа и не дает количественной оценки. Поэтому в качестве количественного метода оценивания эффективности ИНС применяется площадь под ROC-кривой (Area Under Curve, AUC) [7]. В качестве наилучшей структуры ИНС принимается такая, для которой на тестовой выборке достигается максимальное значение AUC. Для расчёта AUC разных структур ИНС был реализован алгоритм с двумя циклами: первый цикл для нейронов в первом скрытом слое, а второй – для нейронов во втором скрытом слое. В результате получается матрица значений AUC разных структур ИНС общей размерностью 500×500.

Анализ результатов

В матрице AUC максимальное значение равно 0,967, но это значение получилось не только для одного типа структур ИНС, а для нескольких, поэтому был выбран такой вариант, для которого это значение AUC получилось при минимальном суммарном количестве нейронов в первом и во втором скрытых слоях, так как это упрощает вычисления. Первый скрытый слой в выбранной структуре содержит 7 нейронов, а второй – 65 нейронов.

Для этой структуры значение чувствительности равно 0,98, а значение специфичности равно 0,99. На рисунке 1 показаны ROC-кривые для тестовой выборки этой структуры.

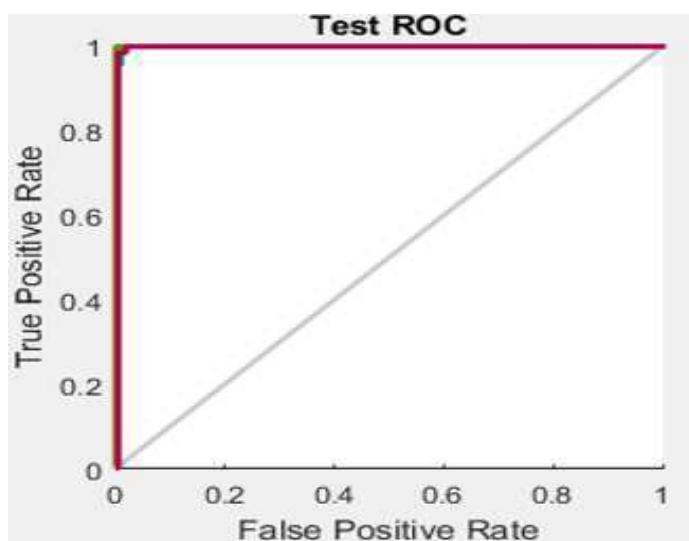


Рисунок 1 – ROC-кривые для тестовой выборки этой структуры

Как видно из графика, данная структура демонстрирует высокую различимость четырёх уровней анестезии.

Выводы

В данном исследовании был предложен метод для оценки уровня анестезии, основанный на применении нейронных сетей, входными параметрами которых являются временные и частотные показатели ЭЭГ, а именно *SE*, *BSR*, *SEF95*, и *RBR*. Предложенный метод может быть использован в мониторах анестезии, служащих для контроля глубины наркоза, в целях выбора подходящей дозы анестезирующих препаратов во время операций, что позволит избежать как случаев интраоперационного пробуждения, так и излишне глубокого наркоза.

Работа выполнена в рамках проекта, исполняемого по гранту РФФИ 16-07-00722 А.

Библиографический список

1. Al-kadi MI, Reaz MB, Ali MA. Evolution of electroencephalogram signal analysis techniques during anesthesia. // Basel: Sensors, 2013, Vol. 13(5). P. 6605-6635.
2. Tong S, Thakor NV. Quantitative EEG Analysis Methods and Clinical Applications. Norwood: Artech House, 2009. 421 p.
3. Li TN, Li Y. Depth of anesthesia monitors and the latest algorithms. Asian Pac J Trop Med 2014; 7: 429-37.
4. Liang Z, Wang Y, Sun X, et al. EEG entropy measures in anesthesia. // Frontiers in Computational Neuroscience. 2015. <http://doi.org/10.3389/fncom.2015.00016>
5. Shalbaf R., Behnam H., Sleigh J. W., Steyn-Ross A., Voss L. J. Monitoring the depth of anesthesia using entropy features and an artificial neural network. Journal of Neuroscience Methods. 2013; 218(1):17–24.
6. Viertiö-oja H, Maja V, Särkelä M, et al. Description of the Entropy algorithm as applied in the Datex-Ohmeda S/5 Entropy Module. Denmark: Acta Anaesthesiol Scand, 2004, Vol 48(2). P. 154-161.
7. A.P. Bradley, The use of the area under the ROC curve in the evaluation of machine learning algorithms, Pattern Recognit. 30 (7) (1997) 1145–1159.

ALGORITHM FOR ESTIMATING DEPTH OF ANESTHESIA BY EEG USING NEURAL NETWORK

Al-ghaili M.A.¹, Kalinichenko A.N.¹

¹Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", e-mail: alghily@mail.ru, ank-bs@yandex.ru

The possibility of anesthesia depth estimation using artificial neural networks (ANN) based on both time and frequency domain electroencephalogram (EEG) quantitative parameters is considered. The following EEG indexes are analyzed: spectral edge frequency (*SEF95*), burst-suppression ratio (*BSR*), relative beta ratio (*RBR*) and spectral entropy (*SE*). The initial data for the study are the EEG recordings obtained from the electrodes located on the forehead of the patient during the operation. Propofol was used as an anesthetic. To implement the algorithm and experiments, MATLAB programming environment was used. The AUC measure was used as an indicator of effectiveness of ANN. It was shown that combined use of the listed above parameters as an input to ANN demonstrates high performance.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ ПО ИЗОБРАЖЕНИЯМ МАЗКОВ КРОВИ

Пузанкова К.А., Карапулов А.А., Жуков К.Н.

МГТУ им. Н.Э.Баумана kseniapuzankova@mail.ru, karaulov@litres.ru, zhukovkn@yandex.ru

Цель работы: разработать алгоритм классификации лейкоцитов.

Задачами работы являются разработка алгоритмов сегментации и классификации лейкоцитов на шесть основных типов по микроскопическим изображениям мазков крови, определение основных морфологических параметров лейкоцитов.

Лейкоциты играют важную роль в поддержании иммунной системы: общей функцией всех лейкоцитов является защита организма от бактериальных и вирусных инфекций, паразитарных инвазий, поддержание тканевого гомеостаза и участие в регенерации тканей [1]. Для выявления патологии на ранних стадиях необходимо следить за динамикой изменения лейкоцитарной формулы. Исследование лейкоцитарной формулы (соотношение между различными формами лейкоцитов) имеет большое значение в диагностике гематологических, инфекционных, воспалительных заболеваний, а также при оценке тяжести состояния и эффективности проводимой терапии.

Общие сведения о лейкоцитах

Лейкоциты (белые кровяные клетки) – ядросодержащие форменные элементы крови, размером от 4 до 20 мкм, по строению аналогичны другим клеткам организма человека [2]. На рисунке представлены типы лейкоцитов, встречающиеся в периферической крови (рисунок 1) [3].

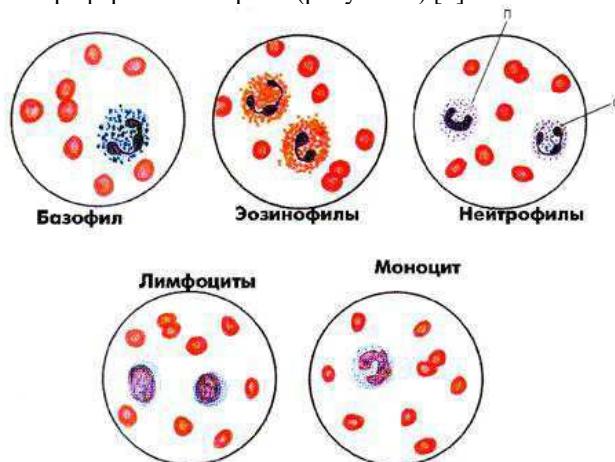


Рисунок 1 – Типы лейкоцитов, встречающихся в периферической крови

В таблице представлена лейкоцитарная формула здорового человека (таблица 1).

Таблица 1 – Лейкограмма здорового человека, %

Гранулоциты			Агранулоциты (мононуклеары)		
Нейтрофилы			Базофилы	Эозинофилы	Лимфоциты
Юные	Палочко-ядерные	Сегментоядерные			Моноциты
от 0 до 1	от 1 до 4	от 50 до 65	от 0 до 1	от 1 до 4	от 25 до 40
					от 2 до 8

Обзор существующих систем исследования проб крови. При проведении клинического анализа крови с последующим определением лейкоцитарной формулы в настоящее время применяются два метода анализов: проточная цитометрия и микроскопический анализ, который подразделяется на автоматизированный и визуальный анализ.

Проточная цитометрия. Определение лейкограммы методом проточной цитометрии основано на анализе электродинамических свойств клеток. Кровь разбавляют, обеспечивая тем самым перемещение форменных элементов из одного резервуара в другой через капиллярную трубку. Каждая клетка, содержащаяся в пробе, является причиной импульса в электронной системе. Если импульс переходит определенный порог, число элементов в классе увеличивается. Этот метод подходит для определения лейкоцитарной формулы в

сравнительно больших объемах крови, однако, не учитывает морфологию клеток, и, как следствие, должна применяться с методами визуального анализа [4].

Микроскопический анализ мазка крови. Появление проточного цитоанализа облегчило задачу диагностики, но он не позволяет дифференцировать лейкоциты с измененной или атипичной морфологией, бластные и юные клетки. Визуальный анализ мазков крови проводится специалистом, который с помощью микроскопа оценивает количество тех или иных типов лейкоцитов, учитывает их морфологические особенности. Сложность данного метода состоит в том, что для корректного оценивания форменных элементов крови необходимо, чтобы при приготовлении мазка крови лейкоциты сохраняли свои морфологические характеристики, это возможно только в области монослоя. Визуальный анализ – трудоемкий для лаборанта процесс, при этом выявление морфологических параметров клеток происходит субъективно, на основании имеющихся профессиональных навыков, что может приводить к неверной классификации [5].

В лабораторной диагностике гематологических заболеваний ведущую роль играет качественная оценка морфологических критериев клеток крови. Сочетание классических методов анализа клеток крови с компьютерным анализом изображения лежит в основе специализированных комплексов, предназначенных для автоматизации рабочего места врачей клинической лабораторной диагностики, занимающихся подсчетом и оценкой формулы и морфологических особенностей клеток крови [6].

Разработка алгоритма сегментации лейкоцитов. Для проведения сегментации лейкоцитов для начала необходимо на мазке крови обнаружить их. При этом необходимо минимизировать вероятность пропуска клеток. Критерием качества сегментации лейкоцитов является правильное определение границ ядра и цитоплазмы лейкоцита. Для правильной сегментации изображения необходимо обеспечить требуемое качество мазка крови: так как в мазке помимо лейкоцитов встречаются и другие форменные элементы (тромбоциты, эритроциты), результатом сегментации должно являться выделение лейкоцитов на фоне других элементов крови. Очевидным признаком лейкоцитов является наличие ядра, поэтому, для исключения других клеток крови, первым этапом будет выделение ядра на изображении. После этого требуется аналогичным образом произвести оконтуривание самого лейкоцита. Пример сегментации лейкоцита приведен на рисунке 2.

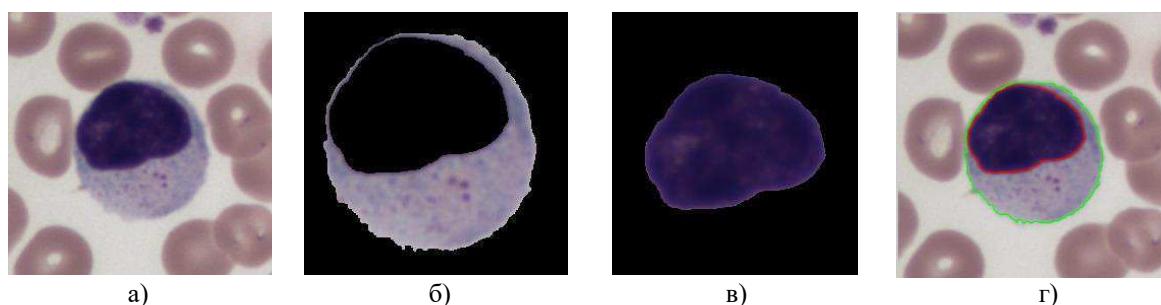


Рисунок 2 – Результат сегментации лейкоцита:

- исходное изображение;
- результат сегментации цитоплазмы;
- результат сегментации ядра;
- отображение результатов сегментации.

В рамках данной работы будем использовать методы пороговой сегментации с фиксированным порогом, вычисляемым по гистограмме для каждого конкретного изображения. Порог для сегментации ядра будет выбираться с использованием особенности цветовых характеристик ядра, которое выделяется на фоне всего мазка крови (цитоплазмы, других форменных элементов).

Алгоритм классификации лейкоцитов по морфологическим характеристикам. Для классификации различных типов лейкоцитов будем использовать следующие морфологические характеристики [7]:

- количество долей ядра: позволяет произвести отделение гранулоцитов от агранулоцитов;
- размер клетки: по размеру клетки можно однозначно определить моноциты как самые большие клетки, содержащиеся в мазке крови человека;
- форма ядра: различные типы лейкоцитов отличаются друг от друга по форме ядра, к форме ядра будем относить параметр Solidity (коэффициент выпуклости), коэффициент округлости ядра;
- зернистость клетки: используя этот параметр, можно определить все клетки, в ядре или цитоплазме которых наблюдается неоднородная окраска, т.е. можно определить наличие гранул;
- цветовые характеристики: цветовые характеристики эозинофилов отличаются от остальных типов клеток, клетка является более оранжевой по сравнению с другими типами лейкоцитов.

Причисление к тому или иному типу лейкоцитов будет производиться с помощью экспериментально установленных порогов значений, для каждого из выбранных морфологических параметров. Для определения размера ядра будем использовать дескриптор области – эквивалентный диаметр клетки. Форму ядра будем определять с помощью коэффициента выпуклости и коэффициента округлости ядра. Наличие зернистости может быть определено в результате сравнения однородности цитоплазмы с некоторым пороговым значением, либо энтропия цитоплазмы, характеризующая среднее количество информации, приходящееся на один пиксель изображения. Текстурные характеристики ядра определяются путем вычисления энергии ядра.

На рисунке представлена схема классификации лейкоцитов (рисунок 3).

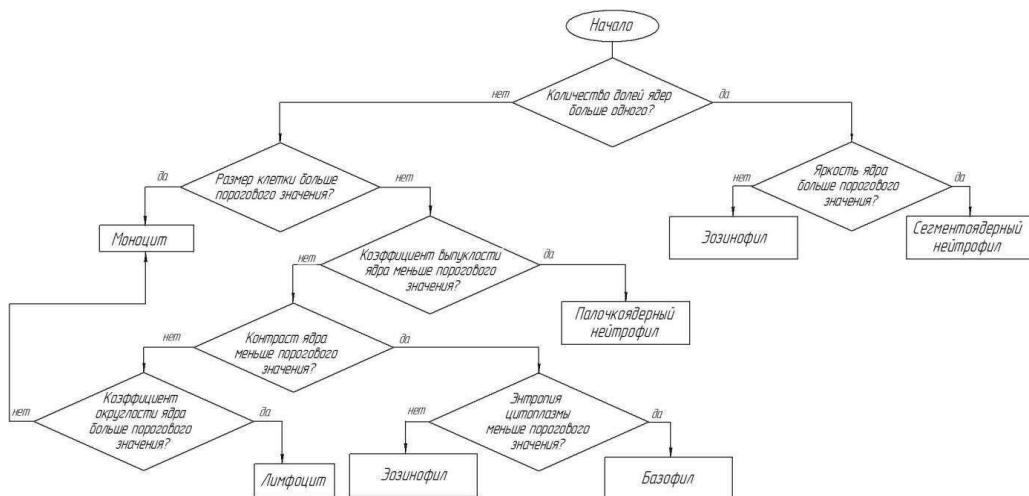


Рисунок 3 – Схема классификации лейкоцитов

Пороговые значения количества сегментов ядра и размеров клеток были выбраны на основании теоретических данных и анализа распределения величин без определения ошибок первого и второго рода [8]. Пороговые значения и ошибки классификации представлены в таблице (таблица 2).

Таблица 2 – Пороговые значения для классификации лейкоцитов

Морфологическая характеристика	Равновероятная ошибка p_0	Пороговое значение
Количество сегментов ядра, шт	–	1
Эквивалентный диаметр клетки, мкм	–	14,0
Коэффициент выпуклости ядра	0,027	0,838
Контраст ядра	0,049	0,123
Коэффициент округлости ядра	0,004	0,819
Энтропия цитоплазмы	0,000	5,75
Яркость ядра	0,014	141,79

Результаты классификации. Для получения результатов классификации контрольная выборка, состоящая из 293 изображений лейкоцитов, была проанализирована с помощью описанного выше алгоритма классификации лейкоцитов. В таблице приведены результаты классификации лейкоцитов и относительная частота правильной классификации (таблица 3).

Таблица 3 – Результаты классификации лейкоцитов

Результаты визуального анализа	Результаты автоматической классификации							Относительная частота правильной классификации, %
	Тип клетки	М	Л	ПЯ	СЯ	Э	Б	
Моноциты (М)	19	3	3	2	1	0	28	67,9
Лимфоциты (Л)	5	101	1	0	0	0	107	94,4
Палочкоядерные нейтрофилы (ПЯ)	2	0	8	2	0	0	12	66,7
Сегментоядерные нейтрофилы (СЯ)	1	2	11	106	12	1	133	79,7
Эозинофилы (Э)	0	0	1	1	8	1	11	72,7

Базофилы (Б)	0	0	0	0	1	1	2	50,0
Всего	27	106	24	111	22	3	293	–
Предсказательная ценность результата классификации, %	70,4	95,3	33,3	95,5	36,4	33,3	–	–

Результатом данной работы является реализация алгоритмов: сегментации клетки, расчета комплекса дескрипторов по сегментированным изображениям лейкоцитов, реализован алгоритм автоматической классификации лейкоцитов в среде MatLab. Средняя частота правильной классификации составляет 82,9 % по базе данных 293 клеток. В дальнейшем для уменьшения ошибок классификации необходимо повышать качество сегментации лейкоцитов путем улучшения использующихся для этого методов, для уменьшения ошибок обусловленных большой вариабельностью параметров лейкоцитов планируется увеличить размер обучающей выборки для получения более достоверных статистических данных.

Библиографический список

- Агаджанян Н. А. Основы физиологии человека: учебник для студентов вузов, обучающихся по медицинским и биологическим специальностям: 2-е издание, исправленное. М.: РУДН, 2001. 408 с.
- Балалаева И.В. Проточная цитофлуориметрия: учебно-методического пособие. Нижний Новгород: издательство Нижегородского госуниверситета, 2014. 75 с.
- Боровиков В.И. STATISTICA: искусство анализа данных на компьютере. СПб.: Питер, 2001. 650 с.
- Воробьева Е. А., Губарь А. В., Сафьянникова Е. Б. Анатомия и физиология: учебник для медицинских училищ. 4-е изд., стереотип. М.: Альянс, 2005. 431 с.
- Гонсалес Р., Вудс Р., Эддинс С. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.: Техносфера, 2006. 621 с.
- Луговская С.А., Почтарь М.Е. Гематологический атлас. Москва-Тверь: изд-во Триада, 2008. 296 с.
- Обзор методик автоматизированной микроскопии биоматериалов / В. С. Медовый, А. А. Парпара, А. М. Пятницкий [и др.] // Клиническая лабораторная диагностика. 2006. № 7. С. 10-15.
- Пантелеев В. Г., Егорова О. В., Клыкова Е. И. Компьютерная микроскопия. М: Техносфера, 2005. 304 с.

DEVELOPMENT OF THE ALGORITHM OF CLASSIFICATION OF LEUKOCYTES ON IMAGES OF BLOOD PULSES

Puzankova K.A., Karaulov A.A., Zhukov K.N.

Bauman Moscow State Technical University kseniapuzankova@mail.ru, karaulov@litres.ru,
zhukovkn@yandex.ru

The article is devoted to the development of leukocyte classification algorithms for the main six types. Existing methods of blood testing were considered, the main morphological parameters of leukocytes were described, allowing them to be classified. Within the framework of this work, cell segmentation algorithms and leukocyte classification algorithms have been developed based on the threshold values of the morphological parameters of cells. The algorithm was tested on a control sample, where it showed high accuracy.



РАЗРАБОТКА БИОМЕТРИЧЕСКОГО МУЛЬТИМОДАЛЬНОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО ПРОПУСКНОГО МОДУЛЯ.

А. А. Быков, С. Г. Чекунков

МГТУ им. Н.Э. Баумана, факультет «Биомедицинская техника»,
sani.bikov@yandex.ru, sergey-fps@yandex.ru

Введение

Важная роль по обеспечению безопасности в пограничной сфере отводится подразделениям пограничного контроля, охраняющим государственную границу в пунктах пропуска через нее [1]. Для обеспечения надлежащего качества проводимого контроля, требуется применять специализированные технические средства[2].

В условиях высокого уровня пассажиропотока, возрастающего количества выявленных нарушений, связанных с использованием чужих и поддельных документов, а также большой нагрузки на личный состав подразделений пограничного контроля первоочередной задачей Пограничной службы ФСБ России становится автоматизация пограничного контроля, в том числе процесса идентификации личности.

Существующие методы биометрической идентификации по лицу

Современные алгоритмы автоматической биометрической идентификации по двумерному изображению лица человека обладают перспективой использования на различных этапах пограничного контроля благодаря уникальным свойствам скрытности и бесконтактности. При этом условия регистрации изображений при прохождении пограничного контроля существенно влияют на качество распознавания.

Несмотря на большое разнообразие алгоритмов, можно выделить несколько методов идентификации процесса распознавания лиц.

1) Метод гибкого сравнения заключается в эластичном сопоставлении графов, описывающих изображения лиц. Лица представлены в виде графов с взвешенными вершинами и ребрами. На этапе распознавания один из графов – эталонный – остается неизменным, в то время как другой деформируется с целью наилучшей подгонки к первому [3]. Результат распознавания системы – эталон с наилучшим значением ценовой функции деформации. Недостатками этого метода можно считать: высокая вычислительная сложность процедуры распознавания и низкая технологичность при запоминании новых эталонов

2) Нейронные сети (НС) – одни из самых широко используемых вариантов построенные на многослойном перцептроне, которые позволяют классифицировать поданное на вход изображение/сигнал в соответствии с предварительной настройкой/обучением сети. В процессе обучения НС происходит автоматическое извлечение ключевых признаков, определение их важности и построение взаимосвязей между ними. Недостаток: НС – «черный ящик» с трудно интерпретируемыми результатами работы.

3) Метод главных компонент. В задаче распознавания лиц его применяют главным образом для представления изображения лица вектором малой размерности (главных компонент), который сравнивается затем с эталонными векторами, заложенными в базу данных.

Главной целью метода главных компонент является значительное уменьшение размерности пространства признаков таким образом, чтобы оно как можно лучше описывало «типичные» образы, принадлежащие множеству лиц. Используя этот метод можно выявить различные изменчивости в обучающей выборке изображений лиц и описать эту изменчивость в базисе нескольких ортогональных векторов, которые называются собственными.

Таким образом, эффективность всех алгоритмов примерно одинаковая. В этой связи трудно или даже невозможно провести четкие различия между ними. Для фронтальных изображений, сделанных в один и тот же день, приемлемая точность распознавания, как правило, составляет 95%. Но для работы автоматического пропускного модуля требуется вероятность распознавания 99% и более. Поэтому, проанализировав существующие методы биометрической идентификации по лицу, можно сказать, что нейронные сети имеют приоритет, так как обладают хорошей обобщающей способностью, опыт, полученный в процессе обучения, НС может успешно распространять на всё множество признаков. Также, НС (многослойные персептроны) могут хорошо экстраполировать, т.е. применять свой опыт на качественно иные образы, чем те, которые встречались в обобщающей выборке.

Выводы

Выявленные на практике проблемы, на разрешение которых направлена магистерская работа, заключаются в следующем: существуют противоречия между высокими требованиями к вероятностным характеристикам алгоритмов биометрической верификации в пунктах пропуска и зависимостью показателей вероятностных характеристик от особенностей работы алгоритмов верификации, а также между неустойчивостью алгоритмов верификации личности к изменениям условий регистрации биометрических характеристик пассажира и невозможностью обеспечения идентичных условий их регистрации в пункте пропуска.

В ходе научно-исследовательской работы предстоит решить следующие задачи:

1. Провести анализ современного состояния и перспективы использования нейросетевых технологий идентификации личности по двумерному изображению лица.
2. Разработать автоматический пропускной модуль идентификации личности по изображению лица с вероятностью распознавания до 99% с использованием нейросетевых технологий.
3. Дополнить автоматический пропускной модуль технологией идентификации личности по отпечаткам пальцев.

Задачи планируется решить с применением методов исследования: теория распознавания образов, методы цифровой обработки изображений, математической статистики и экспериментальных исследований.

Библиографический список

1. Закон РФ от 1 апреля 1993 г. № 4730-1 «О Государственной границе Российской Федерации» // Российская Газета. 1993. № 84 Востриков В.А.
2. Распоряжение Правительства РФ от 15 марта 2005 г. № 277-р «Концепция создания государственной системы изготовления, оформления и контроля паспортно-визовых документов нового поколения» // СЗ РФ. 2005. № 12. Ст. 1068

3. Atick, J. J., Griffin, P., and Redlich, A. N. (1995). Face-recognition from live video for real-world applications — now. *Advanced Imaging*,

DEVELOPMENT OF BIOMETRIC MULTIMODAL AUTOMATIC ACCESS MODULE

Bykov A.A., Chekynkov S.G.

Moscow State Technical University, sani.bikov@yandex.ru, sergey-fps@yandex.ru

The article is devoted to the work on the development of an automatic access module

О ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЧИСЛА АРИТМОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ СКРИНИНГ-ТЕСТИРОВАНИЯ

Баландин В.А., Беседина С.А.

Физико-технологический институт Московского технологического университета, Кафедра оптических и биотехнических систем и технологий, e-mail: besedina.svetlan@yandex.ru

Согласно исследованиям ВОЗ, с конца прошлого века стремительно растет количество больных, имеющих тяжелые патологии сердечно-сосудистой системы. По данным Информационного бюллетеня №317 подобные заболевания лидируют среди причин смерти от неинфекционных болезней, летальные исходы составляют более 30% от общего числа смертей [1].

Такая тревожная тенденция возникает вследствие взаимодействия длинного ряда внешних факторов. Значительную проблему составляет так же слабая информированность населения о собственных патологиях и, как следствие, начало лечения уже на слишком тяжелых стадиях.

В сложившейся ситуации решением может стать использование высокочувствительных и дешевых в применении обследований. Требованиям, предъявляемым к скрининг-тестам, соответствует аритмологическая кардиоинтервалография. Это направление аритмологии, изучающее изменения последовательностей интервалов сердечного ритма, вызванные заболеваниями сердечно-сосудистой системы.

В процессе анализа применяются средства описательной статистики, их производные – индексы состояния организма, а так же методы спектрального анализа функции. В результате проведения теста получается ряд значений числовых параметров, по отклонению которых от нормального значения можно судить о состоянии здоровья пациента.

На сегодняшний день методика использует более 40 численных параметров, большая часть из которых является избыточными [2] и представляет интерес только для узких специалистов. Подобное обилие информации сильно затрудняет построение картины отклонений и постановку даже предварительного диагноза. Несколько упрощает задачу использование пиктографиков [3], однако данный метод так же имеет количественные ограничения.

Однако поскольку все параметры описывают аспекты состояния одной физиологической системы, и часть из них вычисляется на основе других, тем самым наследуя их взаимосвязь, некоторые из параметров оказываются статистически и функционально взаимосвязаны друг с другом, что позволяет исключить их из анализа, не снижая прогностичности метода. [4]

В данной работе анализируется возможность исключения части показателей из рассмотрения при проведении теста. В качестве исходной базы были взяты записи пациентов в возрасте от 54 до 75 лет. Пациенты разделены на две группы по 20 человек. У пациентов I группы независимыми методами не были диагностированы аритмические патологии помимо обычных возрастных изменений, у пациентов II группы диагностирована аритмия желудочкового типа разной степени выраженности. Все записи имеют длительность 30 минут. Данные взяты из открытой научной базы данных медицинских сигналов Physionet [5].

Для всех записей были вычислены 38 общеупотребительных статистических и спектральных числовых параметров. Были вычислены значения коэффициентов взаимной корреляции параметров. Затем были исключены факторы, взаимосвязанные на 85% и более; параметры, имеющие слишком низкий уровень значимости в анализе, так же были исключены. В результате число показателей в анализе уменьшилось вдвое.

Оставшиеся переменные были подвергнуты дискриминантному анализу. Это метод многомерного статистического анализа, позволяющий на основании ряда переменных спрогнозировать принадлежность объекта исследования к одной из групп. Метод так же дает возможность распределить переменные по степени информативности и их вкладу в классификационную модель. В данном случае, мы классифицируем пациентов на 3 группы: здоровые пациенты и пациенты, имеющие слабо выраженную и явную аритмию.

Применение дискриминантного анализа позволило включить в анализ только наиболее значимые параметры. Их список приведен в таблице 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Обозначение в работе	Физиологический и аналитический смысл параметра
Мода	Mo	Наиболее частое значение
Коэффициент вариации	CV	Относительная мера рассеивания
Процентная представленность случаев различия последовательных интервалов более, чем на 50 мс	pNN50	Отражает активность парасимпатического звена вегетативной регуляции
Показатель адекватности процессов регуляции	ПАПР	Отражает соответствие между активностью симпатического отдела ВНС и ведущим уровнем синусового узла
Индекс напряжения регуляторных систем	ИН	Отражает степень централизации управления сердечным ритмом
Вегетативный показатель (комплексный)	ВП	Характеризует общую вариабельность сердечного ритма
Процентное содержание высокочастотных компонентов спектра	HF%	Характеризует активность парасимпатического отдела регуляции
Процентное содержание очень низкочастотных компонентов спектра	VLF%	Характеризует баланс влияния парасимпатического и симпатического отделов регуляции

Результаты классификации пациентов по 38 параметрам приведены в таблице 2, по 8 параметрам - в таблице 3.

Таблица 2

		Классифицируются как			Верно классифицируется, %
		Нет аритмии	Слабая аритмия	Явная аритмия	
Заведомо принадлежат к группе	Нет аритмии	20	0	0	100
	Слабая аритмия	0	10	0	100
	Явная аритмия	0	0	10	100
Всего		20	10	10	100

Таблица 3

		Классифицируются как			Верно классифицируется, %
		Нет аритмии	Слабая аритмия	Явная аритмия	
Заведомо принадлежат к группе	Нет аритмии	20	0	0	100
	Слабая аритмия	0	9	1	90
	Явная аритмия	0	2	8	80
Всего		20	11	9	92,5

При использовании в качестве классификаторов ряда из 8 параметров число ложноотрицательных и ложноположительных диагнозов составляет 0%; неверно классифицируется лишь степень выраженности заболевания, что объясняется перекрытием симптомов. Для скрининг-теста подобная чувствительность является приемлемой.

Значения параметров для разных групп больных в процентном соотношении приведены на рисунке 1 (за 100% взяты средние значения для группы здоровых).

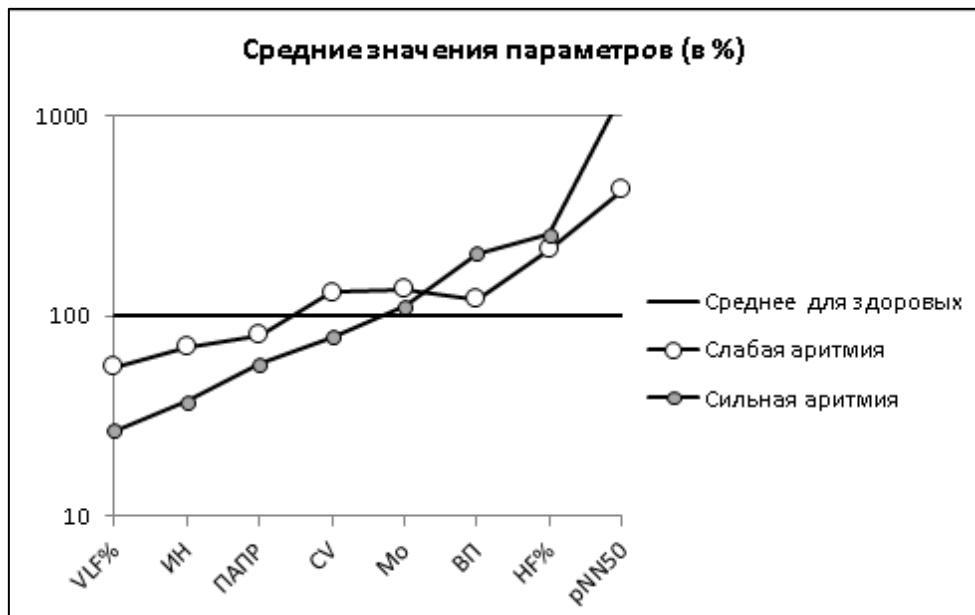


Рисунок 1 – Значения параметров для разных групп больных

Таким образом, в статье показана возможность снижения числа аритмологических показателей, используемых для постановки диагноза, с сохранением приемлемой для скрининг-теста прогностичности, по крайней мере, для рассмотренного вида аритмии.

Библиографический список

1. Сердечно-сосудистые заболевания, Информационный бюллетень №317 Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ)
2. Кулаичев А.П. Статистическое исследование диагностической информативности показателей вариабельности сердечного ритма / Кулаичев А.П. // Функциональная диагностика. – 2012. – Вып. 1. - С.56-64.
3. Беседина С.А. Кардиопортрет пациента по результатам статистического анализа параметров аритмии / Беседина С.А., Баландин В.А. // Информатика и технологии. Инновационные технологии в промышленности и информатике: междунар. науч. конф. –Москва, 2017 – С. 330-332
4. Беседина С.А., Баландин В.А. Корреляция показателей вариабельности сердечного ритма // Научный диалог: Молодой ученый. Сборник научных трудов, по материалам XI МНПК 22 ноября 2017 г. - М.: ЦНК МНИФ «Общественная наука», 2017. - С. 34.
5. Goldberger AL, Amaral LAN, Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. Circulation 101(23):e215-e220 [Circulation Electronic Pages; <http://circ.ahajournals.org/content/101/23/e215.full>; 2000 (June 13).].

ON THE POSSIBILITY OF REDUCING THE NUMBER OF ARRHYTHMOLOGICAL INDICATORS DURING SCREENING TESTS

Balandin V.A., Besedina S.A

The Department of optical and biotechnical systems and technologies of Physico-technological institute of Moscow technological university, e-mail: besedina.svetlan@yandex.ru

The work is devoted to the analysis of the possibility of reducing the number of arrhythmological indicators used for the diagnosis, without reducing the predictability of the method.



РОЛЬ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ИСКЛЮЧЕНИИ ОШИБОК ДИАГНОСТИКИ И ТЕРАПИИ

Лищук В.А.¹, Газизова Д.Ш.², Сазыкина Л.В.², Шевченко Г.В.³, Леонов Б.И.¹, Фролов С.В.⁴, Маковеев С.Н.⁵
¹Медико-техническая академия, Москва; ²ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава РФ, Москва. ³АО «Открытые технологии 98», Москва. ⁴Тамбовский государственный технический университет, Тамбов. ⁵ТОГБУ «Компьютерный центр», Тамбов, lischouk@rambler.ru

Анализ отчётов и результатов собственных исследований по применению математических моделей и интеллектуальных технологий в клинической практике, а также анализ научных публикаций и методических рекомендаций показал улучшение качества лечения при применении интеллектуальных технологий, в том числе значимое в 2-3 раза снижение осложнений и смертности [1-3, 8, 13, 17, 19, 20, 22, 23, 24, 26, 27, 28, 29, 30, 39].

Вместе с тем, эти данные и анализ выявили недостатки и ошибки диагностики и терапии [4, 6, 7, 11, 14, 18, 21, 22]. При этом несмотря на многочисленные многолетние подробные и даже персонифицированные публикации в научных изданиях [25, 32, 33, 34] ошибки продолжаются [34, 35, 36, 37]. Это обуславливает недопустимо высокую летальность [34], осложнения и страдания больных в послеоперационном периоде. Такое положение не позволит перейти к конкурентоспособной медицине, преодолеть проблему здравоохранения в РФ (27). Такое положение в медицине приносит вреда и горя не меньше, чем паводки, лесные пожары, аварии на транспорте и в строительстве.

Цель. Повысить качество лечения. В основном лечения сердечно-сосудистых заболеваний (они часто представляются как наиболее грозная причина нездоровья Россиян).

Материал и методы. В последние годы с помощью математических моделей подробно и целенаправленно исследовано состояние 414 больных с критическими нарушениями. Дополнительно использован материал публикаций за разные годы для больных различных нозологий и тяжести (например, [29, 30, 34, 38]. А также другие публикации. Проводился подробный статистический анализ, а также имитация и идентификация с помощью цифровых моделей. Рассчитывались индексы и относительные величины всех клинически значимых показателей.

Результаты. Рекомендации Российского кардиологического общества (как и ECS) по-прежнему не выполняются при лечении более 20% больных с осложнениями. Далее мы приведём это обстоятельство в качестве конкретного примера [5, 11, 17].

Артериальное давление (АД) используется как критерий терапии более чем у 25% осложнённых больных. Поддерживается среднестатистическая или исходная величина, при этом АД не соответствует виду и тяжести патологии [16, 17, 33, 34].

Более чем 30% больных с осложнениями протекают с выраженной (более 30%) перегрузкой сердца. Это ведёт к истощению резервов миокарда и осложнениям [32, 33].

Усреднение измерений за клинически необоснованное время (несколько секунд, минуту и т.п.) относится ко всем медицинским измерителям и параметрам: АД, ЧСС, МОК и т.п. [4, 6].

Аппаратная обработка не отражается в инструкциях, что приводит к неверным оценкам состояния сердечно-сосудистой системы [4, 6].

Рекомендации, основанные на ошибочных размерностях, встречаются реже, чем до 2015 г., но всё же часто [11, 34]. И во многих других научных публикациях.

Использование абсолютных величин вместо индексов продолжает иметь место (ОЦК, кровопотеря, КДО и др.) [34, 36, 37].

Имеет место профилактическое назначение кардиотоников, когда СИ выше нормы [34, 36].

Разброс показателей больных без осложнений имеет те же пределы, что и при осложнениях. Поэтому использование единичных измерений не позволяет определить причины осложнений. Необходимо использовать тренды.

Сейчас используются заранее предопределённые рекомендации (ВНОК, ECS, стандарты и т.п.). Переход к синтезу тактики лечения в ходе терапии (в RTE) является наиболее перспективным направлением.

Патологические, терапевтические и регулирующие процессы не разделяются и, соответственно, не выделяется и не оценивается их роль в заболевании, что не позволяет сформировать адекватную тактику лечения.

Не имеет места и не ведётся математическое, техническое и организационное (административное) объединение мониторинга (МКС, АСОР, ТИТ), видео- и аудиоконтроля (ЭхоКГ, ТК, и т.п.), а также исполнительных органов.

Эффективность лечения страдает от отсутствия оперативной on-line оценки качества терапии. Особо вредно отставание в применении виртуальных тренажеров (даже тех, которые разработаны в РФ).

Неприменение Автоматизированных систем управления. Другими словами, ручное составление расписаний и несистемный контроль его выполнения – источники неэффективного использования операционных, оборудования, кадрового потенциала, других ресурсов, а также – несправедливого и нерационального распределения ресурсов.

Продолжают иметь место и другие недостатки (например, отсутствие обоснования выбора доз введения 2-х и более сильнодействующих препаратов одновременно; Липцук В.А. и др., 2000-2017. И многие другие публикации.).

В «Протоколах анестезиологического обеспечения кардиохирургических операций, выполняемых при ишемической болезни сердца, патологии клапанного аппарата, нарушениях ритма, гипертрофической кардиомиопатии, аневризмах восходящего отдела и дуги аорты у пациентов различных возрастных групп» имеются следующие критические недостатки [36]. Протоколы не учитывают:

1. потерю и восполнение крови и жидкости, так как не используют индекс ОЦК;
2. не учитывают функциональную способность правого и левого желудочка (оценивают фракцией выброса (стр. 52, 53), хотя уже несколько лет Guidelines ESC акцентируют внимание на фактах, из которых следует, что фракция выброса не отражает СН при СН-сФВ, а также СН-срФВ;
3. игнорируют емкостные сосуды, т.е. эластичность и тонус сосудистых резервуаров, артериального, венозного, легочного артериального и легочного венозного компартментов.

Эти протоколы опираются на абсолютные показатели: конечно-диастолический и конечно-sistолический объемы, общее легочное и общее периферическое сосудистые сопротивления, объем циркулирующей крови, сердечный выброс (в соответствии со списком сокращений). Единственный присутствующий индекс – СИ. Параметры перечисленных выше групп больных могут варьировать в несколько раз, поэтому использование индексов необходимо. Рекомендации, основанные на использовании абсолютных величин, не отвечают современным возможностям и мировому опыту. Например, на основании изменения ОПСС выбирается терапия норадреналином. Для ОПСС (стр. 42) приводится норма в 1000-1200 дин с/см⁵, всем пациентам большого, среднего, высокого роста, разного возраста – одинаковые рекомендации. Отсюда высокий процент полиорганной недостаточности и высокая летальность. Необходимо использовать индексы, т.к. параметры существенно варьируют (площадь поверхности тела взрослых людей варьирует примерно от 1,5 до 2,3 м²). В работах авторы «Протоколов» используют индексы, верные значения норм и адекватные рекомендации [9, 10, 15, 16, 17, 23, 24, 29, 30, 32].

Приходится заключить: эти рекомендации [36] не отвечают современным возможностям контроля и анализа, не соответствуют мировому опыту, традициям Центра им. А.Н. Бакулева, как и сердечно-сосудистой хирургии России. Эти рекомендации наносят громадный вред пациентам и врачам. Особенно учитывая, что НМИЦ ССХ имеет статус головного учреждения.

В других «Протоколах анестезиологического обеспечения кардиохирургических операций, выполняемых у новорожденных и детей первого года жизни», также используются абсолютные показатели оценки сердечно-сосудистой системы. Как-то: КСО, КДО, ОЛСС, ОПСС, ОЦК, СВ (это в соответствии со списком сокращений, с. 5, 6). И в тексте рекомендаций индексы не используют (например, с. 20, 21, или 40). Параметры детей первого года жизни могут значительно отличаться. До двух и более раз. Приходится опять заключить: и эти рекомендации не отвечают современным возможностям контроля и анализа, не соответствуют мировому опыту, традициям НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева, как и сердечно-сосудистой хирургии России. Недопустимое отношение к лечению детей и взрослых тоже.

Выводы. Нарушение рекомендаций, неверные вычисления и размерности, использование абсолютных величин вместо индексов, перегрузки сердца лечебными мерами, неоправданное использование адреналина и других кардиотоников и т.п. ведут к осложнениям и летальным исходам. **Должны быть приняты административные и образовательные меры, не допускающие эти нарушения**, например, [21, 26, 27].

Неверно использовать абсолютные показатели при обобщениях клинического (научного) материала, включающего больных значимо разного роста, веса, пола, возраста и заболеваний. Такие обобщения имеют место даже тогда, когда разброс показателей достигает десятков процентов, а результаты обосновываются различиями в несколько процентов. Эти необоснованные результаты имеют массовый характер. Их количество возросло в последние годы [34].

Представление результатов клинических исследований неполными данными резко снижает их надежность и может способствовать внедрению в практику лечения необоснованных рекомендаций. Такие исследования распространены. Регулятор, редакторы журналов, руководители диссертаций должны соблюдать основной принцип науки – воспроизводимость.

Предложения. Для преодоления описанных выше недостатков необходимо освоение и внедрение в практику современных интеллектуальных технологий, цифровых моделей, опережающей имитации, виртуальных тренажёров, защиты персональных данных, методов защиты от манипулирования и т.п. [5, 8, 9, 14, 26, 33].

Необходимо использовать объективные мониторно-компьютерные тренды для лечения и для анализа результатов при обсуждении осложнений [35].

Реакции регуляции в ответ на ОСН (патологию) и в ответ на терапию (лечебные меры) должны определяться (вычисляться) в ходе лечения и использоваться для его коррекции. В настоящее время процессы регуляции не учитываются при формировании тактики лечения [34, 12, 22,]. Алгоритмы вычленения, количественной оценки и использования для лечения процессов компенсации, защиты, стабилизации и баланса нужно включить в рекомендации [34, 15].

Библиографический список

1. Burakovskiy V.I., Lischouk V.A., Clinical-mathematical approach to the study of acute circulatory disorders following open-heart operations// In: Congenital heart disease. 4-th USA-USSR Joint Symposium, M. 1981. – P.198-202.
2. Burakovskiy V.I., Lischouk V.A., Kertsman V.P. Diagnosis of acute heart failure after open-heart surgery using mathematical models. In. Congenital heart disease. Fifth USA-USSR Joint Symposium. - Williamsburg, Virginia. 1983. - P.251-271.
3. Lischouk V.A. Clinical results with computer support of the decisions // Databases for cardiology; ed. By Meester G.T., Pinchiroli F. - Dordrecht: Kluwer academic publishers, 1991. - pp. 239-259.
4. Бокерия Л.А., Викторов В.А., Лищук В.А. Реализация метрологической оценки контроля сердечно-сосудистой системы с помощью современных информационных систем // Всероссийская научная конференция «Медицинская информатика накануне 21 века». Часть 1. – СПб: Издательство НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 1999. – С. 12-13.
5. Бокерия Л.А., Газизова Д.Ш., Колоскова Н.Н., Лищук В.А., Сазыкина Л.В. К рекомендациям по лечению острой сердечной недостаточности в связи с использованием новейших технологических достижений // Бюлл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. XVII ежегодная сессия научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева РАМН. – 2013. – Т.14, №3. – С. 84.
6. Бокерия Л.А., Леонов Б.И., Лищук В.А. Актуальность экспертизы (метрологической оценки) современных измерительных медицинских методик и приборов для интенсивной терапии, реанимации, функциональной диагностики и кардиохирургии // Клиническая физиология кровообращения. – 2005. - №3.– С. 65-78.
7. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Цховребов С.В., Никитин Е.С., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Ткаченко А.В., Мамчин С.Л. Оценка полезности действия адреналина и снижение давления во время и после операций аортокоронарного шунтирования // 4 ежегодная сессия НЦССХ им. А.Н. Бакулева. - 2000 г. – С. 271
8. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Газизова Д.Ш. Математические модели сердца, кровообращения и дыхания в экспериментальных и клинических исследованиях: обобщение тридцатилетнего опыта// Сердечно-сосудистые заболевания: Экспериментальные исследования. – М., 2003.- Вып.: 4, №2. – С. 28-33.
9. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Газизова Д.Ш. Способ оценки качества кардиохирургического лечения // Патент РФ № 2138048 от 20.09.99, Бюл. №26 (дата подачи заявки от 28.07.97).
10. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Газизова Д.Ш. Способ разделения патологических и компенсаторных реакций сердечно-сосудистой системы// Патент РФ № 2153291 от 27.07.2000, Бюл. №21.
11. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В. Индекс общего сосудистого сопротивления – внимание к его размерности, интерпретации и использованию. // Тринадцатая ежегодная сессия Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева. 2009. - С. 76.
12. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Соболев А.В., Махмудова А.Н., Неджепов М.Б., Дракина О.В. Концепция регуляции сердечно-сосудистой системы – от управления функциями к согласованию возможностей (Часть 5. Роль регуляции) // Клиническая физиология кровообращения. – № 1. – 2013 г. –С. 34-44.
13. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Соколов М.В. 30 лет информатизации НЦССХ им. А.Н. Бакулева и текущие задачи // Клиническая физиология кровообращения. Номер 2. – 2006 г. – М.: Издательство НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. – С. 5-22.
14. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В. Технико-математический контроль кровообращения – состояние и перспективы //Клиническая информатика и телемедицина. – 2012. – Т. 8. – С. 58-72.
15. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Сазыкина Л.В., Газизова Д.Ш. Способ оценки эффективности фармакологических препаратов. Патент РФ № 2136219 от 10.09.99, Бюл. №25 (дата подачи заявки от 28.07.97)
16. Бокерия Л.А., Лищук В.А., Спиридовон А.А., Аракелян В.Г., Газизова Д.Ш., Тутов Е.Г., Сазыкина Л.В., Овчинников Р.С. Изменение показателей центральной гемодинамики на основных этапах операций по поводу аневризм грудного и торакоабдоминального отделов аорты // Сердечно-сосудистые заболевания: Экспериментальные исследования. – М., 2003.- Вып.: 4, №7. – С. 31-46.
17. Бураковский В.И., Бокерия Л.А., Газизова Д.Ш., Лищук В.А., Люде М.Н., Работников В.С., Соколов М.В., Цховребов С.В. Компьютерная технология интенсивного лечения: контроль, анализ, диагностика, лечение, обучение. - М.: 1995. – 85 с., 43 ил.
18. Бураковский В.И., Лищук В.А. Анализ гемодинамической нагрузки миокарда после операций на открытом сердце//Грудная хир. —1977. — № 4. - С. 177-192.
19. Бураковский В.И., Лищук В.А. Индивидуальная терапия при острой сердечно-сосудистой патологии/ Биологическая и медицинская кибернетика. Материалы второй Всесоюзной конференции. Физиологическая кибернетика. Часть 2. М.-Л., 1974. – С. 197-201.
20. Бураковский В.И., Лищук В.А. Результаты индивидуальной диагностики и терапии больных острыми рас-стройствами кровообращения (на основе математических моделей): Препринт 85-29. - Киев, 1985. - 53 с.

21. Газизова Д.Ш. Перегрузка сердца при лечении левожелудочковой сердечной недостаточности – частота, следствия и технология разгрузки. -В кн. Математическая кардиология. Теория, клинические результаты, рекомендации, перспективы. М: ООО «ПРИНТ ПРО». – 2015. – с. 55-77.
22. Газизова Д.Ш. Роль компенсаторных реакций в оценке функционального состояния при острых нарушениях кровообращения // Реализация математических методов с использованием ЭВМ в клинической и экспериментальной медицине: Тез. докл. Всесоюз. конф. 2-ой. – М., 1986. – С 86-92.
23. Газизова Д.Ш., Бокерия Л.А., Лищук В.А., Колоскова Н.Н., Махмудова А.Н., Сазыкина Л.В., Соболев А.В. К количественной оценке тяжести ДКМП// Бюлл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. XVIII ежегодная сессия научного центра сердечно-сосудистой хирургии им.А.Н.Бакулева РАМН– 2014. – Т.15, №3. 2014 – С. 128.
24. Газизова Д.Ш., Лищук В.А., Рыбка М.М., Ярустовский М.Б. Мониторинг, сбор данных и качество лечения в отделениях кардиореанимации НЦССХ им. А.Н. Бакулева. В кн.: "Критические состояния в сердечно-сосудистой хирургии". Совместный симпозиум: НЦССХ им. А.Н. Бакулева (Россия), госпиталь Дж. Хопкинса (США). Доклады. 21-22 ноября 2014 г. Москва, Россия. - 2014. С. 20-32. Рус. и англ.
25. Лищук В.А. Еще раз о типичных ошибках при обработке данных клинического и мониторного контроля. // Седьмой Всероссийский съезд кардиохирургов (10-13 ноября 2001 г.). Тезисы докладов и сообщений. М.: Издательство НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2001 г. Т. 3. № 5.- С.183.
26. Лищук В.А. Интеллектуальное обеспечение диагностики и лечения кровообращения/ В кн.: Лекции по сердечно-сосудистой хирургии, Т.1. М.: Издательство НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН - 2001. - С. 83 -118.
27. Лищук В.А. Место медицины в программе Президента// Медицинская газета. – 1995. – №36. – 17.5.95
28. Лищук В.А. Опыт применения математических моделей в лечении больных после операций на сердце // Вестник АМН СССР. – 1978. - № 11. – С. 33-49.
29. Лищук В.А., Бокерия Л.А. Математические модели и методы в интенсивной терапии: сорокалетний опыт. К 50-летию НЦССХ им А.Н. Бакулева. Часть 1. 1966 – 1986 гг. // Клиническая физиология кровообращения. Номер 1. – 2006 г. – С. 5 – 16.
30. Лищук В.А., Бокерия Л.А. Математические модели и методы в интенсивной терапии; сорокалетний опыт. К 50-летию НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Часть 4. 1996-2006. // Клиническая физиология кровообращения. – 2007 г. №2. С.5-21.
31. Лищук В.А., Газизова Д.Ш. Система клинико-физиологических показателей кровообращения//Клиническая физиология кровообращения. - 2004. - №: 1. – С. 28-38.
32. Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Лобачева Г.В., Овчинников Р.С., Никитин Е.С., Сазыкина Л.В., Серегин К.О., Сокольская Н.О., Бокерия Л.А. Периоперационный мониторинг гемодинамики у кардиохирургических больных: новые возможности и старые недостатки // Анестезиология и реаниматология. № 3. – 2006 г. С. 45-51.
33. Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Лобачёва Г.В., Никитин Е.С., Бокерия Л.А. Совместный анализ данных мониторного контроля, терапии, отчётов и публикаций за 2007-2009 годы. Бюлл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН. Шестнадцатый Всероссийский съезд сердечно-сосудистых хирургов. - 2010. С. 209.
34. Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Шевченко Г.В. Многолетние ошибки лечения критической сердечной недостаточности и актуальные меры по их предупреждению. М.: Изд-во «Ким Л.А.». 2017. 188 с.
35. Лищук В.А., Лобачева Г.В. Почему нет трендов кардиогемодинамики при представлении больных с осложнениями? // Одиннадцатая ежегодная сессия Научного центра сердечно-сосудистой хирургии им. А.Н. Бакулева с Всероссийской конференцией молодых ученых (Москва 13-15 мая 2007): Тезисы докладов и сообщений. Т. 8. № 3. 2007. – С. 139.
36. Рыбка М.М., Хинчагов Д.Я. «Протоколы анестезиологического обеспечения кардиохирургических операций, выполняемых при ишемической болезни сердца, патологии клапанного аппарата, нарушениях ритма, гипертрофической кардиомиопатии, аневризмах восходящего отдела и дуги аорты у пациентов различных возрастных групп». Под ред. Л.А. Бокерия. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева; 2015: 77.
37. Рыбка М.М., Хинчагов Д.Я., Мумладзе К.В., Лобачева Г.В., Ведерникова Л.А. Протоколы анестезиологического обеспечения кардиохирургических операций, выполняемых у новорожденных и детей первого года жизни». Под ред. акад. РАН Л.А. Бокерия. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева; 2014: 63.
38. Сазыкина Л.В. База количественных, связанных математической моделью показателей кровообращения для реанимационного отделения // Роль математического обеспечения в прогрессе медицины: Матер. выездн. заседания. Пробл. ком. АМН СССР «Медицинская кибернетика», 1988. – Винница, 1988. - С. 154 – 158.
39. Сазыкина Л.В., Газизова Д.Ш., Лищук В.А., Казарин Г.В., Неверов С.Л., Бурмистров А.С., Овчинников Р.С. Анализ 30-летнего опыта мониторно-компьютерной поддержки решений врача в кардиологической и кардиохирургической практике//Медицинская кибернетика в клинической практике: Материалы научно-практической конференции с международным участием. – Часть II. М.: ГКБГ им. Н.Н. Бурденко, 2004. – С. 3-18.

ROLE OF INTELLECTUAL TECHNOLOGIES IN THE EXCEPTION OF MISTAKES OF DIAGNOSTICS AND TREATMENT

Lischouk V.A.¹, Gazizova D.Sh.², Sazykina L.B.², Shevchenko G.V.³, Leonov B.I.¹, Frolov S.V.⁴, Makoveev S.N.⁵

¹Medikal-technical academy, Moscow; ²Bakulev National medical research center for cardio-vascular surgery of the Russian Ministry of health, Moscow. ³Open technology 98, Moscow. ⁴Tambov state technical university, Tambov. ⁵The computer center, Tambov. lischouk@rambler.ru

The reasons of complications and errors of treatment are discussed. The goal is to eliminate them. The reasons and the errors, typical, widespread which take place in clinical practice and in some guidelines are discussed. They do irreparable harm to patients, even with fatal outcomes, reduce the quality of therapy, restrain development of cardiology. They are discussed in professional publications and are allowed in the same publications, and most importantly they take place in practice. Under conditions of the social and market relations these possibilities of minimization of mistakes should be based on clinical intellectual technologies, including digital models, methods of identification, imitation, join of visualization, monitoring, and the analysis and synthesis of therapy. These methods were developed in Bakulev National medical center for cardiovascular surgery.



МОДУЛЬ РАСПОЗНАВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ДОКУМЕНТОВ ФИЗИЧЕСКОГО ЛИЦА С РЕГИСТРАЦИЕЙ В БАЗЕ ДАННЫХ

Шаранин В.Н., Озерова М.И.

кафедры «Информационные системы и программная инженерия»,

Владимирский государственный университет имени

А.Г. и Н.Г. Столетовых ikg@vlsu.ru

В настоящее время разработано много программных продуктов, которые позволяли бы выполнять идентификацию документов физического лица, решая задачу распознавания паспорта. В основном данная задача решается одинаково: получение изображения паспорта с помощью сканера и последующее распознавание на персональном компьютере. Однако в жизни данные решения применяются не часто, до сих пор ввод паспортных данных осуществляется в ручном режиме. Почему не используются повсеместно такое качественное решение конкретной прикладной задачи? [1]

Основная причина-это действующий федеральный закон «О персональных данных» (152-ФЗ), который строго регулирует деятельность по обработке персональных данных. «В соответствии с законом, в России существенно возрастают требования ко всем частным и государственным компаниям и организациям, а также физическим лицам, которые хранят, собирают, передают или обрабатывают персональные данные (в том числе фамилию, имя, отчество). Поэтому с точки зрения закона, чем быстрее любая распознавающая программа забудет персональные данные, тем лучше (и уж тем более не стоит никуда отправлять ни сами данные, ни изображения паспорта)»[2].

Но сегодня многим организациям требуется идентификация документов с целью формирования базы данных. Например, кадровые агентства, банки, медицинские учреждения. Такого рода организации работают с достаточно большими объемами персональных данных, которые требуется регулярно обновлять. Задача, сформулированная в рамках данного исследования, такова: извлечение паспортных данных о клиенте (серия-номер паспорта, фотография, фамилия, имя, отчество, пол и дата рождения) с последующей их регистрацией в базе данных.

Паспорт переводят в цифровой вид (в формате pdf или tiff-файлов) посредством сканирования. Цель – распознать личные данные, сформировать файл - отчет и загрузить на сервер с последующей регистрацией в базе данных.

Объект распознавания - распознавания третьей страницы паспорта РФ.

Алгоритм формализации работы с системой распознавания документов:

1. Программа на вход подаётся некоторый графический файл, содержащий изображение паспорта
2. Определяет тип и качество изображения, по которым происходит выделение области в распознаваемом документе.
3. Обработка изображения.
4. Распознавание личных данных.
5. Формирование полученных данных в виде файла-отчета.
6. Загрузка полученного файла-отчета на сервер.

Проблемы, которые возникают при распознавании документа:

- паспорт занимает лишь часть формируемого изображения;
- на изображении находятся другие объекты;
- паспорт имеет физические повреждения и т.п.

Процесс определения зон распознавания личных данных на изображении паспорта представлен на рисунке 1.

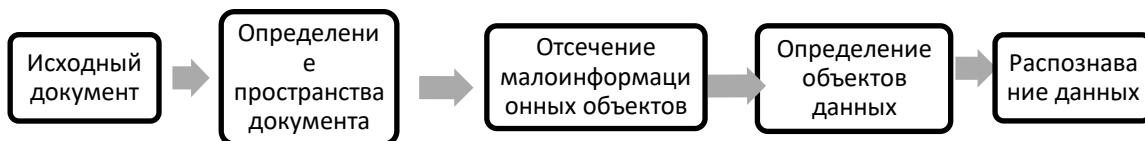


Рисунок 1 - Процесс определения зон распознавания личных данных на изображении паспорта

В качестве примера паспорта использовалось распечатанное с Википедии синтезированное изображение паспорта (рисунок 2). Изображение паспорта занимает не весь объем, необходимо определить границы документа. Далее выделить границы текста личных данных (серия-номер паспорта, фотография, фамилия, имя, отчество, пол и дата рождения). Кроме того на изображении присутствуют мало информационные объекты, артефакты: гербовый фон, горизонтальные линии, подписи реквизитов, голограммическое изображения герба и надписи РФ, и так далее. Производим удаление ненужных данных, получаем двухцветное изображение, содержащее только текст с персональными данными. Для устранения дефектов применяют специальные фильтры.

Для получения полутонаового изображения существуют различные способы перевода цветного RGB изображения в другие системы, в которых возможно отдельно выделить яркость каждого пикселя. Так как изображение получено путем сканирования целесообразно применить, способ RGB -YUV, так как при его использовании наблюдаются наименьшие потери информации и удобнее использовать значение интенсивности в качестве полутонаевой яркости[3]. Далее проводим бинаризацию изображения.



Рисунок 2 - Синтезированное изображение паспорта

После графической обработки проводится распознавания текста. Данная задача может решаться с помощью как платных (например Abbyy FineReader), так и свободных (OpenCV, Tesseract) библиотек и программ.

Для решения поставленной задачи использовали библиотеки компьютерного зрения OpenCV.

Исследуя процесс распознавания, протекающий в разрабатываемой системе, была построена математическая модель процесса. В качестве функции отклика «у» рассматривалась точность распознавания. В качестве влияющих факторов яркость и контрастность (x_1, x_2). Модель адекватна, поэтому при обработке изображения особое внимание было уделено выявлению и применению наилучшего соотношения коэффициентов для алгоритма бинаризации, ориентированного на сканированные изображения паспорта.

Так как распознаваемое изображение получено при помощи сканера, то целесообразно было применить метод бинаризации средней яркости (локальный метод)[4].

Алгоритм по методу средней яркости (локальный метод):

Вычисляется средняя яркость.

Определяется граничное значение яркости по формуле 1

$$\Gamma_3 = 255 - СЯ, \quad (1)$$

где Γ_3 - граничное значение,

СЯ - средняя яркость.

Пиксель становится черным, если среди его соседей есть хотя бы один пиксель, яркость которого удовлетворяет условию:

Яркость $\leq \Gamma_3$, либо яркость анализируемого пикселя \leq яркости связного с ним +Step, Step= 1...2.

При этом важно чтобы связующий пиксель был уже включен в группу пикселей, которые будут отмечены как черные.

Экспериментальное исследование

Исследуется процесс распознавания, протекающий в разрабатываемой системе. В качестве функции отклика «у» рассматривается точность распознавания. В качестве влияющих рассматриваются два фактора x_1 , x_2 . Для построения математической модели процесса будем использовать дробный факторный эксперимент 2^{3-1} с генерирующим соотношением $x_3=x_1x_2$.

Выделим интервалы варьирования факторных переменных (таблица 1)

Таблица 1 – Интервалы варьирования факторных переменных

Параметры плана	z_1	z_2
Основной уровень z_0	50	50
Интервал варьирования Δz	20	20
Верхний уровень $z = +1$	70	70
Нижний уровень $z = -1$	30	30

Дана матрица планирования с результатами экспериментов (таблица 2)

Таблица 2 – Матрица ДФЭ 2^{3-1} с результатами эксперимента

x_0	x_1	x_2	$x_3=x_1 \cdot x_2$	y
1	1	1	1	65
1	1	-1	-1	70
1	-1	1	-1	80
1	-1	-1	1	60

Подставляя в кодированные значения соответствующие интервалы, получим исходную матрицу (таблица 3)

Таблица 3 – Матрица с исходными данными

	x_0	x_1	x_2	y
1	1	70	70	65
2	1	70	30	70
3	1	30	70	80
4	1	30	30	60

Рассчитываем коэффициенты уравнения регрессии по формуле 2

$$b_j = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ji} y_i, j = 0, 1, \dots, k \quad (2)$$

Полученные коэффициенты уравнения регрессии представлены в таблице 4

Таблица 4 – Коэффициенты уравнения регрессии

	x_0	x_1	x_2	$x_3(x_1x_2)$
b_i	68,75	-1,25	3,75	-6,25

Уравнение регрессии принимает вид:

$$y = 68.75 - 1.25x_1 + 3.75x_2 - 6.25x_1x_2$$

Рассчитаем значимость коэффициентов по критерию Стюдента. Расчетные значения t -критерия определяются по формуле 3

$$t_i = \frac{|b_i|}{\sqrt{S_{bi}^2}} \quad (3)$$

Результаты расчетов значимости коэффициентов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Значимость коэффициентов

t_i	137,5	2,5	7,5	12,5
стюдент	3,1824463	3,182446305	3,18244631	3,182446
	Значим		Значим	Значим

Уравнение регрессии принимает вид:

$$y = 68.75 + 3.75x_2 - 6.25x_1x_2$$

Для оценки качества модели множественной регрессии вычисляется коэффициент множественной корреляции (индекс корреляции) R и коэффициент детерминации R^2 (формула 4)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i^*)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, \quad (4)$$

где y - фактическое значение зависимой переменной;

y^* - рассчитанное по уравнению регрессии значение зависимой переменной;

\bar{y} - среднее арифметическое значение переменной y .

Чем ближе к единице значение R^2 , тем выше качество модели.

В многофакторной регрессии добавление дополнительных объясняющих переменных увеличивает коэффициент детерминации. Следовательно, коэффициент детерминации должен быть скорректирован с учетом числа независимых переменных. Скорректированный R^2 , или \bar{R}^2 , рассчитывается по формуле 5

$$\bar{R}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n - 1}{n - k - 1}, \quad (5)$$

где n - число наблюдений;

k - число независимых переменных.

Проверка значимости модели регрессии

Для проверки значимости модели регрессии используется

F -критерий Фишера, вычисляемый по формуле 6

$$F = \frac{R^2/k}{(1 - R^2)/(n - k - 1)} \quad (6)$$

Если расчетное значение с $f_1 = k$ и $f_2 = (n - k - 1)$ степенями свободы, где k – количество факторов, включенных в модель, больше табличного при заданном уровне значимости, то модель считается значимой.

В результате выполнения данных расчетов в Excel, получаем результат, что модель адекватна. Полученные расчетные значения представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Коэффициенты для проверки значимости модели регрессии.

R ²	0,909090909
Скорректированный R ²	0,727272727
Fрасч	1,333333333
Fкрит	18,51282051

Разработанная программа распознавания и идентификации документов, ориентирована на распознавание паспорта с повышенной точностью за счет применения наилучшего соотношения коэффициентов для алгоритма бинаризации, выявленного при помощи математической модели. Так же программа может быть легко адаптирована к любой области, требующей распознавание паспортных данных, что существенно повысит эффективность обработки для тех областей, где данная операция до сих пор проводится вручную.

Библиографический список

1. Распознавание Паспорта РФ на мобильном телефоне:

<https://habrahabr.ru/company/smartengines/blog/252703/>

2. Федеральный закон «О персональных данных» (152-ФЗ)
3. Компьютерное зрение - Интегральное изображение

<https://computersciencesource.wordpress.com/2010/09/03/computer-vision-the-integral-image/#more-1284>

4. Горбачев, В.Н. Об одном алгоритме бинаризации для полутоновых цифровых изображений с выделением слабоконтрастных структур / В.Н. Горбачев, В.Н. Дроздов, Е.С. Яковлева // Журнал Вестник МГУП. — М.: МГУП, 2009. — № 3. — С. 66-69.

5. Макаров Р.И. Модели и методы планирования экспериментов, обработки экспериментальных данных. Учебное электронное издание. Владимир 2014. -112с.

MODULE OF RECOGNITION AND IDENTIFICATION OF DOCUMENTS OF THE PHYSICAL PERSON WITH REGISTRATION IN THE DATABASE

Sharanin V.N., Ozerova M.I.

Department of Information Systems and Software Engineering,

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovyh ikg@vlsu.ru

The decision of identification of documents with the purpose of formation of a database of such enterprises, as banks and personnel agencies is offered. The process of identifying zones for the picture of personal data on the passport image using the medium brightness method is considered. The developed model is tested for adequacy. To solve this problem, OpenCV computer vision libraries were used.



БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ УСТРОЙСТВА "УМНЫЕ ЧАСЫ"

Чезганов М. В., Евграфов В. В.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая

Григорьевича Столетовых, maxon9308@mail.ru

В современном мире всё активней используются все обычные и необычные устройства, а ведь совсем недавно все это казалось фантастикой. Современный человек ни минуты не проводит без высокотехнологичных устройств – компьютеры, смартфоны, планшеты. Теперь умные устройства перешли на новый уровень – уровень носимых устройств, таких как умные часы.

Данное направление является в настоящее время особо актуальным, так как, в настоящий момент происходит активное развитие носимых устройств, а наблюдением за собственным здоровьем стало заниматься гораздо больше людей. Это связано с доступностью приборов, с помощью которых человек может самостоятельно узнать некоторые свои показатели без присутствия врача. К таким устройствам можно отнести глюкометры, электронные счётчики калорий, электронный стетоскоп и многие другие.

Также, на рынке присутствует множество полуавтоматических и автоматических тонометров для измерения артериального давления. Такой прибор можно очень часто увидеть в любом доме, но на улице встретить человека, наблюдающего за своим давлением нельзя, так как прибор хоть и работает от батареек, но является довольно большим и неудобным для переноски. В свою очередь на работе люди могут измерить давление только в специальных медицинских кабинетах или уголках, если они предусмотрены руководством. К сожалению, такое встречается не всегда.

Целью работы было создать компактный прибор для измерения артериального давления на основе устройства умные часы. Это позволит людям контролировать своё давление вне дома и удалённо от населённых пунктов. Ещё одной задачей является создание такого устройства, которое будет доступно каждому потребителю, будет обладать своей уникальностью, а также поможет привлечь внимание покупателей к наблюдению за собственным здоровьем. В научной литературе данный вопрос освещён не достаточно хорошо. Данный факт подтверждает актуальность работы в этой области.

Изначально, во внимание была принята информация о том, что измерение артериального давления в области запястья менее точное, чем стандартный способ измерения на предплечье. В литературе, а так же в интернете возникают споры между теми, кто согласен с результатами измерения давления на запястье и теми, кто данный метод считают не точным или вовсе бесполезным.

Исходя из этого, было принято решение о проведение собственного исследования в этой области. Была найдена информация о том, что показания измерения артериального давления на запястье являются приближёнными к истинным, если рука во время измерения находится на уровне сердца. Приняв к сведению эти данные, было произведено 9 измерений артериального давления одного и того же человека, у которого нормальное давление 120 на 80: обычное измерение на предплечье, измерение на запястье с опущенной рукой и измерение на запястье с рукой на уровне сердца. Результаты исследования представлены в таблице 1.

Чтобы повысить точность показаний запястного тонометра, следует во время измерения артериального давления держать запястье с прибором в области сердца. Можно измерять давление запястным тонометром в положении лежа, при этом также нужно следить, чтобы запястье с прибором находилось на уровне сердца. Для измерений был использован обычный полуавтоматический тонометр UA – 604.

Таблица 1 — Результаты исследования

Предплечье	Запястье, руки опущены вниз	Запястье, руки на уровне сердца
120/81	121/95	112/75
113/82	134/102	108/72
114/80	128/102	108/77

Исходя из результатов можно сделать вывод, что измерение давления на запястье схожи с теми, которые получают на предплечье (погрешность $\pm 5-7$), но руку необходимо держать на уровне груди. В ином случае, результаты получаются некорректными. Результаты исследования говорят о том, что разработка компактного прибора для измерения давления на запястье имеет смысл.

Прогресс информационных технологий в компьютерной области, в сфере медицинских устройств и в сфере средств коммуникации подталкивает на аналогичные инновации в отношении медицинской техники, приборов и устройств. По этой причине в настоящее время оправдано возрос интерес к новым медицинским приборам, в особенности к компактным мобильным устройствам, так называемым гаджетам. Очевидно, их появление откроет новые возможности для здравоохранения, ориентированного на широкие слои населения. Кроме того, достоинством ИТ-ориентированной медицинской техники является ее мощный вычислительный потенциал, необходимый для реализации новых методов измерения и обработки данных. В целом, можно уверенно сказать, что сегодня на практике сбывается предсказание отца кибернетики Норберта Винера о том, что вопросы связи и управления будут проникать во все сферы человеческой деятельности, включая биологию и медицину [4].

Отмеченный прогресс подразумевает ускорение темпов разработок и внедрения как принципиально новых медицинских технологий обследования пациентов, так и существенного пересмотра классических подходов. Одним из важных аспектов этой проблемы является задача развития информативных, эффективных и надежных методов измерения и обработки медико-биологических данных о пациенте. Отметим, что одной из основных тенденций здесь, также как и в более широкой сфере разработок индустриальных систем мониторинга и контроля, является всестороннее внедрение интеллектуальных датчиков [9]. Одной из основных задач здесь является максимальная автоматизация измерений, и, соответственно, минимизация роли человека в процессах измерения. Важной чертой аппаратной реализации интеллектуальных датчиков является обязательное использование в них микропроцессоров (μ P) и, как правило, беспроводных коммуникационных устройств (СU) для приема команд управления / передачи измеренных данных.

В данной работе были использованы результаты исследований и разработок по интеллектуализации одного из популярных в медицине прибора – измерителя артериального давления. В исследовании показано, что возможность добавления к классическому тонометру следящей системы, блока формирования на основе наблюдений прогноза динамики давления и гибкого управления в соответствии с прогнозом датчиком позволяет осуществлять мониторинг давления непрерывно во времени, практически без участия врача. Более того, удается неинвазивно измерять текущее давление в абсолютных единицах – в мм ртутного столба [11]. Все эти преимущества реализуются на базе встроенного микроконтроллера (μ C) и его периферии, характерных

атрибутов современных интеллектуальных датчиков. В данном случае для измерения давления используется компенсационный метод. Применение активного датчика позволяет расширять функциональные возможности разрабатываемого прибора[9].

Основные методы предполагают одноразовое измерение параметров АД. Часто этого достаточно для общей оценки состояния сердечно–сосудистой системы. Однако существует много ситуаций, требующих непрерывного наблюдения АД, буквально мониторинга АД от удара сердца к удару. В крайних случаях это осуществляется инвазивно, непосредственно внутри одной из периферийных артерий при введении в нее катетера. Однако, поскольку инвазивный способ связан с дискомфортом пациента и имеется риск осложнений при установке катетера, для рутинных наблюдений желательны неинвазивные методы [9].

На основе анализа известных неинвазивных методов непрерывного измерения АД, можно прийти к выводу, что лучших результатов мониторинга нестационарной динамики АД удалось добиться при помощи так называемых компенсаторных или близких к ним методов[5].

Методы компенсации применяются в практике измерения различных физических величин и основаны на компенсации неизвестной измеряемой величины, противодействующей управляемой величиной посредством сведением к нулю их разности. Простейшим примером служат чашечные весы, на которых неизвестный вес W_u измеряется с помощью набора разновесов (гирь) W_v . Нуль-индикатором у весов служит заданное положение коромысла или связанной с ним стрелки[4].

Метод компенсации считается высокоточным, применяется для механических и электрических измерений, имеет варианты исполнения в виде мостовых и полумостовых схем (Рис.1 В,С). В некоторых случаях, для повышения точности измерений при отклонениях физической величины от нуля меньше дискретности компенсатора, может использоваться калиброванная шкала нуль-индикатора. Обычно метод компенсации применяется для измерения статических величин [10].

В исследовании метод компенсации был выбран в качестве принципиальной основы измерения меняющегося во времени артериального давления. Применение метода для измерения динамической величины стало возможным благодаря следующим обстоятельствам. Во-первых, АД меняется не столь уж быстро, его ритм составляет по порядку величины один удар в секунду, а спектр укладывается в несколько десятков Hz. А во-вторых, на сегодняшний день доступны относительно дешевые, высокопроизводительные микроконтроллеры ATMEL, MICROCHIP, STMicroelectronics, для которых динамика АД представляет собой практически квазистатические изменения [12].

Способ измерения АД в представленном исследовании ориентирован на локальную, без манжеты, разгрузку стенок артерий посредством компенсации контролируемым давлением внутриартериального. Отчасти он похож на метод мостового измерения неизвестного давления. Однако способ сочетает в себе также элементы динамического, подстраиваемого как в методе Пеньяза, управления компенсацией. Внешний вид разработанного в исследовании прибора для непрерывного мониторинга АД и способ измерения им внутриартериального давления представлены на Рис. 1 С.

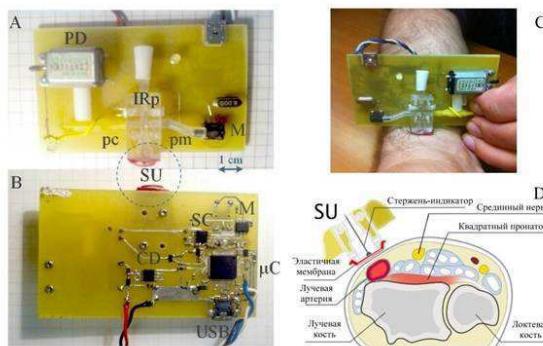


Рисунок 1 - Устройство активного датчика непрерывного измерения АД и способ измерения АД методом компенсации

Представленный в исследовании прибор (Рис.1 А,В) в точности соответствует концепции активного датчика. Главную роль в нем играет программируемый микроконтроллер μ C (STM32L152RBT), имеющий с одной стороны коммуникационный вход/выход (USB), с другой связанные с измерительным элементом SU интерфейсы линий сигнала (pm) и управления (pc). В линии сигнала находится индикатор смещения SC и измеритель давления с инструментальным усилителем M, в линии управления – насос с электроприводом PD и микросхема управления двигателем CD. Обе линии, pm и pc, представляют собой трубчатые отведения от заполненной жидкостью полости измерительного элемента (SU), который представляет собой камеру с затянутым эластичной мембраной отверстием. К мембране одним концом прикреплен тонкий шток. Другой конец штока частично перекрывает поток IR–излучения внутри оптоэлектронной пары IRp, реализуя, тем самым, индикатор деформационных смещений мембранны. При неравенстве давлений в камере SU и непосредственно за мембраной, последняя будет деформироваться в ту или другую сторону, перемещая шток в

направлении деформации. Это перемещение приведет к изменению площади перекрытия им потока излучения IR_P, которое и зарегистрируется индикатором смещения SC. Если подобрать давление в SU таким, что оно вернет мембрану в плоское, недеформированное состояние, то ввиду равенства давлений по обе стороны мембранны, тем самым будет измерено внешнее давление. Если SU установлен непосредственно над лучевой артерией, то, полагая, что внешнее давление является артериальным, мы тем самым измеряем его значение. Это собственно и составляет содержание предложенного компенсационного метода измерения [9].

Приведенное качественное описание работы датчика АД можно проиллюстрировать количественными результатами исследования, полученными в экспериментах с прибором. На Рис.2(А) приведена зависимость деформационного смещения мембранны SU (в единицах АЦП индикатора смещения SC) в ответ на равномерно со временем увеличиваемое давление внутри SU при постоянном внешнем давлении (разность давлений на мембранны Р есть отсчитываемое от атмосферного давления показания M в mmHg). Из приведенных графиков следует, что при малых (± 5 mmHg) перепадах давлений по обе стороны мембранны сигнал индикатора смещения SC оказывается также линейным, про-порциональным разности давлений. На Рис.2(В) приведены аналогичные зависимости смещения мембранны SU и давления Р внутри SU (отсчитываемого от атмосферного) при компенсации равномерно увеличивающегося внешнего давления с включенной линией управления рс. Компенсирующее давление Р создается насосом при подаче на его двигатель PD напряжения с широтно-импульсной модуляцией, которое, в свою очередь, формируется микросхемой CD. Не уточняя детали механизма формирования, отметим, что результирующее Р пропорционально сигналу управления у, который микроконтроллер μ C направляет CD в ответ на измеренное SC смещение мембранны ε (и предыдущие, запомненные значения). В качестве алгоритма управления изначально был выбран алгоритм простейшего ПИД регулятора[14].

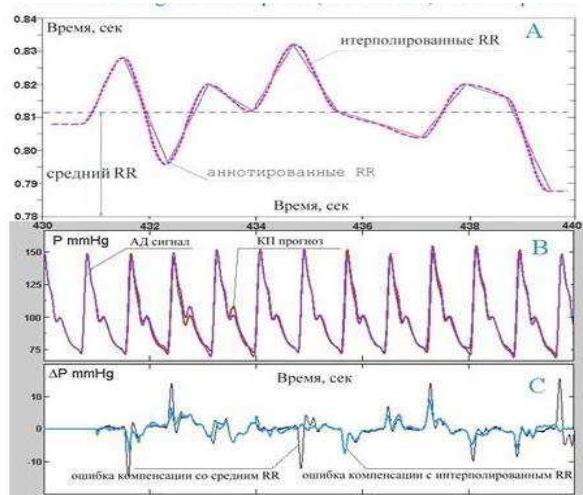


Рисунок - 2 Компенсирующее давление для сигнала АД, построенное с помощью RR-интервалов, выделенных из сопровождающей АД ЭКГ записи

В результате проекта, было получено устройство, представленное на Рис.3. В данной статье представлена только краткая информация разработанного проекта.

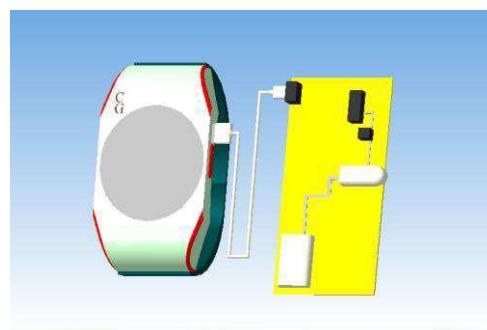


Рисунок – 3 Разработанная 3D модель умных часов с датчиком артериального давления

Библиографический список

1. Жуков А. Что такое умные часы? [Электронный ресурс] URL: <https://xdrv.ru/articles/mobile/220/full>

(дата обращения: 19.03.2017).

2.Юлдашева О.У. Промышленный маркетинг: теория и практика [Электронный ресурс] URL: <http://www.uamconsult.com/> (дата обращения: 13.02.2017).

3.Шустов М. А. Практическая схемотехника. Москва 2003. - 301 с.

4.Анциперов В. Е., Мансуров Г. К. Метод неинвазивного активного измерения артериального давления на основе согласованного с оценкой пульса управления датчиком. [Электронный ресурс] URL: <http://jre.cplire.ru/alt/nov15/10/text.html> (дата обращения: 11.03.2017)

5.Адкинс Ч. Наручные часы плеизограф US 20070287923 A1. [Электронный ресурс] URL: <http://www.google.com/patents/US20070287923> (дата обращения: 11.03.2017).

6.Анциперов В.Е., Никитов С.А. Мониторинг сердечного ритма на основе метода аналитических спектров. [Электронный ресурс] URL: <http://jre.cplire.ru/alt/nov15/10/text.html> (дата обращения: 11.03.2017).

7.Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В., Хирманов В.Н. Артериальное давление в исследовательской и клинической практике /Моисеев В.С., Карпов Р.С..-Москва, 2004.- 384 с.

8.Кобалава Ж.Д., Котовская Ю.В. Мониторирование артериального давления: методические аспекты и клиническое значение / Моисеев В.С..- Москва, 1999. - 233 с.

9.Кобалава Ж.Д., Терещенко С.Н., Калинкин А.Л. Суточное мониторирование артериального давления: методические аспекты и клиническое значение. / Моисеев В.С.- Москва, 1997. - 186 с.

10.Вилков В.Г. Ранняя диагностика артериальной гипертонии функциональными методами.- Москва, 2002. - 188 с.

11.Горохова, С.Г. Суточное мониторирование артериального давления. Особенности у больных сахарным диабетом и артериальной гипертонии. Изд. организация Московская медицинская академия им. И.М. Сеченова. – М. Ньюдиамед, 2006. – 51 с.

12.Иванов, С.Ю. Комбинированное суточное мониторирование электрокардиограммы и артериального давления: методические возможности и клинические преимущества / С.Ю. Иванов, И.С. Киреенков. – СПб. ИНКАРТ, 2006. – 128 с.

13.Агафонова, Л.В. Роль суточного мониторирования артериального давления в первичной профилактике острого нарушения мозгового кровообращения / Л.В. Агафонова // Здравоохранение Российской Федерации. – 2009. – № 6. – С. 52-53.

14.Кирьяков, А.А. Средство экспресс-диагностики сердечно-сосудистой системы применительно к плеизографии [Электронный ресурс] / А.А. Кирьяков // Международный журнал экспериментального образования. – 2011. – № 5. – С. 125-127.

BIOTECHNICAL PRESSURE MEASURING SYSTEM BASED ON THE DEVICE "SMART WATCHES"

Chezganov M. V., Evgrafov V. V.
Vladimir State University, maxon9308@mail.ru

Article is devoted to the development of a biotechnical pressure measuring system based on the device "Smart Watches". The urgency of the chosen topic is formulated, the purpose and tasks of the research are formulated, the subject of the research is indicated. The analysis of noninvasive pressure sensors is being carried out.



СЕКЦИЯ 6

БИОТЕХНИЧЕСКИЕ И МЕДИЦИНСКИЕ АППАРАТЫ, СИСТЕМЫ, КОМПЛЕКСЫ

АВТОНОМНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ ДЛЯ ХИРУРГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ PLASMAJET

Рунова А.А., Аль-Салех Г.И., Белов К.М., Писарева А. В., Николаев А. П.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, НУК РЛМ, кафедра Медико-технического менеджмента, 2355789@mail.ru,
runova-nastya@mail.ru, kirillbelov23@yandex.ru, raurapav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru

В полевых условиях работы медицинских мобильных подразделений Министерства Обороны, МЧС, Национальной Гвардии и других подразделениях особой важности стабильное и достаточное электропитание нередко ненадёжно или может отсутствовать. Этим и обусловлена целесообразность автономного источника питания для хирургической системы. Целью работы явилось обоснование необходимости и возможности разработки автономного источника питания для плазменной хирургической системы PlasmaJet. В задачи работы вошло рассмотрение конструктивного исполнения хирургической системы и разработка требований к её электропитанию.

Плазменная хирургическая система PlasmaJet — продукт сравнительно новый. Эта система разрабатывалась и внедрялась последние 8-10 лет компанией Plasma Surgical. Анонс аппарата PlasmaJet произведен только в 2008 г., в этом же году данный аппарат получил статус «Инновация года» по представлению Всемирного общества лапароскопических хирургов (SLS, Chicago, 2008). В основе PlasmaJet лежит использование высокотемпературного ионизированного газа аргона, который образуется при прохождении аргоном магнитного поля, создаваемого в электродной камере в основании рабочего инструмента. Низкая плотность газа наряду с его высокой температурой позволяет одним инструментом производить рассечение тканей, коагуляцию крови и тканевых жидкостей, а также выпаривание жидкостей (осушение раневой полости). Все три зоны воздействия определяются расстоянием аппарата до тканей: минимальное расстояние обеспечивает рассечение тканей, при увеличении расстояния происходит выпаривание жидкостей раневой полости (ёё осушение), при дальнейшем увеличении имеет место коагуляция крови и тканей. Таким образом, быстро приобретаемый хирургом навык работы с аппаратом PlasmaJet обеспечивает избавление, как минимум, от одного ассистента, занятого преимущественно перевязкой рассекаемых сосудов, осушением раневой полости и раздвиганием краев операционного поля.

Предшественником системы PlasmaJet можно считать аппарат «Плазон», в котором применялся плазменный поток для терапии незаживающих ран [1]. Однако «Плазон» имел ограниченное применение в хирургии. Существенным усовершенствованием аппарата «Плазон» явилось создание многоэлектродного пакета, что позволило использовать более высокую температуру плазмы и значительно снизить расход газа. Прототип системы, использующей такой рабочий манипулятор назывался “PLASMASURG101” и он был протестирован в серии доклинических и клинических исследований. Далее было устройство COAGSAFE — представленное колледжем Американских хирургов [2]. И уже следующим шагом явился выпуск PlasmaJet. Клинические преимущества PlasmaJet перед предшественниками и традиционными хирургическими инструментами хорошо известны и вкратце могут быть сведены к следующим:

- Многофункциональность, высокая технологичность;
- Электрически нейтральное воздействие на ткани;
- Самое минимальное повреждение подлежащих тканей и отсутствие неконтролируемого расхода тепловой энергии;
- Применение при лапароскопических вмешательствах с использованием стандартного торакального порта 5 мм;
 - Минимальный расход плазмообразующего газа, снижающий риск газовой эмболии;
 - Формирование эффективного коагуляционного слоя;

- Ускорение восстановительных процессов в послеоперационном периоде.

Конструктивно аппарат выполнен в виде моноблока, состоящего из сервисного блока, электрогидрогазового (ЭГГ) подвода, сменных манипуляторов, силиконовой трубы с металлическим наконечником и ножной педали. Сервисный блок выполнен в прямоугольном металлическом корпусе, нижняя часть которого служит для монтажа систем, обеспечивающих работу манипулятора [3]. Основание нижней части корпуса представляет собой герметичную прямоугольную полость, являющуюся баком для охлаждающей жидкости. На передней панели этой части сервисного блока расположены элементы управления аппаратом и режимами работы манипуляторов, с соответствующими надписями и световой индикацией. Это клавиша «СЕТЬ» с подсветкой, кнопки «ПУСК» и «СТОП» для включения/выключения манипулятора, кнопки «МИН», «НОРМ», «МАКС» для ступенчатой регулировки расхода воздуха, световой индикатор теплового состояния манипулятора, а также шарнирный вывод ЭГГ подвода, резьбовой штуцер для подсоединения силиконовой трубы с металлическим наконечником и гнездо для подключения педали [4]. Верхняя же часть корпуса сервисного блока является съемной. На её верхней панели расположены два пенала с резьбовыми крышками на обоих концах для хранения манипуляторов, причем центральный пенал является ручкой для переноски аппарата. На верхней панели также находится гнездо встроенного охладителя газового потока для установки в него манипулятора. ЭГГ подвод имеет длину 1,3 м, он шарнирно закреплен на передней панели и выполнен в виде пластиковой гофрированной трубы, на конце которой расположен разъем для присоединения манипуляторов. Внутри гофры находятся гибкие трубы, предназначенные для подвода и отвода, охлаждающей манипулятор жидкости, подачи в манипулятор рабочего газа и два проводника для подвода электропитания [7]. Таким образом, сервисный блок содержит системы, обеспечивающие работу манипулятора: подачи атмосферного воздуха, охлаждения, электропитания, автоматики, управления, световой индикации и звуковой сигнализации. Медицинский манипулятор, которым, собственно, хирург и производит оперативное вмешательство, соединен гибким электрогидрогазовым (ЭГГ) подводом длиной 130 см с сервисным блоком. Для управления включением/выключением манипулятора служит педаль, работающая на удержание. Данный аппарат представлен авторами как мобильный и автономный, что позволяет использовать его как в операционных и перевязочных, так и для амбулаторного лечения. Вместе с тем, анализ характеристик аппарата и особенностей его использования заставляет усомниться в его реальной автономности и мобильности. Дело в том, что электропитание аппарата осуществляется от стандартной сети переменного тока напряжением 120 либо 230 В и частотой 45-65 Гц. Это означает, что PlasmaJet реально может использоваться в стационарах населенных пунктов, где имеется соответствующая инфраструктура. Однако в полевых условиях при развертывании подвижных медицинских пунктов, медико-санитарные подразделения Министерства Обороны, МЧС, экспедиций, вахтовых поселений и пр., как правило, таких условий стабильного электропитания не имеют [1]. В лучшем случае, имеются дизельные (или бензиновые) электрогенераторы, которых едва хватает для обогрева, освещения, приготовления пищи и неотложных нужд. Поэтому, необходимо обоснование и разработка автономного источника электропитания с интегрированным в него зарядным устройством для хирургической системы PlasmaJet. Как следует из конструктивного исполнения данной системы, манипулятор хирурга соединен гибким ЭГГ-подводом с сервисным блоком [2]. Это приводит к возможности расположить автономный источник питания отдельно, скажем, в составе сервисного блока или рядом с ним, а не внутри самого манипулятора, что существенно ограничивало бы его массогабаритные характеристики. Ведь гибкая ЭГГ-подводка от сервисного блока к манипулятору сохраняется независимо от того, какой источник питания имеет место.

Согласно техническим спецификациям характеристики электропитания хирургической системы следующие:

- Сетевое напряжение, диапазон (Вольт) — 120-230
- Частота переменного тока, диапазон (Гц) — 45-65
- Максимальный потребляемый ток при 230 В, не более — 4,5 А
- Максимальный потребляемый ток при 120 В — 8 А
- Максимальная мощность, не более (Вт) — 300 (мощность энергии плазмы находится в диапазоне 20-170 Вт)

Обзор и анализ рынка аккумуляторных батарей и портативных аккумуляторных электростанций позволяет уверенно предположить, что подобрать требующийся источник питания вполне возможно. По своим характеристикам наибольшее соответствие условиям, требующимся для системы PlasmaJet показывают, на наш взгляд, литий-полимерные аккумуляторы [3]. Они являются, по сути, усовершенствованным вариантом литий-ионных аккумуляторов, будучи более безопасными и компактными. В качестве электролита в литий-полимерных (Li-pol или Li-polymer) аккумуляторах используется полимер с добавлением специального геля. Добавление гелевого электролита увеличивает ионную электропроводность, компенсируя тем самым высокое внутреннее сопротивление полимера (и, соответственно, небольшую величину выходного тока) при комнатных температурах.

Время заряда Li-pol аккумуляторов при начальном зарядном токе в 1С (он равен номинальному значению емкости аккумулятора) составляет в среднем три часа [4]. Полный заряд достигается при напряжении на аккумуляторе, равном верхнему порогу, и при уменьшении тока заряда до уровня, примерно равного 3% от начального значения. Аккумулятор все время заряда остается холодным. Процесс заряда разделяют на две

стадии. На первой (немного более часа) напряжение растет при почти постоянном начальном токе заряда в 1С до момента первого достижения верхнего порога напряжения. К этому моменту аккумулятор заряжается примерно на 70 % от своей емкости. В начале второго этапа напряжение остается почти постоянным, а ток уменьшается до тех пор, пока не достигнет вышеуказанных 3 %. После этого заряд полностью прекращается. Из отечественных сравнительно недорогих аккумуляторов нам представляется, что достойный выбор даёт модельный ряд ООО «Радиотех» (г. С-Петербург) [7]. Конечно, значительная величина потребляемого PlasmaJet тока (до 4,5 А при напряжении 220 В) несколько ограничивает выбор доступных моделей, но вполне возможна. Наиболее популярными среди Li-pol аккумуляторных батарей (АКБ) являются литий-железо-фосфатные АКБ, обозначаемые как LiFePO4. В частности, следует рассмотреть модель RT-L2500, как портативную LiFePo4 АКБ. Данная модель стала весьма популярной последние годы и используется в качестве малогабаритного мобильного источника электропитания различных видов техники в отсутствии стационарной и стабильной электросети. Модель является необслуживаемой и практически бесшумной, что немаловажно для медицинского использования. Кроме того, она экологически безопасна, не содержит кислот, тяжёлых металлов, взрывоопасных веществ [5, 6]. Её основные характеристики сведены в таблице (таблица 1).

Таблица 1 - Основные характеристики портативной литий-полимерной (на основе LiFePo4) аккумуляторной электростанции RT-L2500

Характеристика	Значение характеристики
Энергоёмкость	1920 Вт/час, (12,8Вх150Ач) 150 А/ч
Выходное напряжение: AC (переменный ток) DC (постоянный ток)	220 В, 50 Гц 12 В -10 А прикуриватель
Выходной ток, А	4 А(AC)/10 А(DC)
Выходная мощность, Вт постоянная/пиковая	1000/2000 мод. синуса 600/1200 чист. Синуса
Количество циклов (заряд/разряд DOD-90%)	1500
Рабочий температурный диапазон, С °:	-40...+60
Максимальный ток заряда, А	20,0
Время заряда, от штатного ЗУ, час	8-10
Габаритные размеры ВхШхГ	390 x 192 x 310 мм
Масса электростанции, кг	18,0
Зарядное устройство	Встроенное 300 Вт
Питание от солнечной панели	Предусмотрено по опции
Встроенные защиты:	<ul style="list-style-type: none"> • От короткого замыкания • От перегрузки по току • От перезаряда /переразряда

Внешний вид данной модели показан на рисунке (рисунок 1).



Рисунок 1 – Внешний вид АКБ RT-L2500

Из приведённых характеристик видно, что предлагаемая аккумуляторная электростанция соответствует условиям питания хирургической системы PlasmaJet и может обеспечить её реальную автономность и мобильность. В результате исследований проведено обоснование необходимости и возможности разработки автономного источника питания для плазменной хирургической системы PlasmaJet. Рассмотрено конструктивного исполнения хирургической системы и разработаны требования к её электропитанию.

Библиографический список

1. <http://forum.rax.ru/vb/forumdisplay.php?forumid=45> — Мобильники и аксессуарам для них.
2. <http://www.buchmann.ca/> — «*Batteries in a Portable World. A handbook on rechargeable batteries for non engineers*» — интернет-версия книги г-на Isidor Buchmann, главы канадской компании Cadex Electronics Inc.
3. <http://www.cadex.com> — Cadex Electronics Inc., Vancouver, BC [British Columbia], Canada — разработчик и производитель зарядных устройств, анализаторов и систем обслуживания аккумуляторов.
4. <http://www.mari-el.ru/marmobile/battery/> — Аккумуляторы для мобильных устройств и портативных компьютеров. Анализаторы аккумуляторов.
5. Pisareva, A.V. Characterization of impact degree of zones with severe environmental problems on human health (based on Orel oblast) / A. V. Pisareva, L. P. Stepanova, E. V. Yakovleva, A. I. Myshkin // European Science and Technology. Materials of the XIV internaional research and practice conference. October 12th – 13th 2016, Munich Germany.-2016.-P.47-53.
6. Stepanova, L. P. Title: The Environmental Assessment of the Intensity of Heavy Metal Accumulation in Anthropogenically Transformed Soil. /L. P. Stepanova, E. V. Yakovleva, A. V. Pisareva // Date due: Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development Manuscript Evaluation Form 10 th March.-2016.-P.23-26.
7. Выренков, Ю. Е. и др. Применение моноксида азота в хирургической практике / Ю.Е. Выренков и др., // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. № 1. 2014. С. 33-40.

AUTONOMIC POWER SUPPLY FOR THE PLASMAJET SURGERY SYSTEM

Al-Saleh G.I., Runova A.A., Belov K.M., Pisareva A.V., Nikolaev A.P.

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU) Moscow State University,

2355789@mail.ru, runova-nastya@mail.ru, kirillbelov23@yandex.ru, pavpav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru

Justified necessity and possibility of development of independent source of supply for plasma surgeon system PlasmaJet. Considered design surgeon system, requirements to its power supply and features of a surgeon activity during the work on the system. Shown that stable and necessary power supply can be absent in field environment of mobile divisions of Ministry of Defense, National Guard, Ministry of Civil Defense and etc. That is why there is a need of independent power supply source for surgeon systems. Proved that the independent power supply source can be placed separately from the main working machine and be included into the service block that is situated in the distance of 1 m from the surgeon. Based on the analysis of the existing car battery such kind of power supply has been suggested. It is a lithium-polymeric (lithium-iron-phosphate) car battery model RT-L250



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА

Аль-Салех Г.И., Рунова А.А., Писарева А.В., Николаев А.П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана»

(национальный исследовательский университет), НУК РЛМ, кафедра медико-технического менеджмента

2355789@mail.ru, runova-nastya@mail.ru, pavpav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru

В статье представлены результаты моделирования фильтрации сигналов электрокардиограммы. Проведен сравнительный анализ трёх методов обработки сигналов, с целью выявления наиболее эффективного. Результаты моделирования показали, что метод медианной фильтрации оказался наиболее оптимальным. По данным Федеральной службы государственной статистики (Росстата), за последний год в России умерло 1437,3 человек на 100 тысяч населения (цифра взята с сайта Росстата). Рассматривая причины смертности, мы можем сказать, что 56,9 % пришлось на сердечно-сосудистые заболевания [5, 6]. Целью работы стало произвести сравнительный анализ методов обработки сигнала электрокардиограммы. В результате исследований нами были поставлены задачи провести моделирование сигналов и выявить наиболее эффективный метод [1, 8, 9].

По результатам исследований, которые провела Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ), были получены данные, которые позволяют говорить, из-за чего прежде всего умирают жители Земли [3, 10]. Среди многих причин была выявлена и основная причина – заболевания сердечно-сосудистой системы [2, 5, 7]. Каждый год от болезней сердца умирают примерно 17 миллионов человек. Это примерно 29 % всех случаев смерти. По подсчетам Всемирной организации здравоохранения, к 2030 году от сердечно-сосудистых

заболеваний ежегодно будут умирать около 23,6 миллионов человек, а это значит, что единственной основной причиной смертности по-прежнему будут заболевания сердечно-сосудистой системы [3, 6, 10]. Большую часть сердечно-сосудистых заболеваний можно вылечить только на ранних этапах развития, поэтому постоянная диагностика остается актуальной задачей в здравоохранении. Портативные кардиографы позволяют проводить ее не только в условиях стационара.

В отличии от стационарных кардиографов, портативные удобные в эксплуатации и позволяют проводить скрининг. Прибору необходима фильтрация сигнала, чтобы подавлять артефакты, которые связаны с активностью мышц и нивелирующие сетевые наводки, что позволяет получить качественную и точную кардиограмму [2, 7]. Далее рассмотрим несколько видов фильтрации сигнала ЭКГ для выбора наиболее эффективного.

Тестовый сигнал

Для проведения дальнейших исследований, будет использоваться кардиосигнал, загруженный из медицинской базы данных обследований physionet (MIT-BIH Normal Sinus Rhythm Database) с частотой записи 1000 Гц. Его вид представлен на рисунке 1.

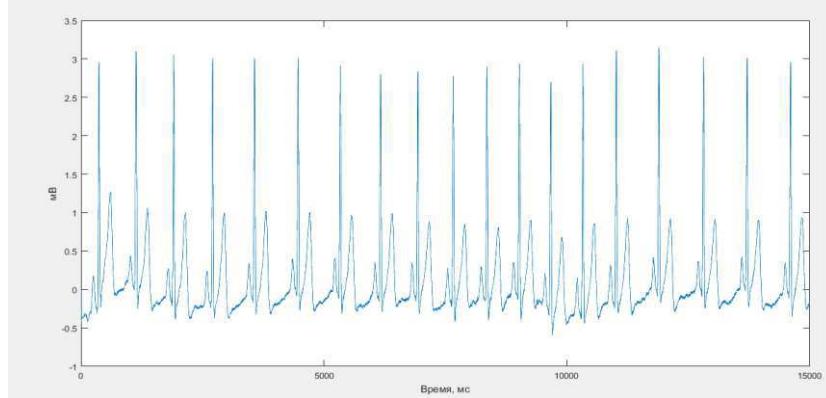


Рисунок 1 – ЭКГ сигнал

Следующим шагом будет моделирование присутствия помех – наложение на сигнал белого шума, представляющего собой математическую модель высокочастотных помех, имеют неограниченную ширину спектра и бесконечную дисперсию (рисунок 2). Амплитуда наложенного шума составляет 35 % от амплитуды исходного сигнала.

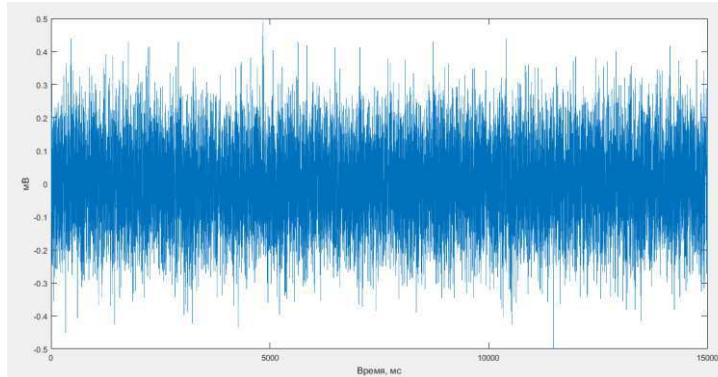


Рисунок 2 – Вид смоделированной помехи

Исходный кардиосигнал, с наложенным на него белым шумом, представлен на рисунке 3.

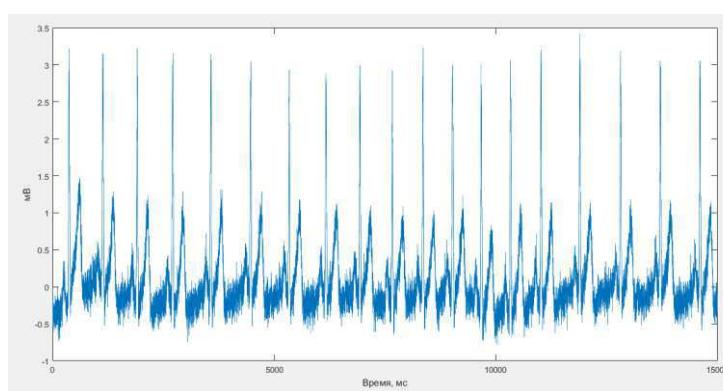


Рисунок 3 – ЭКГ сигнал с наложением шума

Медианная фильтрация

Медианные фильтры принято считать полезными для борьбы с импульсными помехами и шумами в медико-биологических сигналах и применять для реставрации изображений.

Алгоритм обработки напоминает фильтры скользящего среднего. Выбирают окно длиной N отсчетов (N обычно берут нечетным), которое перемещается («скользит») вдоль вектора входных данных $\{x(nT)\}$.

В окне производится упорядочивание чисел (сортировка) в любом направлении – по возрастанию либо по убыванию. В качестве выходного значения фильтра передается медианный (срединный) элемент из упорядоченного текущего окна, т.е. тот, у которого порядковый номер в упорядоченном текущем окне соответствует половине длины окна.

Для получения всех отсчетов выходного сигнала окно последовательно сдвигают вдоль данных, постоянно вновь повторяя операцию сортировки. Иллюстрация хода процесса медианной фильтрации для десяти точек данных при окне размером $N=3$ показана ниже (первая строка – входные данные, вторая строка – выходные, т.е. результат медианной фильтрации):

5 7 3 9 9 6 3 2 3 2

5 7 9 9 6 3 3 2

Исследованиями показано, что с помощью такого фильтра невозможно обработать $(N-1)/2$ первых (слева) и столько же последних (справа) данных.

Понятно, что медианные фильтры не используют арифметических операций типа сложения, умножения, деления, а выполняют обработку, используя только инструкции пересылки данных и операции сравнения при сортировке. Это существенно упрощает и ускоряет обработку, что определяет привлекательность медианной фильтрации для задач обработки сигналов большой длины.

Следует помнить, что медианная фильтрация является нелинейной и для описания таких фильтров неприемлемы линейные методы [1].

Нелинейность медианных фильтров и их сглаживающие свойства по отношению к импульсным шумам лучше всего видны при совместном рассмотрении импульсной и переходной характеристик.

При анализе реакции медианного фильтра на цифровую δ -функцию обнаруживается, что импульсная характеристика тождественно равна нулю. Но при этом медианный фильтр реагирует на другие входные сигналы. Это указывает на нелинейный характер преобразований. Здесь также видно, почему и как медианный фильтр убирает импульсные помехи протяженностью до половины длины окна.

Подавая на вход медианного фильтра дискретизированную единичную функцию $\delta(nT)$, получим ее же на выходе без изменений. Следовательно, медианный фильтр передает ступенчатые сигналы (и фронты сигналов) без изменений, не затягивая их во времени (или в пространстве).

Эмпирическим путем установлено, что оптимальная работа фильтра обеспечивается при установке окна фильтрации в 15 точек. Обработанный сигнал представлен на рисунке 4.

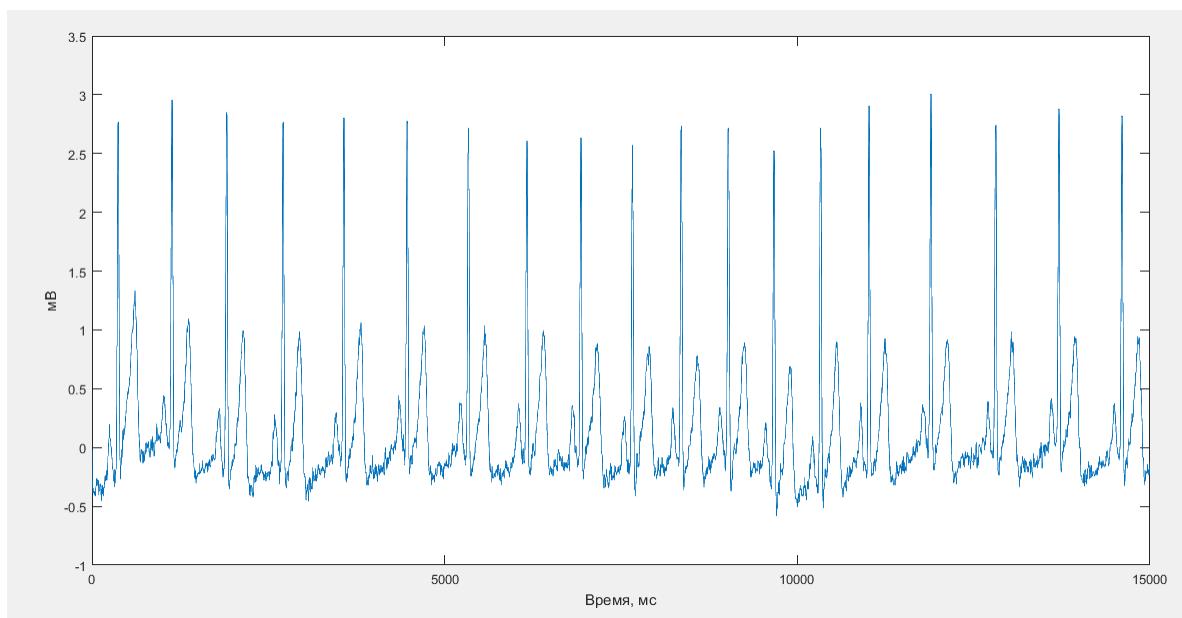


Рисунок 4 – Отфильтрованный сигнал

Для количественной оценки эффективности оценки сигнала от посторонних шумовых компонент по формуле выполнен расчёт среднеквадратичного отклонения, исходного и обработанного сигналов:

$$СКО = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N (y_{denk} - y_{idk})^2} \quad (1)$$

где y_{denk} — выходной сигнал; y_{idk} — исходный сигнал; N — число отсчетов.

Получим, что до фильтрации СКО = 0,1255, а после применения выбранного фильтра СКО = 0,0484.

Фильтр Савицкого-Голея

Сглаживающие фильтры Савицкого—Голея, также называемые полиномиальными сглаживающими фильтрами или сглаживающими фильтрами с минимальной квадратической ошибкой, как правило, используются для “сглаживания” зашумленных сигналов с широким (без шума) спектром [4]. В данном случае сглаживающие фильтры Савицкого—Голея работают намного лучше обычных усредняющих нерекурсивных фильтров, которые имеют тенденцию вместе с шумом удалять значительную долю высокочастотных составляющих сигнала. В нем вместо линейной аппроксимации в окрестности каждого измерения $x_i = x(t_i)$ по методу наименьших квадратов (МНК) строится аппроксимирующий полином первого порядка. Фильтры Савицкого—Голея лучше сохраняют высокочастотные компоненты сигнала, однако обеспечивают худшее подавление шума по сравнению с обычными нерекурсивными фильтрами.

Одно из достоинств фильтров Савицкого—Голея — простота. При известных коэффициентах фильтра результат получается через операцию свертки. Сами коэффициенты табулированы, могут быть вычислены по явным формулам или, в общем случае, по основному алгоритму метода.

Фильтры Савицкого—Голея осуществляют полиномиальную аппроксимацию отдельных кадров входного сигнала по критерию минимума квадратичной ошибки. В этом смысле они являются оптимальными.

Пример работы фильтра представлен на рисунке 5.

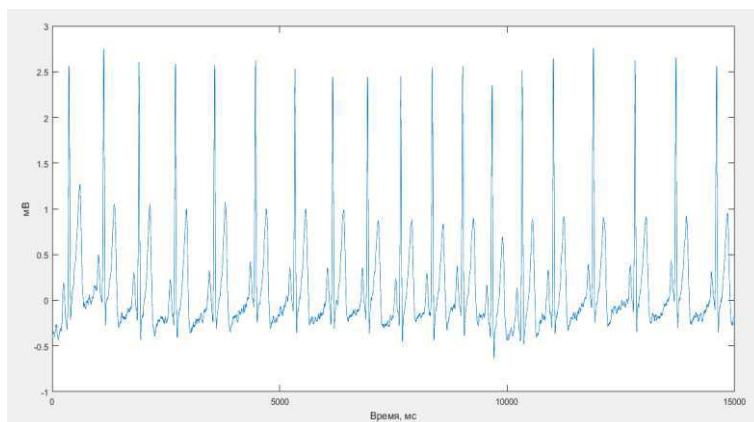


Рисунок 5 – Результат работы фильтра Савицкого—Голея

Рассчитав по формуле СКО получим, что до фильтрации СКО = 0,1255, а после применения выбранного фильтра СКО = 0,0632.

Фильтр скользящего среднего

При функционировании фильтр вычисляет среднее значение сигнала на заданном промежутке времени. В аналоговом варианте фильтра реализуют вычисление среднего значения функции $g(t)$ на интервале времени от $t - T_\phi$ до t (рисунок 6).

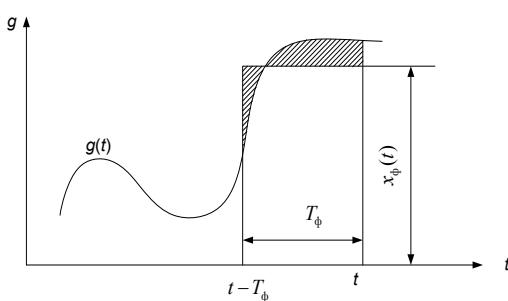


Рисунок 6 – Схема работы фильтра скользящего среднего [9]

Фильтр скользящего среднего представляет собой параллельное соединение двух интегрирующих звеньев, одно из которых последовательно соединено со звеном запаздывания (рисунок 7).

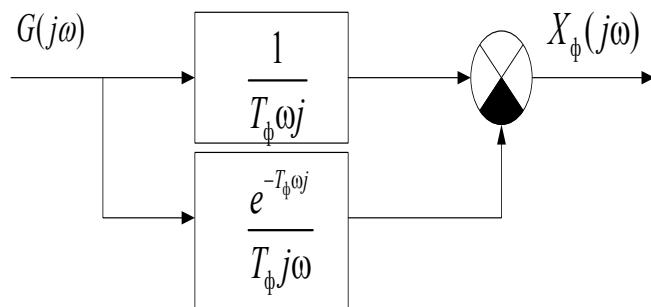


Рисунок 7 – Структурная схема фильтра скользящего среднего [9]

Поэтому амплитудно-фазовая характеристика фильтра описывается выражением

$$W_\phi(j\omega) = \frac{1 - e^{-j\omega T_\phi}}{j\omega T_\phi} \quad (2)$$

Применим данный фильтр к зашумлённому ЭКГ сигналу (рисунок 8).

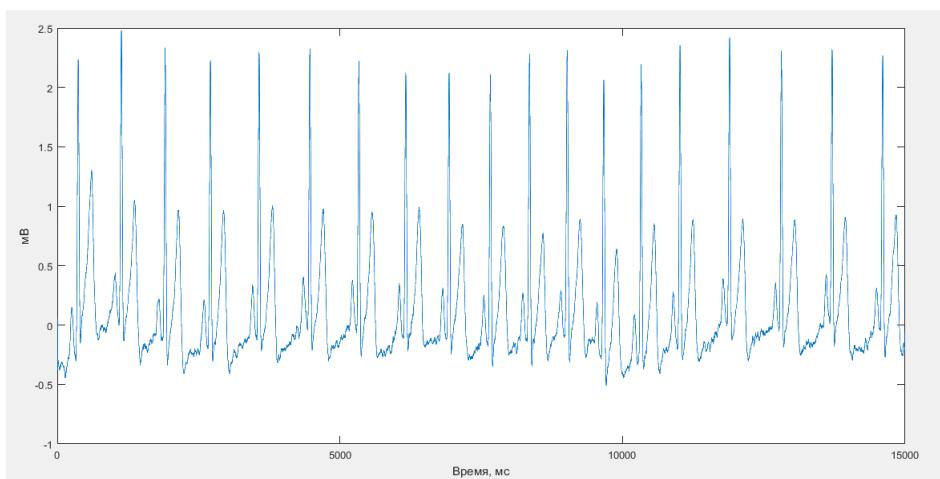


Рисунок 8 – Результат работы фильтра скользящего среднего

Рассчитав по формуле СКО получим, что до фильтрации СКО = 0,1255, а после применения выбранного фильтра СКО = 0,1042

Сопоставление выбранных фильтров представлено в таблице 1.

Таблица 1 - Сравнение эффективности фильтров

Сигнал	СКО	Средняя амплитуда R-зубца	Отклонение амплитуды R-зубцов от исходного значения
Исходный сигнал	-	2,8582 мВ	-
Зашумленный сигнал	0,1255	3,3865 мВ	18,48 %
Медианная фильтрация	0,0484	2,7603 мВ	3,44 %
Фильтр Савицкого-Голея	0,0632	2,5026 мВ	12,43 %
Фильтр скользящего среднего	0,1042	2,4714 мВ	13,51 %

Для оценки эффективности работы фильтра было рассчитано СКО, средняя амплитуда R-зубца, отношение амплитуд отфильтрованных R-зубцов к исходным. Для определения аритмий необходима качественная очистка именно R-зубца [4, 5, 8].

Таким образом, можно и визуально, и количественно увидеть, что наибольшую эффективность фильтрации имеет медианная фильтрация. Для оценки эффективности работы фильтра было рассчитано отношение отфильтрованных зубцов к исходным.

Разработка портативных кардиографов является актуальной проблемой, однако его полноценная работа невозможна без обработки сигнала кардиограммы. В данной статье были рассмотрены три вида фильтрации.

Проведенные эксперименты позволили сделать вывод, что медианная фильтрация является наиболее подходящим методом для решения данной задачи. В дальнейшей работе полученные данные планируется использовать для разработки портативного электрокардиографа.

Библиографический список

1. Алешин В. Д. Проблема дорожно-транспортного травматизма в российской федерации и методы ее решения / В. Д. Алешин, Н. А. Филиппова, С. В. Матанский, А. В. Писарева // В сборнике: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией. 2016. С. 297-300.
2. Анатомия и физиология проводящей системы сердца // Клиническая аритмология / Под ред. проф. А. В. Ардашева. // М.: МЕДПРАКТИКА-М, 2009. – 35 с.
3. ВОЗ Всемирная организация здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://www.who.int/ru>
4. Гадзиковский В. И. Цифровая обработка сигналов. Издательство: Солон-пресс, 2013 – 766 с.
5. Журавлев А.К. Вегетативный тонус и регуляция системы кровообращения у спортсменов при стрессовых ситуациях и профилактика аритмий / А.К. Журавлев, Г. И. Семикин, Ю. Ю. Голубев, Г. Ю. Голубева, Ю. В. Нечушкин // Живая психология. 2017. Т. 4. № 3. С. 231-240.
6. Кудашова А.А. Участие вегетативной нервной системы в организации эмоциональных состояний / А. А. Кудашова, И. А. Апоплонова, А. П. Николаев, А. Ю. Калюкина, И. А. Кудашов // Молодежный научный вестник. 2018. № 2 (27). С. 7-15.
7. Сердечно-сосудистая система [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://medpomosh.com/?p=3387>
8. Филиппова Н.А. сравнительный анализ существующих методов мониторинга состояния водителя / Н. А. Филиппова, В. Д. Алешин, С. В. Матанский, А. В. Писарева // В сборнике: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией. 2016. С. 300-303.
9. Фильтрация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://studopedia.ru/12_86542_strukturnaya_shema-filtrov-s-konechnoy-impulsnoy-harakteristikoy.html
10. Шляхто Е. В. Кардиология: новости, мнения, обучение. // Трудный пациент. — 2011. — №2. — с. 26 – 30.

COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTROCARDIOGRAPHIC SIGNAL PROCESSING METHODS

Al-Saleh G.I. ,Runova A.A.,Pisareva A.V.,Nikolaev A.P.

Bauman Moscow State Technical University, 2355789@mail.ru, runova-nastya@mail.ru, pavpav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru

There are results of the modelling of electrocardiogram signal filtration in this article. A comparison analyses of three methods of signal treatment has been carried out to estimate the most efficient. The results of modulation have shown that the method of median filtration is the best.



БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РОБОТИЗИРОВАННОЙ МИНИМАЛЬНО-ИНВАЗИВНОЙ ХИРУРГИИ СОСУДОВ

Беликов Н. В., Хайдукова И. В., Борде А. С., Саврасов Г. В.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, aneox@list.ru, irina.khaydukova@mail.ru, aenea.doerb@mail.ru, savrasov2000@mail.ru

Роботизация минимально-инвазивных хирургических операций

Минимально-инвазивная хирургия является стремительно развивающейся медицинской областью. Данным термином объединены операции, обеспечивающие доступ с наименее возможным нарушением физиологии пациента. Они включают в себя лапароскопию, торакоскопию, артроскопию, внутривипроводную эндоскопию, эндоваскулярные и кардиологические методы. Основными достоинствами по сравнению с традиционными открытыми операциями являются расширение показаний у пожилых людей и пациентов с высоким риском осложнений, снижение длительности послеоперационного пребывания в стационаре, снижение хирургической травмы и достижение лучших косметических результатов [1,2,3].

Основным недостатком минимально-инвазивных операций является необходимость в рентгеновском контроле. Одним из способов удаления врача из области облучения является роботизация хирургических процедур, которая активно внедряется с 90-х годов в клиническую практику. На 2015 год в США количество роботизированных операций в некоторых направлениях хирургии уже превышает количество операций, выполняемых традиционными методами (Рисунок 1) [4].

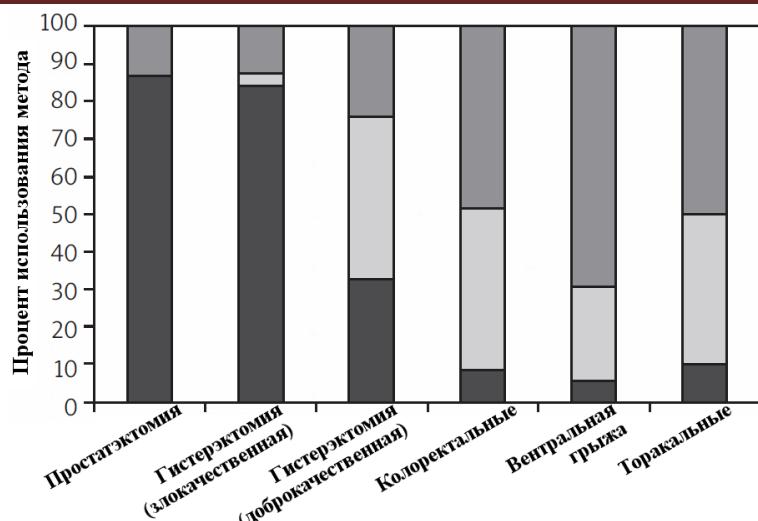


Рисунок 1 – Соотношение операций, проводимых различными методами (США, 2015 год)

Роботизация внутрисосудистых операций производится в основном благодаря внедрению специальных роботизированных катетеров, позволяющих удаленное введение инструментов в русло сосуда. По принципу осуществления перемещения роботизированные катетеры подразделяются на магнитные, поступательные, роликовые и захватывающие. Данные роботизированные системы состоят из двух компонентов – управляющего (master) и управляемого (slave). Хирург воздействует на управляющее устройство, данные с которого передаются на управляемое, взаимодействующее непосредственно с пациентом.

На данный момент существует несколько систем для удаленного проведения катетеризации: Magellan (Hansen Medical, США), Sensei X (Hansen Medical, США), Amigo (Catheter Robotics, США), Niobe (Stereotaxis, США), VDrive (Stereotaxis, США), CorPath (Corindus Vascular Robotics, США).

Несмотря на большое количество исследований по разработке и внедрению робототехнических систем в медицину, число медицинских роботов, имеющих в настоящее время практическое применение, мало. Развитие медицинской робототехники во многом сдерживается высокой стоимостью роботов, а также высокими требованиями к их качеству и надежности. Ещё одной немаловажной причиной является несовершенство взаимодействия между специалистами медицинских и технических дисциплин, которые создают и внедряют медицинских роботов. Это в свою очередь вызвано отсутствием методического единства в проектировании медицинских роботизированных систем и пренебрежением биомедицинской спецификой технологических задач медицинской робототехники.

Одним из решений этой проблемы является системный подход, в котором медицинский робот рассматривается как сложная биотехническая система (БТС), состоящая из биологических и технических элементов, замкнутых в едином контуре управления [5]. Относясь к системам эргатического типа [6], БТС для роботизированной хирургии отличается от общепринятой структуры «человек-техника-среда». Она включает биологические звенья в двух вариантах: активное (хирург – оператор) и пассивное (пациент), связь между которыми обеспечивается опосредовано с помощью технических средств.

БТС для минимально-инвазивной хирургии сосудов

Схема проведения операции с использованием технологий минимально-инвазивной хирургии представлена на рисунке 2. Такие операции осуществляются через малые проколы, причём зона воздействия значительно удалена от места ввода технического средства. В связи с этим тактильная информация, получаемая хирургом, сильно искажается, а её объём резко сокращается. Хирург также не может получить прямую визуальную информацию о взаимодействии воздействующей системы с тканями пациента. В связи с этим, в отличие от традиционной хирургии, в минимально инвазивную внедрена система наблюдения (контролирующий технический элемент). В роли последней выступают интраоперационные рентгеновские системы (обычно типа «С-дуга»).

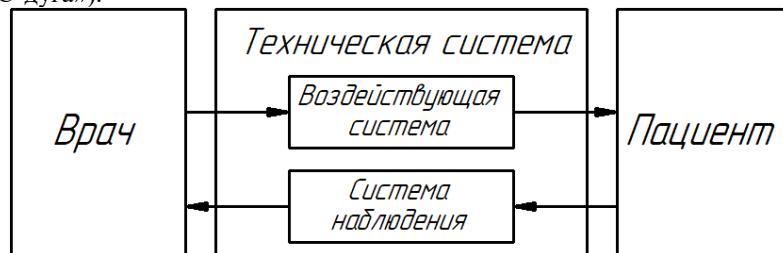


Рисунок 2 – Структурная схема минимально-инвазивной хирургии

Роботизация минимально-инвазивных операций позволяет перейти к схеме, представленной на рисунке 3. Роботизированная система объединяет воздействующий и контролирующий технические элементы под управлением экспертной системы. Такое объединение в совокупности с возможностью удалённой манипуляции элементами системы даёт возможность проведения операции методами телемедицины. Таким образом возможно проведение операции с участием высококвалифицированных хирургов в труднодоступных или полностью недоступных местностях.

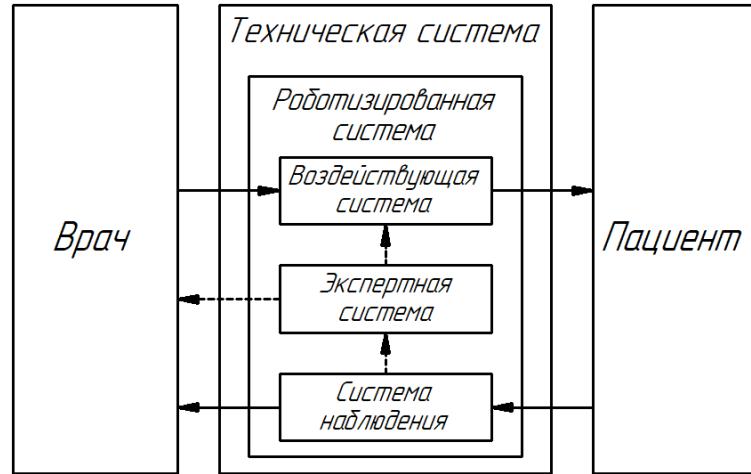


Рисунок 3 – Структурная схема роботизированной минимально-инвазивной хирургии

Экспертная система, способна быстрее человека реагировать на экстренные ситуации, определять силу сопротивления продвижению инструмента ниже порога чувствительности человека, автоматически компенсировать трепет рук хирурга и многое другое.

При работе системы в автоматическом режиме, например, компенсации трепета, используется контур автоматического принятия решений «пациент – система наблюдения – экспертная система – воздействующая система – пациент» для снижения информационной и физической нагрузки на врача и, как следствие, его усталости.

Данный контур также используется в экстренном режиме, например, при предотвращении перфорации стенки сосуда. Время прохождения информации по контуру «пациент – система наблюдения – экспертная система – воздействующая система – пациент» зависит от технических возможностей роботизированной системы.

Для эффективной работы автоматический контур в роботизированной системе должен превосходить максимально реализуемые возможности человека. Наибольшую важность представляют время реакции и максимальная чувствительность. Рассмотрим сравнение контуров «пациент – система наблюдения – экспертная система – воздействующая система – пациент» и «пациент – система наблюдения – врач – воздействующая система – пациент» по данным параметрам.

Время реакции

Время реакции включает в себя требуемое время на резкое изменение хода операции, например, при заклинивании инструмента или касании инструментом стенки кровеносного сосуда.

Различие в использовании стандартного и автоматического контуров заключается во времени реакции хирурга и робота-манипулятора. Время реакции хирурга определяет длительность передачи сигнала по контуру «пациент – система наблюдения – врач – воздействующая система – пациент» и зависит от следующих факторов [7]:

- вида стимула (тактильный, звуковой или зрительный);
- интенсивности стимула (чем выше интенсивность стимула, тем меньше время реакции. Закономерность справедлива до достижения интенсивностью стимула определенного предела);
- тренированности оператора (тренировки уменьшают время реакции);
- настройки оператора на то или иное восприятие;
- возраста и пола;
- строения организма;
- сложности реакции.

Оценка времени реакции в зависимости от её сложности и предъявляемого стимула оценивалась в работе [7]. Она была выражена следующей зависимостью от числа различных сигналов:

$$T = 270 \cdot \ln(D + 1), \quad (1)$$

где D – число возможных типов стимула, а T – время, выраженное в миллисекундах.

Численные данные среднего времени реакции в зависимости о её сложности были вычислены в таблице 1.

Таблица 1 - Среднее время реакции человека

Тип реакции	Среднее время (мс)
Простая (один стимул – одна реакция)	201
Различения (несколько стимулов – одна реакция)	237
Выбора (несколько стимулов – несколько реакций)	284

Экспериментальные исследования в работе [8] установили нижний предел времени реакции человека, равный примерно 180 мс для простой реакции. Так как простая реакция является в свою очередь наиболее быстрой из всех остальных типов, то данное время является минимальной величиной, требуемой для прохода сигнала по каналу «система наблюдения – врач – воздействующая система».

Таким образом, минимальное время реакции БТС на резкое изменение хода операции ограничено физиологическим пределом, быстрее которого хирург не сможет принять решение, и составляет 180 мс.

Современные роботизированные системы, используя контур «пациент – система наблюдения – экспертная система – воздействующая система – пациент» позволяет более чем на 25% сократить время реакции на возникновение внештатной ситуации, чем при использовании контура «пациент – система наблюдения – врач – воздействующая система – пациент». Как показано в работе [9] время, необходимое для полной остановки конечного звена робота-манипулятора и отключение источника воздействия составило в среднем 135 мс.

Тактильная чувствительность

Определение минимальной силы воздействия в контуре «пациент – система наблюдения – врач – воздействующая система – пациент» зависит от тактильной чувствительности хирурга-оператора, которая зависит от порога чувствительности рецепторов кожно-механического анализатора. В работе [10] было доказано, что условием возникновения ощущения прикосновения является деформация кожной поверхности при воздействии стимула. Скорость деформации прямо пропорциональна интенсивности ощущения.

Наиболее важной величиной для характеристики контура «пациент – система наблюдения – врач – воздействующая система – пациент» является тактильная чувствительность кончиков пальцев. Она имеет вариабельность от 3 до 300 г/мм² и зависит от внешних условий, таких как температура и влажность среды [10].

Важной особенностью чувствительности рук хирурга является нелинейность шкалы ощущения воздействия по закону Вебера-Фехнера. Согласно ему, изменение давления регистрируется человеком при приросте силы минимум на 1/17 от ее исходной величины [10].

В контуре «пациент – система наблюдения – экспертная система – воздействующая система – пациент» чувствительность определяется техническими характеристиками датчиков роботизированной системы. Модули обратной связи по силе роботов-манипуляторов с использованием современной элементной базы могут определять осевую силу на уровне выше 0,05 Н [11], что превышает чувствительность человека для грузов, массой выше 87 г.

Приведенные данные свидетельствуют о преимуществе использования автоматического режима роботизированной системы в экстренных ситуациях, так как это увеличивает возможности хирурга-оператора.

Однако в большинстве возникающих ситуаций, кроме автоматизированных и экстренных, экспертная система не принимает окончательного решения, лишь обрабатывая и предоставляемую необходимую информацию врачу-оператору. В связи с этим экспертная система в современных роботизированных комплексах связана с остальными элементами БТС слабой оперативной связью.

Выводы

В ходе данной работы был проанализирован процесс роботизации минимально-инвазивных операций. В ходе анализа были отмечены факторы, лимитирующие применение роботизированных систем в более широкой практике.

Было предложено использование системного подхода, в котором медицинский робот рассматривается как сложная биотехническая система (БТС), состоящая из биологических и технических элементов, замкнутых в едином контуре управления. Данный подход дает возможность установления методического единства в проектировании медицинских роботизированных систем.

В работе были описаны структурные схемы БТС и их технологические особенности в применении к минимально-инвазивной хирургии и роботизированной минимально-инвазивной хирургии. Использование роботизированных систем позволяет расширить возможности хирурга, особенно при возникновении внештатных ситуаций. В таких случаях управление ведется по контуру «пациент – система наблюдения – экспертная система – воздействующая система – пациент», в связи с чем уменьшается время реакции и повышается чувствительность воздействия на биообъект.

Библиографический список

1. Fuchs, K. H. Minimally invasive surgery //Endoscopy. – 2002. – T. 34. – №. 02. – С. 154-159.

2. Robinson, T. N., Stiegmann G. V. Minimally invasive surgery/ T. N. Robinson, G. V. Stiegmann //Endoscopy. – 2004. – Т. 36. – №. 01. – С. 48-51.
3. Vierra, MD M. Minimally invasive surgery //Annual review of medicine. – 1995. – Т. 46. – №. 1. – С. 147-158.
4. Kroczeck K., Kroczeck P., Nawrat Z. Medical robots in cardiac surgery—application and perspectives //Kardiochirurgia i torakochirurgia polska= Polish journal of cardio-thoracic surgery. – 2017. – Т. 14. – №. 1. – С. 79
5. Саврасов Г.В. Медицинская роботехника. Часть1 // Учеб. пособие. – М.: Изд-во МГТУ, 2000. – 33 с.
6. Саврасов Г.В. Теоретические основы, методы и технические средства ультразвуковой хирургии магистральных артерий: диссертация на соискание ученый степени доктора технических наук: 05.11.17 [Место защиты: МГТУ имени Н.Э.Баумана]. – М., 1989. - 411 с.
7. Авиационные приборы. [Электронный ресурс]. URL: http://linurati.net/avia_t11r2part4.html (Дата обращения: 01.05.2014)
8. Kunz T. et al. Real-time path planning for a robot arm in changing environments //Intelligent Robots and Systems (IROS), 2010 IEEE/RSJ International Conference on. – IEEE, 2010. – С. 5906-5911.
9. Saintot B., Pagliero D., Brémont J. Performances d'arrêt d'urgence des robots manipulateurs industriels //Cahiers de notes documentaires nD. – 1991. – Т. 143. – №. 2E.
10. Веккер Л. М. Психика и реальность: единая теория психических процессов. – М. : Смысл, 1998. – Т. 2. – С. 455-456
11. Саврасов Г. В., Батанов А. Ф., Гусаров С. Г. Робот-манипулятор для хирургии кровеносных сосудов с позиции теории биотехнических систем / Г. В. Саврасов, А. Ф. Батанов, С. Г. Гусаров // Медицинская техника : Науч.-техн. журн. - 2011. - № 3. - С. 10-13 : ил.

BIOTECHNICAL SYSTEM FOR MINIMALLY INVASIVE SURGERY

Belikov N.V., Khaydukova I.V., Borde A.S., Savrasov G.V.

Bauman Moscow State Technical University, aneox@list.ru, irina.khaydukova@mail.ru, aenea.doerb@mail.ru, savrasov2000@mail.ru

An important direction of development in surgery is the introduction of minimally invasive methods of operations. The main drawback of such operations is the need for X-ray control. One way of removing a surgeon from the area of X-ray exposure is the remote control during robotic surgery. The robotic system helps reduce the information and physical strain of the doctor. However, to date, only a small number of robotic catheters are used in angiosurgery. The development of medical robotics is largely constrained by the lack of methodological unity in the design of medical robotic systems. The proposed system approach considers the medical robot as a complex biotechnical system (BTS), consisting of biological and technical elements closed in a single control loop. From the position of the BTS theory, the main advantages of robotic systems are implemented in the loop "patient-surveillance system-expert system-action system-patient". This allows reducing the response time and increasing the sensitivity in comparison with the standard operations using the loop "patient-surveillance system-doctor-action system-patient".



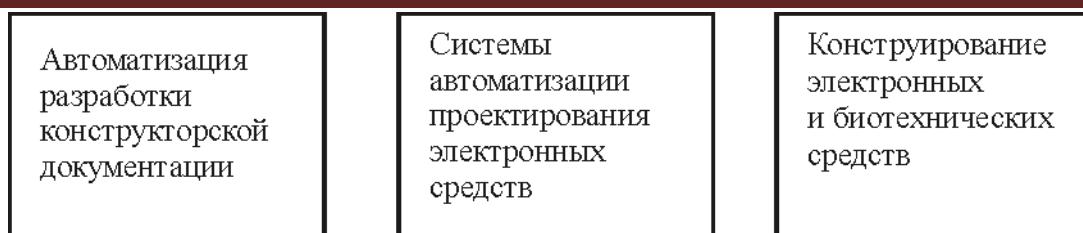
ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ» НА КАФЕДРЕ БЭСТ ВЛГУ

Варакин А. А.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, ekranus@vlsu.ru

На сегодняшний день подготовка бакалавров направления «Биотехнические системы и технологии» включает обязательный цикл конструкторских дисциплин. Это определяется требованиями стандартов ФГОС ВО 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии». Стандарт определяет проектно-конструкторскую деятельность будущего выпускника и закрепляет за ним профессиональные компетенции, связанные со способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы в предметной сфере биотехнических систем и технологий [1]. Наряду с профессиональными компетенциями требования стандарта также определяют и общепрофессиональные компетенции в виде готовности применять современные средства выполнения и редактирования изображений и чертежей, подготовки конструкторско-технологической документации.

Указанные требования реализованы в учебно-методических комплексах дисциплин конструкторского цикла (рис. 1), подготовленных преподавателями кафедры «Биомедицинских и электронных средств и технологий» (БЭСТ) Владимирского государственного университета (ВлГУ).



2 семестр

3, 4 семестр

6, 7 семестр

Рисунок 1 – Дисциплины конструкторского цикла

Дисциплина «Автоматизация разработки конструкторской документации» является первой для студентов, где они не только знакомятся с понятием конструкторской документации (КД), но и получают навыки ее оформления в ходе выполнения курсового проекта. При этом используется система автоматизированного проектирования (САПР) КОМПАС, вобравшая в себя требования государственных стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД). Это во многом упрощает процесс оформления КД, и дает возможность познакомить студентов с понятием «электронной модели» изделия, в основе которой лежит трехмерная модель.

Более широкие знания по трехмерному моделированию, способах построения деталей и сборок определены в дисциплине «Системы автоматизации проектирования электронных средств». Данная дисциплина во многом базируется на решении практических задач, реализованных по принципу «от простого к сложному». Построение трехмерных моделей выполняется в системах SolidWorks и КОМПАС. Другой задачей данной дисциплины является знакомство студентов с понятием «электронной» САПР, то есть САПР, позволяющей выполнять полный цикл разработки электронного изделия, включая разработку проекта печатной платы. Печатная плата и собранная на ее основе ячейка – основанная и, наверное, наиболее важная часть конструкции практически любого электронного или биотехнического средства. Во многом качество разработки и сборки печатной платы будет определять качество всего изделия. При этом изучение САПР Altium Designer в рамках этого курса должно быть дополнено дисциплиной по реализации практических проектов на печатных платах. На текущий момент такой дисциплины в учебном плане не предусмотрено.

Базовой дисциплиной конструкторского цикла является дисциплина «Конструирование электронных и биотехнических средств». Дисциплина осваивается студентами в течение двух семестров, включает курсовой проект (рис. 1) и во многом готовит их к выпускной квалификационной работе. Помимо общих вопросов конструирования, предметом изучения дисциплины являются практические примеры реализации биотехнических устройств, с использованием макетов, либо действующих образцов медицинской техники. Следует отметить, что в дисциплине не уделяется внимания эргономики и вопросам художественного конструирования разрабатываемых изделий.

Для разработчиков учебных планов требования ФГОС являются первоочередными исходными данными. Значительную почву для размышлений преподаватели и составители учебных планов получают по результатам выполнения и защит выпускных квалификационных работ студентов, что во многом отражает требования современного производства. Следует отметить, что наиболее успешные выпускные квалификационные работы содержат действующие макеты ячеек на печатных платах, а также подробно проработанные электронные модели изделий. Наилучшим вариантом для изучения этих вопросов было бы введение в конструкторский цикл двух дисциплин: дисциплины по изучению методик проектирования печатных плат с реализацией концепции проекта и выделенную дисциплину по эргономике, дизайну и художественному конструированию биотехнических средств.

Таким образом, сформировавшийся на текущий момент цикл конструкторских дисциплин на кафедре БЭСТ ВлГУ по направлению подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии» не является оптимальным и требует дополнения в части изучения методов проектирования печатных плат, а также вопросов эргономики, дизайна и художественного конструирования.

Библиографический список

1. ФГОС ВО 12.03.04 Биотехнические системы и технологии.

**PECULIARITIES OF THE DESIGN TRAINING OF BACHELORS ON THE DIRECTION OF
"BIOTECHNICAL SYSTEMS AND TECHNOLOGIES" AT THE CHAIR BEST VLSU**
Varakin A.A.

Vladimir state university of A.G. and N.G. Stoletovykh, ekranus@vlsu.ru

In the work the questions of formation of disciplines of a design cycle of a direction of preparation of bachelors "Biotechnical systems and technologies" realized at the department of "Biomedical and electronic means and technologies" of the Vladimir State University are considered. The specifics of the implementation of competencies set

by the standard are determined. Recommendations are given for strengthening the design training of students by introducing disciplines for a deeper study of the methods of designing printed circuit boards and meeting the requirements of ergonomics and design.

ЭКГ РЕГИСТРАТОР ДЛИТЕЛЬНОГО МОНИТОРИНГА

Вилкова Д. И., Писарева А. В., Немцова А. С., Николаенко А. О., Николаев А. П.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана»

(национальный исследовательский университет), dariakandyba@yandex.ru, paypav.06@mail.ru,

a.s.nemtsova@gmail.com, aesgt@yandex.ru, apnikolaev@yandex.ru

Введение

По статистике Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) заболевания сердечно-сосудистой системы (ССЗ) являются основной причиной смертности не только во всем мире, но и в России, где показатели смертности среди трудоспособного населения остаются одними из самых высоких среди всех европейских стран. Этот факт подтверждается данными Федеральной службы государственной статистики (Росстат) [1], представленными на рисунке 1.



Рисунок 1 – Коэффициент смертности от ССЗ среди населения в промилле (%)

На гистограмме отражен коэффициент смертности от ССЗ среди всего населения в каждый год в период с 2000 по 2015 годы. Анализируя данные, приведенные в гистограмме можно заметить, что на данный момент, начиная с 2011 года, наметилось уменьшение смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, но на их долю каждый год до сих пор приходится около 60-70 % всех смертей в России, как среди мужчин, так и среди женщин. В последние годы отмечается рост распространенности заболеваний, связанных с нарушением сердечного ритма, которые можно отнести к заболеваниям сердечно-сосудистой системы. По данным ВОЗ аритмия возникает у одного из двадцати пяти лиц в возрасте старше 60 лет и у одного из десяти лиц старше 80 лет, через 30 – 35 лет количество пациентов, страдающих данным недугом увеличивается в 3 раза, все чаще затрагивая молодых больных после 40 лет. В России за последние 20 лет распространённость аритмий возросла почти в 6 раз и составила 0,12 % от всего населения страны и около 10 -15 % от всех болезней сердца. Нарушения сердечного ритма часто сочетаются с такими заболеваниями, как с артериальной гипертонией (73 %), ИБС (65,2 %), острым инфарктом миокарда (6,9 %), сахарным диабетом (до 9 %), и провоцируют случаи внезапной смерти [7]. Наиболее распространенные виды нарушений сердечного ритма, такие как экстрасистолия, мерцание и трепетание предсердий, тахи- и брадикардии и блокады сердца, являются труднодиагностируемыми, в частности из-за внезапности своего возникновения, непостоянства и непериодичности. Обычно для диагностики аритмий в медицинской практике используют холтеровское мониторирование, предложенное американским биофизиком Норманом Холтером [4]. Данная методика представляет собой непрерывную запись ЭКГ-сигнала в естественных условиях, привычных для пациента в течение 24-48 часов с помощью портативного устройства – Холтера [5]. По данным множества исследований значительная доля нарушений ритма сердца с потенциально высоким уровнем риска не выявляется в течение 48 часов [8]. Было показано, что при увеличении периода обследования до 7 суток у 60,3 % больных из 28 тысяч испытуемых было выявлено нарушение ритма сердца, причем у 51,1 % из общего числа первый симптом-триггер возникал после первых 48 часов наблюдения [9]. Получается, эти эпизоды были бы пропущены при традиционном холтеровском мониторинге. Исходя из этого появляется необходимость долгосрочного непрерывного мониторинга ЭКГ-сигнала, длительность которого будет значительно превышать 48 часов.

Целью проведенной работы стало создание теоретического прототипа ЭКГ-регистратора длительного мониторинга, определение основных требований к прибору и его основным характеристикам, разработка схемы БТС, структурной схемы, общего вида ЭКГ-регистратора длительного мониторинга, его электрической принципиальной схемы.

Методы и материалы

Новые портативные амбулаторные устройства длительной регистрации ЭКГ-сигнала обладают рядом некоторых преимуществ по сравнению с холтеровским мониторингом.

Во-первых, они компактны и имеют небольшие размеры.

Во-вторых, у них отсутствуют многочисленные провода и накожные электроды, которые зачастую затрудняют движения пациента и ограничивают его физическую активность.

В-третьих, часто современные ЭКГ-регистраторы водонепроницаемы, что позволяет не удалять устройство при контакте с водой.

В-четвертых, в приборах нового поколения возможна передача данных по Bluetooth на смартфон или ПК, и в дальнейшем лечащему врачу посредством информационно-телеkomмуникационной сети Интернет [10].

Все перечисленные свойства современных ЭКГ-регистраторов дает возможность пациенту не нарушать свой привычный повседневный ритм, рабочий график, позволяет беспрепятственно путешествовать и не испытывать бытовых трудностей и неудобств в своем образе жизни, что не только облегчает обследование для пациента, но и улучшает диагностические исследования и повышает их значимость.

Биотехническая система длительного мониторинга ЭКГ-сигнала

Биотехническая система длительного мониторинга ЭКГ-сигнала позволит проводить качественную диагностику многих нарушений сердечного ритма, в том числе следующих заболеваний:

- а) фибрилляция предсердий;
 - б) трепетания предсердий;
 - в) паузы сердечного ритма;
 - г) синусовая брадикардия;
 - д) синусовая тахикардия;
 - е) желудочковая экстрасистолия;
 - ж) желудочковая тахикардия;
 - з) наджелудочковая тахикардия;
 - и) наджелудочковая брадикардия;
 - к) предсердная экстрасистолия.

На рисунке 2 представлена разработанная схема биотехнической системы длительного мониторинга ЭКГ-сигнала.

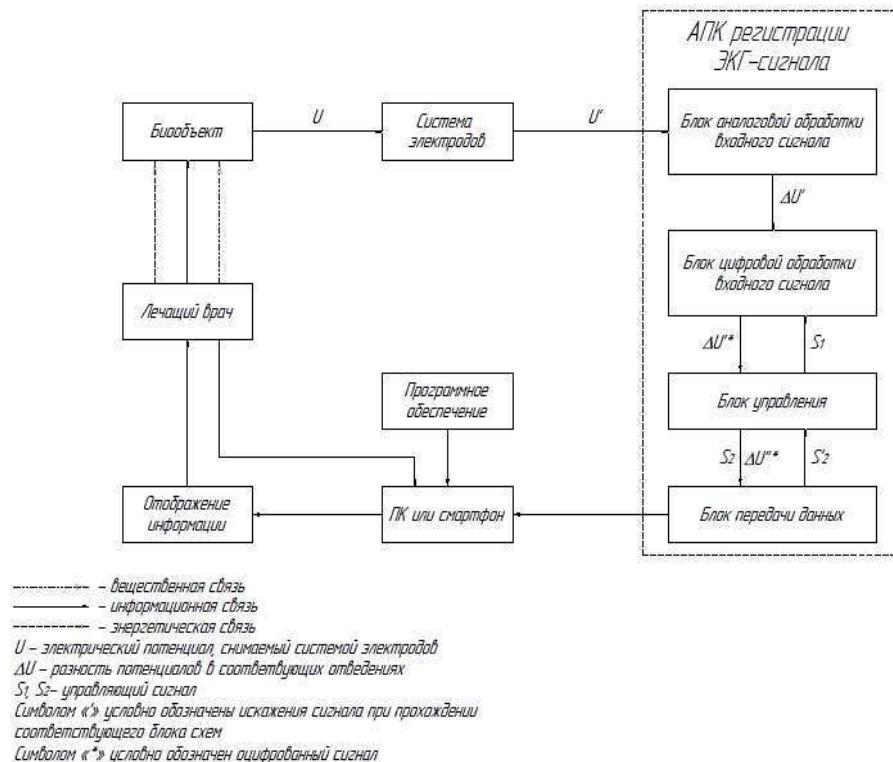


Рисунок 2 – Схема биотехнической системы длительного мониторинга ЭКГ-сигнала [11]

Схема биотехнической системы регистратора длительного мониторинга ЭКГ-сигнала включает в себя следующие функциональные блоки и элементы:

- а) биообъект (БО);
- б) электроды;
- в) аппаратно-программный комплекс (АПК) регистрации электрокардиографического ЭКГ-сигнала.

В свою очередь АПК состоит из:

- 1) блока аналоговой обработки входного сигнала;
 - 2) блока цифровой обработки входного сигнала;
 - 3) блока управления;
 - 4) блока передачи данных.
- г) ПК или смартфон, которое имеет необходимое ПО;
- д) блок отражения информации;
- е) лечащий врач.

Лечащий врач устанавливает прибор на пациента, после проведенной в устройстве обработки данные передаются через Bluetooth-модуль в ПК или смартфон [6]. При отсутствии соединения с ПК запись данных производится на micro-SD карту. При использовании специализированной программы возможна передача результатов обследования в облачное хранилище.

Описание выбранной конструкции

Общий вид прибора изображен на рисунке 3.

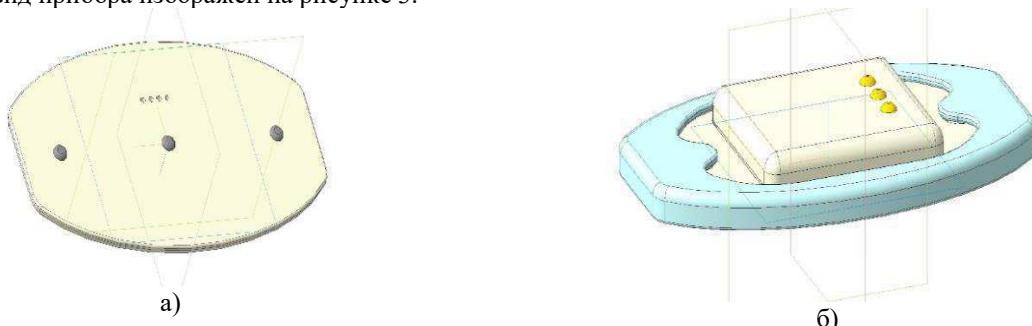


Рисунок 3 - Разрабатываемый ЭКГ-регистратор длительного мониторинга без гелевой оболочки вид снизу (а) в собранном виде с гелевой оболочкой (б) [11]

ЭКГ-регистратор состоит из основания и жесткого корпуса, плотно соединенных между собой.

Также в состав устройства включена легко заменяемая оболочка толщиной 1.5-2 мм, обладающая пластичной массой, которая способна размягчаться при температуре тела и обеспечивает хорошую фиксацию, прилипая к коже.

В оболочке предусмотрены вставки гелевой массы диаметром 8 мм, улучшающие регистрацию ЭКГ-сигнала. Сама оболочка должна быть сделана из прочного, но эластичного материала.

Основание имеет гибкие боковые крылья, позволяющие принимать формулу тела пациента.

Данная часть прибора содержит три электрода, два крепежа для фиксации гелевой оболочки, четыре отверстия для подзарядки, и по середине крепежи для плотного соединения с крышкой жесткого корпуса и отсек для внутреннего корпуса.

Жесткий корпус состоит из крышки и внутреннего корпуса, служащего защитой от пыли и влаги для находящейся в нем печатной платы с электронными элементами прибора. На устройстве предусмотрены светодиоды, способные сигнализировать о низком заряде батареи.

Подзарядка прибора происходит с помощью специальной док-станции, использование которой позволяет упростить схему питания и исключить из нее схему гальванической развязки.

В корпусе имеются разъемы для подзарядки, которые находятся в углублениях длиной и диаметром 1.5 мм. В собранном виде прибор представлен на рисунке 4.

Для снятия сигнала прибор использует дополнительное двухполюсное отведение по Лиану (отведение S5), находящееся между рукояткой грудины и пятым межреберьем и обычно применяемое в диагностике нарушений сердечного ритма [12].

Структурная схема регистратора

Рассмотрим подробнее представленную на рисунке 4 структурную схему ЭКГ-регистратора.

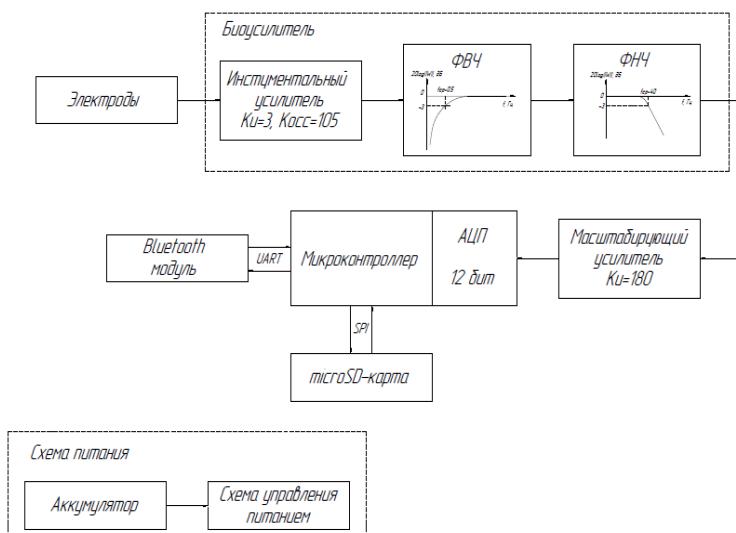


Рисунок 4 - Структурная схема ЭКГ-регистратора длительного мониторинга [11]

Входной сигнал снимается с поверхности кожи электродами из комбинации серебра (Ag) и хлорида серебра (AgCl). Также, возможно использование электродов, верхний слой которых был бы покрыт серебром или хлоридом серебра, а на стороне приема сигнала имелся слой хлорида серебра.

Далее зарегистрированный сигнал поступает на биоусилитель, состоящий из ослабляющего синфазную составляющую инструментального усилителя, убирающего дрейф изолинии фильтра верхних частот, и фильтра нижних частот, представляющий собой антиалайзинговый фильтр. Отмасштабированный с помощью усилителя сигнал подается на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП), интегрированного в микроконтроллер.

Подбор аналоговых компонентов

К основным требованиям к элементной базе прибора можно отнести низкое энергопотребление, малый шум, малое напряжение и ток смещения, высокий коэффициент подавления синфазного сигнала и небольшие размеры микросхем.

Помимо вышеперечисленных требований биоусилитель ЭКГ-регистратора должен обладать хорошей помехоустойчивостью, низким уровнем внутренних шумов, приведенных ко входу и полосой пропускания в диапазоне 0,5-40 Гц [2, 4, 13, 14].

Была выбрана микросхема AD8295 компании Analog Devices, которая содержит в себе инструментальный усилитель с коэффициентом ослабления синфазного сигнала (Косс) равным 105 и два операционных усилителя, на которых были реализованы источник опорного напряжения (REF) и активный фильтр нижних частот по схеме Саллена-Ки с частотой среза 40 Гц. Для создания фильтра верхних частот выбран пассивный RC-фильтр первого порядка с частотой среза 0.5 Гц. Для масштабирующего усилителя использована схема неинвертирующего каскада на ОУ с коэффициентом передачи $Ku=180$ [3].

Подбор цифровых элементов

В приборе используется микроконтроллер серии L1 компании ST Microelectronics, имеющий встроенный АЦП разрядностью в 12 бит. Для подключения microSD-карты к микроконтроллеру используется интерфейс SPI, а для подключения Bluetooth-модуля – UART.

Было определено, что при регистрации одного канала, который оцифровывается с частотой дискретизации равной 250 Гц, цифровые данные на карте занимают приблизительно 2 байта. Так как длительный мониторинг подразумевает 7-14 дневную запись сердечной активности, то объем памяти microSD карты должен быть более $1 \cdot 250 \cdot 2 \cdot (60 \cdot 60 \cdot 24) \cdot 14 \approx 576 [Мбайт] \rightarrow 600 [Мбайт]$.

Блок питания прибора

Блок питания состоит из литий-ионного аккумулятора на 4.2 В и микросхемы управления питанием LTC4080X производства компании Linear Technology со встроенным понижающим преобразователем напряжения. Данный электрический элемент является полноценным линейным зарядным устройством со встроенным понижающим преобразователем, имеет небольшие размеры 3x3 мм, и подходит для портативных устройств.

Подзарядка аккумулятора производится с помощью док-станции. Для контроля и управления питанием всего прибора использована микросхема LTC4080X производства компании Linear Technology.

На рисунке 5 представлена электрическая принципиальная схема ЭКГ-регистратора длительного мониторинга.

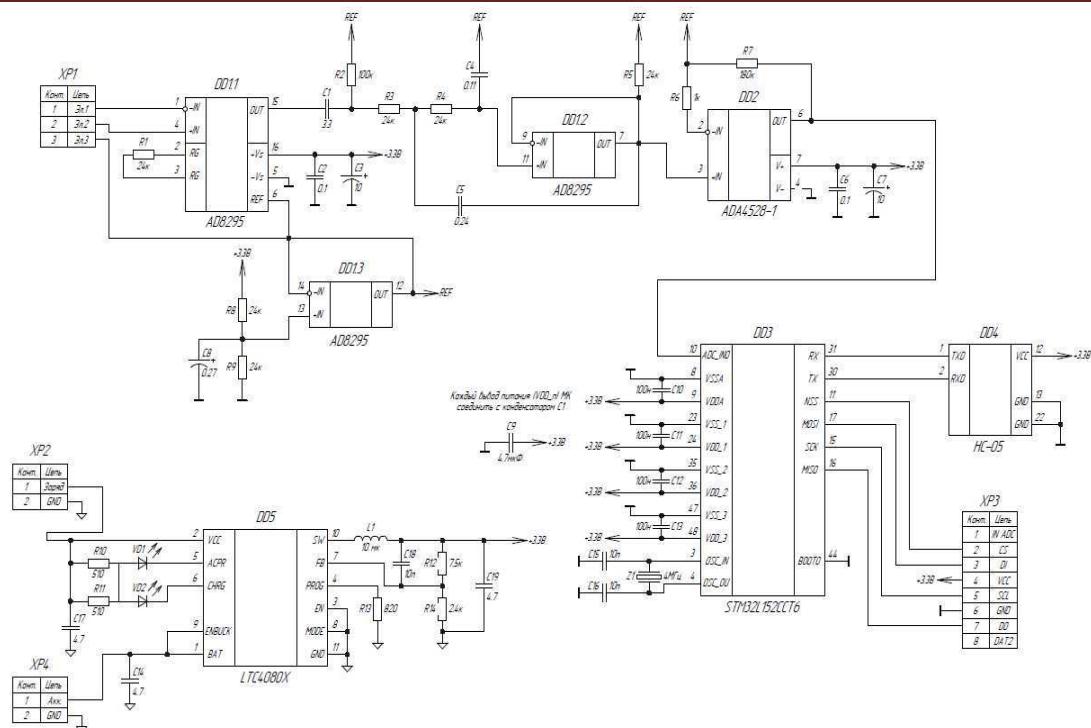


Рисунок 5 – Электрическая принципиальная схема ЭКГ-регистратора длительного мониторинга [11]

Заключение

В ходе проведенной работы были разработаны схема биотехнической системы ЭКГ-регистратора длительного мониторинга, его структурная схема, выбрана предполагаемая конструкция прибора и его электрическая принципиальная схема, также подобрана элементная база устройства. Обобщим получившиеся технические характеристики ЭКГ-регистратора в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики ЭКГ-регистратора длительного мониторинга

Параметр	Значение параметра
Количество электродов	3 электрода
Количество регистрируемых отведений (канал ЭКГ)	одноканальный; регистрируется отведение по Лиану.
Динамический диапазон	0 – 5 мВ
Частотный диапазон	0.5 – 40 Гц
Коэффициент ослабления синфазных помех в указанном диапазоне частот (Косс)	115 дБ
Максимальный уровень внутренних шумов, приведенных ко входу биоусилителя	$40 \text{ нВ} / \sqrt{\text{Гц}}$
Коэффициент усиления входного сигнала (K_u)	$K_u = 543$
Разрядность АЦП	12 бит
Способ передачи и хранения данных	Хранение данных на карте внешней памяти microSD, установленной в приборе и передача данных по Bluetooth 4.0
Тип аккумулятора	Литий-ионной на 4.2 В
Размер (ДхШхВ)	96.5x60x10 мм

По результатам работы возможно разработать прототип ЭКГ-регистратора длительного мониторинга. Основные выводы и рекомендации данной работы могут быть использованы при разработке различных моделей ЭКГ-регистраторов.

Библиографический список

1. Здравоохранение в России 2015: Стат.сб./Федеральная служба государственной статистики Росстат. - М., 2015. – 174 с. //Режим доступа: http://www.gks.ru/free_doc/doc_2015/zdrav15.pdf (Дата обращения: 15.12.17).
2. ГОСТ Р 56323-2014. Изделия медицинские электрические. Системы Холтеровского мониторирования. Технические требования для государственных закупок [Текст]. –М: Стандартинформ, 2015.
3. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – Изд. 2-е. – М: БИНОМ. – 2014.

4. Писарева А. В. Перспективы импортозамещения медицинского оборудования в России / А. В. Писарева, И. А. Апоплонова, А. П. Николаев, Н. А. Зверев // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2015. № 2. С. 44-49.
5. Шестопалов Д., Писарева А. В. Хоспис-техническое оснащение отделений паллиативной помощи в соответствии с требованиями нормативно-правовой документации // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 3 (22). С. 88-93.
6. Скрыпников А. В., Писарева А. В. Актуальность разработки и внедрения программного комплекса для оздоровления студентов вузов с диагнозом сахарный диабет в учебный процесс, занимающихся в специальных медицинских группах по физическому воспитанию // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 79-82.
7. Колбин А.С., Татарский Б.А., Бисерова И.Н. и др. Социально-экономическое бремя мерцательной аритмии в Российской Федерации. // Клиническая фармакология и терапия. 2010. N 19 (4). с. 17 – 22.
8. Solomon M.D., Yang J., Sung S.H. (Eds.). Incidence and timing of potentially high-risk arrhythmias detected through long term continuous ambulatory electrocardiographic monitoring // BMC Cardiovascular Disorders. – 2016. (DOI 10.1186/s12872-016-0210-x)
9. Tung C.E., Su D., Turakhia M. P. (Eds.). Diagnostic yield of extended cardiac patch monitoring in patients with stroke or TIA. // Режим доступа: <http://journal.frontiersin.org/article/10.3389/fneur.2014.00266/full> (Дата обращения: 14.10.16).
10. Harres de Oliveira I., Balbinot A. (Eds.). Portable electrocardiograph based on the integrated circuit ADS1294 using an android application as interface. // Health Technol - 2015, 5:147–154 (DOI 10.1007/s12553-015-0113-3).
11. Кандыба Д. ЭКГ-регистратор длительного мониторинга, Выпускная квалификационная работа бакалавра, МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017.
12. Орлов В. Н. Руководство по электроэнцефалографии. – М.: ООО "Медицинское информационное агентство", 2014. – 560 с.
13. Дошицин В. Л. Руководство по практической электроэнцефалографии. – М.: МЕДпресс-информ, 2015 – 416 с.
14. ГОСТ 30324.2.47-2012 (IEC 60601-2-47:2001). Изделия медицинские электрические. Часть 2-47. Частные требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к амбулаторным электроэнцефалографическим системам. [Текст]. –М: Стандартинформ, 2013.

MEDICAL DEVICE FOR LONG-TERM ECG MONITORING

Vilkova D.I. , Pisareva A.V., Nemtsova A.S., Nikolaenko A.O., Nikolaev A.P.
 Bauman Moscow State Technical University, dariakandyba@yandex.ru, pavpav.06@mail.ru,
a.s.nemtsova@gmail.com, aesgt@yandex.ru, apnikolaev@yandex.ru

Annotation: This article is devoted to the possibility of developing an ECG-recorder for long-term monitoring, the task is to determine the basic requirements for the device and its characteristics, develop a scheme of the biotechnical system, the structural diagram, the general form of the ECG-registrar, and its electrical schematic diagram. The conclusions and recommendations of this work can be used to develop various models of ECG-recorders.



ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОГО КОМПЛЕКСА

Власов М. Э., Дембовский М. В., Апоплонова И. А., Терехова Н. Ю.
 ФГБОУ МГТУ им. Н.Э. Баумана, mylasov@bmstu.ru

В настоящее время понятие «телемедицина» получило широкое распространение. С момента вступления в силу Федерального закона от 29 июля 2017 г. № 242-ФЗ «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации по вопросам применения информационных технологий в сфере охраны здоровья», определяющего нормативно-правовые аспекты регулирования процесса оказания медицинских услуг с применением телемедицинских технологий, началась активная популяризация и внедрение телемедицинских проектов, создание новых специализированных центров и кабинетов на федеральном и региональном уровнях, появление новых сервисов и решений на рынке телемедицинских стартапов, а также проведение различных научно-практических мероприятий, посвященных особенностям внедрения телеконсультирования [1].

В связи с этим появляется потребность не только в расширении возможностей существующих автоматизированных систем, установленных в учреждениях здравоохранения, но и в разработке новых комплексов, направленных на оптимизацию процесса оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий [1, 2].

Тем не менее, в доступной литературе практически отсутствуют работы, посвященные всестороннему анализу круга вопросов, сопутствующих внедрению телемедицинских технологий в практическое

здравоохранение, поэтому при разработке телемедицинского комплекса, являющегося ключевым элементом телемедицинских сетей любого масштаба, целесообразно уделить особое внимание проведению комплексного исследования, включающего рассмотрение ряда актуальных в настоящее время проблем [1, 2, 4]:

- тенденции развития рынка телемедицины в России и в мире;
- специфика использования телемедицинских комплексов в крупных городах с развитым и доступным медицинским обслуживанием и в небольших населенных пунктах, удаленных от медицинских учреждений;
- возможности современных средств удаленной диагностики здоровья;
- уровень компьютерной грамотности участников информационного обмена;
- психологические аспекты внедрения телемедицинских технологий;
- информированность и доверие пациентов к процессу получения медицинской услуги с помощью телемедицинских технологий;
- нормативно-правовое регулирование и технические аспекты работы существующих телемедицинских центров и кабинетов на территории РФ [5].

Для исследования вышеуказанных проблем было проведено анкетирование потенциальных пользователей проектируемого телемедицинского комплекса (ТМК) – медицинских работников и пациентов (рисунок 1).

Анкета пациента

Здравствуйте! Студентская команда МГУ им. Н.Э. Блохина разрабатывает телемедицинский комплекс для оказания удаленной медицинской услуги в больших и дальних от больниц населенных пунктах. Ваше мнение – это очень важно для нас!

Первый блок вопросов направлен на выявление потенциальных медицинских учреждений. Вопросы второго блока связаны с ознакомлением медицинского комплекса.

1.1. Как часто вы обращаетесь за врачебной помощью?

- Регулярно
- Важно для здоровья
- В случае крайней необходимости
- Другое: _____

1.2. Что служит поводом для обращения?

- Обычные амбулаторные
- Частные болезни
- Красотнические манипуляции
- Экстренные ситуации
- Служба за своим здоровьем
- Другое: _____

1.3. В каких медицинских учреждениях предпочитаете обращаться?

- Районные поликлиники
- Клиники
- Более крупные клиники
- Другое: _____

1.4. Как вы записываетесь к врачу?

- Записываются к терапевту
- Регистрируются
- Записываются по телефону
- Записываются онлайн
- Другое: _____

1.5. С какой целью вы воспользовались телемедицинским комплексом?

- Чтобы познакомиться с медицинским учреждением
- Чтобы записаться к врачу
- Для самоконтроля здоровья
- Для быстрого диагноза
- Для быстрого получения результатов на руки
- Для диагностического состояния здоровья
- Для консультации больничного листа
- Для консультации
- Другое: _____

1.6. При каких условиях вы воспользуетесь комплексом?

- В том случае, если нет возможности выйти из дома
- При невозможности добраться к поликлинике
- При отсутствии медицинской помощи в населенном пункте
- Если назначение будет простым и понятным
- Если будет доступна онлайн-консультация врача
- Если симметричные услуги в клинике будут из-за поликлиники
- Другое: _____

Рисунок 1 - Анкета потенциальных пользователей (пациенты)

Анкеты содержат открытые вопросы, позволяющие считать результаты исследования не количественными, а качественными. Количество вопросов в анкетах – 25. Объем выборки респондентов – 700 человек [3]. Опрос пациентов ТМК показал, что они обращаются за медицинской помощью преимущественно в экстренных случаях (63 %).

Основные причины такого отношения к собственному здоровью – страх выявить опасное заболевание (63 %) и недоверие к обслуживанию в поликлиниках (42 %). 50 % респондентов выбирает врачей и медицинские учреждения по рекомендациям родственников, друзей и коллег, 43 % выбирают поликлиники по месту жительства. 80 % потенциальных пользователей (пациентов) отметили, что в большинстве ситуаций, когда они неправляются с недомоганием самостоятельно, то вызывают скорую помощь. Несмотря на то, что в последнее время запись к врачам в поликлиниках стала значительно проще и удобнее, что отметили 77 % респондентов, большинство больных откладывают визит к ним ввиду ряда субъективных причин.

Компьютерно-грамотная опрашиваемая аудитория разных возрастов и социальной принадлежности однозначно считают возможным использовать телемедицинские комплексы в повседневной жизни (54 %), а 38 % не исключает такой возможности. Их привлекают доступная оперативная диагностика (50 %), быстрое получение результатов на руки (48 %), быстрый доврачебный осмотр (47 %), возможность самоконтроля здоровья (44 %). Основные условия для использования телемедицинского комплекса – интуитивно понятное взаимодействие с устройствами диагностики (61 %) и расположение ТМК в шаговой доступности (52 %). Наиболее интересна для респондентов возможность измерения артериального давления (несмотря на имеющиеся у большинства домашние тонометры) с одновременным получением онлайн консультации врача (62 %). Далее следуют потребность в регистрации электрокардиограммы (31 %) и определение содержания жировой ткани в организме для дистанционного составления индивидуальной фитнес-программы (рисунок 2).

Анкета медицинского работника

Здравствуйте! Студенческая команда МТТУ им. Н.И. Бурмистрова разрабатывает телемедицинские комплексы для расширения возможностей медицинских услуг и большой их доступности. Нам важно ваше мнение! Это занятие можно выполнить за 5-7 минут, имея доступ к интернету.

1. Как вы относитесь к телемедицине?
 а) С интересом.
 б) Неинтересно.
 в) Не знаю.
 Другое: _____

2. Как вы оцениваете уровень своей компьютерной грамотности?
 а) Высокий.
 б) Средний.
 в) Низкий.
 в) Демократичный уровень.
 Другое: _____

3. Ваша специальность?
 а) Участковый терапевт.
 б) Специалист.
 в) Акушер.
 в) Медсестра.
 Другое: _____

4. Для работы?
 а) Поликлиника.
 в) Больница.
 в) Спортивный комплекс.
 Другое: _____

5. Где находятся медицинские учреждения, в которых вы работаете?
 а) В большом городе.
 в) В небольшом городе или поселке с населением до 100000.
 в) В небольшом городе или поселке с населением до 50000.
 в) В отдаленном районе, деревне, поселении.

6. Сколько времени вам требуется на прием к врачу?
 а) 15 минут.
 в) 1 час.
 в) Полтора.
 в) Два часа.
 в) Другое: _____

7. Какие способы оптимизации приема больных вы можете предложить?
 в) Помогают ли вам в этом компьютерные технологии?
 а) Да.
 в) Нет.
 в) Помогают.

8. Помогают ли вам в этом компьютерные технологии?
 а) Да.
 в) Нет.
 в) Помогают.

9. Как вы относитесь к удаленному медицинскому консультированию?
 а) Да.
 в) Нет.
 в) Помогают.

10. Как относитесь к картам использования медицинского комплекса и консультации?
 а) Да.
 в) Нет.
 в) Помогают.

11. Какие обследования на базе консультации медицинской киоскки? можно назначать медицинской киоскки?
 а) Да.
 в) Нет.
 в) Помогают.

12. Где бы вы разместили медицинские киоски?
 а) В поликлиниках.
 в) В больницах.
 в) В Торговых центрах.
 в) В подвалах жилого дома.
 в) В подъездах жилого дома.
 в) В учебных заведениях.
 в) В поликлинической администрации.
 в) В здравоохранении страны России.
 Другое: _____

13. Ваш врачебный стаж
 а) 0-5 лет.
 в) 5-15 лет.
 в) 15 и более.

Рисунок 2 - Анкета потенциальных пользователей (медицинские работники)

Анкетирование показало следующие предпочтительные места размещения телемедицинских комплексов: медицинские учреждения (кабинеты доврачебного осмотра), школы и университеты, аптеки, офисные помещения, крупные производственные предприятия, торговые центры, фитнес-центры, гостиницы, отели и санатории. Для жителей районов, удалённых от больших городов, ТМК желательно располагать в зданиях местной администрации, а наименее привлекательным оказался вариант размещения телемедицинских комплексов в объектах транспортной инфраструктуры (56 %).

Потенциальные пользователи (пациенты) готовы пользоваться услугами телемедицины, причем 70 % респондентов указывают на то, что им более комфортно общаться с врачами, используя технологии телемедицины, вместо личного очного посещения, а 30 % опрошенных пользователей уже используют компьютеры или мобильные устройства для измерений показателей здоровья с целью диагностики.

Опрос потенциальных пользователей ТМК, работающих в системе здравоохранения показал, что основное преимущество телемедицины состоит в возможности предоставления круглосуточных дистанционных медицинских консультаций для пациентов (79 %). С внедрением телемедицины медицинские работники связывают расширение зоны предоставления медицинских услуг (35 %).

Половина опрошенных медицинских работников из числа руководителей системы здравоохранения назвали улучшение качества медицинской помощи в качестве основной причины для развития системы телемедицинских услуг. Исследование позволило изучить медико-социальные аспекты применения телемедицинских технологий, а также определить ряд организационно-управленческих и технических подходов к разработке телемедицинского комплекса, что дало возможность сделать вывод о том, что консольный вариант ТМК, предложенный к рассмотрению респондентов, может считаться базовым для дальнейшего проектирования линейки такого рода решений, причем вариант автономного исполнения в виде «телемедицинской капсулы» или «передвижного телемедицинского киоска» следует считать наиболее предпочтительным для массового производства.

С учетом результатов проведенного исследования, а также требований, предъявляемых к телемедицинским системам согласно ГОСТ 43243-2017 «Системы Телемедицинские» и ГОСТ 57757-2017 2. Дистанционная оценка параметров функций, жизненно важных для жизнедеятельности человека», был разработан телемедицинский комплекс (ТМК), внешний вид которого представлен на рисунке (рисунок 3).



Рисунок 3 - Телемедицинский комплекс (ТМК)

ТМК предназначен для измерения медицинских показателей пациента с возможностью онлайн видеоконференции с врачом-консультантом при последующей передаче данных в центр сбора, хранения и обработки информации [5]. Регистрация и измерение медицинских показателей пациента проводится с

помощью медицинских диагностических приборов и соответствует требованиям ГОСТ 57757 «Дистанционная оценка параметров функций, жизненно важных для жизнедеятельности человека». В данном ТМК используется оборудование для регистрации следующих медицинских показателей: температура тела, процент содержания алкоголя в крови, артериальное давление, частота сердечных сокращений, степень насыщения крови кислородом. Проведение телемедицинской консультации с помощью ТМК осуществляется в соответствии с приказом Минздрава РФ от 30 ноября 2017 года №965н «Об утверждении порядка организации и оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий».

К дополнительным возможностям ТМК можно отнести: возможность видеофиксации проводимого медосмотра; ведение истории измерений; динамический индивидуальный анализ отклонений параметров измерений; интеграция с внешними системами посредством HL-7 интерфейса; биометрическая идентификация пациента с помощью сканера отпечатков пальцев; дублирование инструкций и указаний врача-консультанта на вспомогательный монитор; агрегирование данных с нательных датчиков, подключаемых к смартфону. Разработанный ТМК также может функционировать как опорный пункт при прохождении предсменного (предрейсового) медицинского осмотра сотрудниками (водителями) в соответствии с приказом Минздрава России от 15.12.2014 №835н «Об утверждении Порядка проведения предсменных, предрейсовых и послесменных, послерейсовых медицинских осмотров».

Проведенное исследование позволило определить ряд аспектов внедрения и использования телемедицинских технологий при оказании медицинской помощи, которые были учтены при разработке телемедицинского комплекса. ТМК, будучи ключевым элементом телемедицинской сети любого масштаба, в дальнейшем может быть использован в качестве платформы для интеграции будущих разработок в области дистанционной оценки жизненно важных показателей здоровья человека с целью оптимизации процесса проведения телемедицинских консультаций.

Библиографический список

- 1.Левин Д. К. Телемедицина: новое направление в улучшении доступа качества и экономической эффективности здравоохранения / Д. К. Левин, А. Никаноров // Эндоваскулярная хирургия. – 2017. – № 2. – С. 93-99.
- 2.Леванов В. М. Информированное добровольное согласие пациента как элемент правового обеспечения телемедицинской консультации / В. М. Леванов // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. – 2017. – № 1. – С. 22-25.
- 3.Брекалов В. Г., Терехова Н. Ю. Технология прототипирования при создании физических моделей из полимерных материалов // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2015. № 4, С. 6-9.
- 4.Владзимирский А. В. Телемедицина. Монография. Донецк, ООО Цифровая типография, 2011. 437 с.
- 5.Писарева А. В. Оценка эффективности применения медицинских информационных систем в учреждениях здравоохранения Писарева А.В. // В сборнике: Наука и общество в современных условиях Материалы Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Искужин Т.С. (отв. редактор). 2013. С. 113-122.

FEATURES OF CREATING THE TELEMEDICAL SYSTEM

Vlasov M., Dembovskiy M., Apollonova I., Terehova N.

Bauman Moscow State Technical University, mylasov@bmstu.ru

The article discusses the approach to the process of creating the telemedical system which is set to to provide the remote interaction between patient and doctor via online videoconference while measuring the patients' medical data. The main emphasis is made on the importance of conducting the interdisciplinary research aimed at the studying patients' and doctors' attitude towards the telemedicine technologies, possibility of using the telemedicine systems instead of getting medical help in person, analysis of the telemedical market tendencies in Russia and possibilities of medical devices that could be used for the telemedical purposes. Taking into the account the mentioned above factors as well as requirements provided by the legal documents in the field of telemedicine, the telemedical system was developed as a core element in the regional telemedical system which is set to optimize the process of the medical assistance with the use of telemedicine technologies without global material costs.



РАЗРАБОТКА БЛОКА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОПУНКТУРНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Воробьева И. С., Косоруков А. Е.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
voro212@bk.ru, kosorukov@mail.ru

Актуальность методов оценки функционального состояния человека, обладающих такими свойствами, как достоверность результатов, простота технической реализации, возможность экспресс-анализа и невысокая стоимость, в последнее время непрерывно возрастает. Методы электропунктурной диагностики полностью

удовлетворяют поставленным требованиям, являясь почти неинвазивными. Также, благодаря использованию таких методов легко отслеживать динамику.

На данный момент широко распространены диагностические системы, предназначенные для проведения однократных измерений электрического сопротивления кожи в зоне точки акупунктуры. После проведения измерений, оценивается попадание полученного значения в «физиологический коридор» – индивидуальная норма, представляющая собой величины электрического сопротивления, характерные для человека в здоровом состоянии. Величина отклонения от физиологического коридора служит для установления наличия патологии, и также о характере и степени поражения [1].

Контроль электрических параметров точек акупунктуры и оценка динамики изменения значения сопротивления кожи также являются важной задачей. Систему, реализующую подобный способ, можно применять для решения задач контроля состояния организма во время физиотерапии, рефлексотерапии и при медикаментозном лечении, а также для контроля физической активности, например, в спорте.

Литературный обзор и обзор существующих аналогов позволил сформулировать задачу: построение системы для неинвазивного контроля состояния внутренних органов с соблюдением их интактности. Решался вопрос создания устройства более удобного в плане компактности и формы.

Существующие системы имеют раздельную электродную систему и блоки измерения и питания, соединенные проводами, которые, существенно затрудняют работу. Необходимо все компоненты разместить в корпусе активного электрода, что возможно реализовать при современном уровне развития элементной базы.

Электродная система состоит из двух частей: активного электрода с контролем усилия прижатия, площадь которого 7 mm^2 , и пассивного, закрепляемого на запястье, площадью более 600 mm^2 .

Параметры точек описываются компонентами электрического импеданса кожи. Чтобы его рассчитать, в ходе работы принята модель, где кожа представлена параллельно включенными линейной емкостью и нелинейной проводимостью [2].

На основе структурной схемы [2] была разработана схема электрическая принципиальная. В качестве управляющего устройства выступает микроконтроллер ADuCM360 фирмы Analog Devices. Одними из его примечательных характеристик являются 32-х битное ядро Cortex-M3 с частотой до 16 МГц, последовательный интерфейс ввода вывода UART. Особенностью данного микроконтроллера является, 2 встроенных 24-х разрядных АЦП и 14-битный ЦАП, что позволяет существенно уменьшить число используемых компонентов.

Взаимодействие с персональным компьютером осуществляется по USB. Процесс измерения осуществляется по сигналу, переданному с персонального компьютера при помощи UART. Блок измерения и персональный компьютер гальванически изолированы друг от друга. Гальваническая развязка, передатчик UART и разъем USB располагаются на разработанной плате.

Плата блока измерения имеет длину 86 мм и ширину 12 мм. В качестве прототипа корпуса блока измерения был использован корпус активного электрода прибора «Прогноз». Шток электрода был выбран из соображений наибольшей простоты изготовления (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Шток электрода с гайкой и пружиной и плата

Разработка конструкции блока измерения проводилась в среде Solid works. Реализация корпуса планировалась с помощью печати на 3D принтере. Для сборки корпуса предполагалось использовать винты диаметром 2 мм.

Разработанная модель корпуса изделия имеет специальные подпорки для фиксации платы. Корпус имеет 4 прямоугольные подпорки высотой 1.5 мм, чтобы вместить микроконтроллер, расположенный снизу платы. Плата расположена в корпусе углубленно на 4 мм, чтобы шток электрода свободно проходил над ней. Крышка имеет также 4 подпорки, но двухступенчатые. Высота первой ступеньки 11 мм, второй – 1.5 мм. В цилиндрической части обеих частей предусмотрено углубление диаметром 10 мм для фиксации пружины.

Также в углублении располагаются гайка и шайба, фиксирующие ее. Диаметр части электрода, непосредственно соприкасающейся с кожей, составляет 5 мм (рисунок 2).

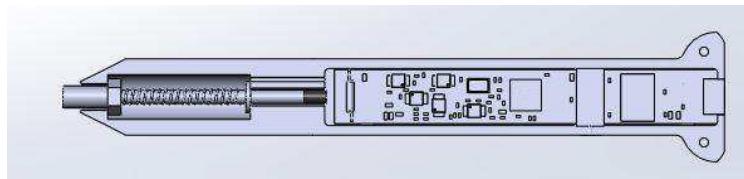


Рисунок 2 – Модель активного электрода с встроенным блоком измерения

В результате моделирования получены следующие размеры корпуса: длина – 130 мм, ширина – 20 мм, толщина – 17 мм, длина цилиндрической части – 44 мм, длина конусной части – 10 мм, толщина стенок – 2 мм, высота стенок каждой части – 7 мм.

Разработанный блок измерения имеет два разъема: сзади – USB для подключения электрода к персональному компьютеру, сбоку – аудио разъем для связи с пассивным электродом. Корпус был распечатан с помощью 3D принтера (рисунок 3).

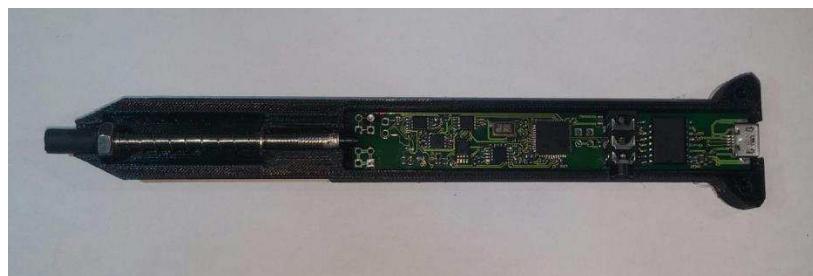


Рисунок 3 – Активный электрод со встроенным блоком измерения (верхняя крышка снята)

Таким образом, была решена задача размещения всех необходимых компонент в корпусе активного электрода. Блок измерения имеет меньшие габариты, чем у аналогов, удобно располагается в руке.

Библиографический список

1. Спиридов И.Н. Методы традиционной функциональной диагностики / И.Н. Спиридов. – Москва: Изд-во МГТУ, 1993. – 46 с.
2. Karpukhin V.A., Kosorukov A.E. a method for identification of nonlinear equivalent circuit parameters of electric admittance of skin // Biomedical Engineering. 2010. Vol.44, no.2. P.62-65.

DEVELOPMENT OF A MEASURING UNIT FOR ELECTROPUNCTURE DIAGNOSTIC

Vorob'eva I.S., Kosorukov A. E.

Bauman Moscow State Technical University, voro212@bk.ru, kosorukov@mail.ru

This work is devoted to the development of a system for monitoring the state of acupuncture points. The main parameters of the system and the design requirements are chosen. The design of the measuring unit has been developed with the help of the 3D modeling software and working model was manufactured.



ПРИБОР ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ СЕНСОМОТОРНЫХ РИТМОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕАБИЛИТАЦИИ ПАЦИЕНТОВ С ПАРЕЗАМИ

Гаврилов Г. Е., Аполлонова И. А., Николаев А.П.

Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет), Москва, gortdey@gmail.com, apollonova-ia@yandex.ru,
apnikolaev@yandex.ru

Двигательные нарушения в виде парезов являются наиболее частым последствием инсульта. По данным ВОЗ, инсульт является одной из наиболее частых причин инвалидности среди населения. Ежегодно регистрируется 100-300 инсультов на 100 000 человек [17]. В России этот показатель составляет 250-300 инсультов среди городского населения (по данным регистров инсульта по Тушинскому району г. Москвы) и 170 – среди сельского населения (данные по сельскому региону Ставропольского края). Причём 25 % пострадавших моложе 65 лет [1]. После получения таких повреждений, как двигательное нарушение, человеку предлагается ряд упражнений, позволяющих ему восстановить часть функций поврежденной конечности [16].

В основе обучения и восстановления после повреждения нейрональных структур лежит способность сенсорной и двигательной коры к динамической реорганизации [2]. Новизна заключается в разработке портативного блока регистрации сигнала электроэнцефалографии (ЭЭГ) с малым количеством каналов, что позволяет пациентам реабилитироваться, при этом, не находясь в специализированных учреждениях [15]. Существуют такие методы как: лечебная физкультура, тренировка в условиях виртуальной реальности, ограничения здоровой конечности, но все эти методы действительны только при сохранности двигательных функций. Однако не существует общепризнанных стратегий для реабилитации пациентов с полностью парализованными мышцами [3].

В случае грубого пареза перспективным методом восстановления функций атрофированных мышц является воображение движений [14]. Как описано во многих работах, визуализация движений имеет те же принципы двигательного контроля, что и сами движения, и поэтому так же может стимулировать механизмы движения мозга [4]. Обрабатывать или просто контролировать визуализацию движения можно при помощи ЭЭГ прибора, который снимает сигнал ЭЭГ и передает его компьютеру, который в свою очередь обрабатывает сигнал и выявляет изменения [13].

В рамках научно-исследовательской работы была разработана биотехническая система для регистрации сенсомоторных ритмов для оценки реабилитации пациентов с парезами. Назначение разработанной биотехнической системы (БТС) – оценка правильности выполнения задач на визуализацию движений [5]. Разработанный ЭЭГ прибор позволяет регистрировать сенсомоторный ритм человека с поверхности скальпа, затем после обработки полученного сигнала выявить степень подавления сенсомоторного ритма при визуализации движений [12].

Требования к ЭЭГ прибору

Для снятия активности головного мозга над роландической бороздой необходимо три канала: C_3 , C_4 , C_2 . Количество электродов [6]. Для поставленной задачи будет задействовано шесть электродов: 3 активных, 2 референтных и один электрод активной земли. Каждый канал регистрирует разность потенциалов между активным электродом и референтным электродом. В роли референтных электродов выступают 2 ушных электрода [11]. Также в схеме будет использоваться один электрод активной земли (F_{p1}) для подавления синфазной помехи.

Полоса пропускания фильтров. Как правило, граница полосы пропускания фильтра выбирается как можно ближе к входному полезному сигналу [7]. Границчная частота для портативного ЭЭГ составляет 70 Гц, что позволяет снимать данные при наличии эпилептиформной активности [10]. Нижняя граница составляет 1 Гц, что позволяет снимать сигнал при наличии спайк-волны [8]. Коэффициент усиления сигнала. Получаемый с электродов сигнал имеет амплитуду порядка 50 мкВ [9]. Для дальнейшей оцифровки и обработки необходимо его усиление [17]. Учитывая максимальную амплитуду артефактов ЭЭГ, получим значение входного сигнала равное 2000 мкВ [2]. Принимая во внимание, что сигнал необходимо поднять на середину диапазона АЦП, т.к. он имеет положительную и отрицательную амплитуду, вычислим максимально допустимый коэффициент усиления сигнала. Получим $K_U=1200$ раз [1]. Коэффициент ослабления синфазной помехи. Из-за нелинейности входных цепей и погрешности значений электронных компонентов (разбалансировки) часть входного синфазного напряжения также усиливается [3]. Подавить помеху можно при помощи инструментального усилителя и при помощи схемы с активной землей [16]. Степень подавления входного синфазного напряжения называется коэффициентом ослабления синфазного сигнала (КОСС) [4]. Исходя из значения амплитуды ритма во время представления и выполнения движения (10-30 мкВ, 30-50 %), необходимое значение КОСС должно составить не менее 120 дБ (значения синфазной помехи составят 1 мкВ), чтобы не оказывать влияния на выходной сигнал [15]. Схема с активной землей может обеспечить КОСС равный 40-50 дБ [14]. Оставшуюся часть необходимо обеспечить инструментальным усилителем. КОСС инструментального усилителя должен составлять минимум 70 дБ [5].

Чувствительность ЭЭГ прибора. Исходя из того, что минимально регистрируемый сигнал составляет 10 мкВ, зададим чувствительность равную половине этой величине. Таким образом чувствительность должны быть не больше 5 мкВ [14].

Разработанный ЭЭГ прибор использует три канала ЭЭГ (C_3 , C_4 , C_2) для снятия сенсомоторного ритма со скальпа человека [6]. Во время процедуры пациент мысленно представляет сжатие кисти в кулак, что приводит к десинхронизации сенсомоторного ритма, между сериями мысленного представления пациент находится в расслабленном состоянии [13].

В медико-биологической части данной работы был произведен теоретический обзор существующих методов реабилитации пациентов с парезами, а также рассмотрены теоретические основы метода снятия ЭЭГ сигнала, рассмотрены виды ЭЭГ сигналов [7]. Также была составлена модель исследуемого биообъекта (тканей головы) и определены физиологические значения исследуемых электрических параметров [12].

В рамках проектной части НИР была предложена структурная схема ЭЭГ прибора, а также разработана и рассчитана принципиальная схема основных его блоков: блока регистрации сигнала, блока фильтрации и усиления, блока оцифровки сигнала и передачи его на персональный компьютер. В частности, рассчитаны: инструментальный усилитель, аналоговые фильтры нижних и верхних частот второго порядка, усилитель. Были подобраны: микроконтроллер, гальваническая развязка [8].

Методика эксперимента.

В рамках научно-исследовательской работы был проведен эксперимент по оценки правильности выполнения ментальной задачи на представление движения.

Эксперимент длился две минуты и состоял из 4 блоков:

1. Представление движения левой руки (мысленное сжатие в кулак кисти) – 15 секунд-расслабление (никакие задачи не выполняются) – 15 секунд
2. Представление движения правой руки – 15 секунд-расслабление – 15 секунд
3. Реальное движение левой рукой (сжатие в кулак кисти) – 15 секунд-расслабление (никакие задачи не выполняются) – 15 секунд
4. Реальное движение правой рукой – 15 секунд-расслабление – 15 секунд

Сигнал ЭЭГ снимался при помощи 20 электродов с поверхности скальпа. Однако для дальнейшей обработки сигнала использовались только 3 из них: С₃, С₄, С_z.

Помимо этого, была разработана и написана программа обработки данных для персонального компьютера, осуществляющая спектральный анализ полученного сигнала. Программа написана в программной среде Matlab. Для обработки использовалось оконное преобразование Фурье. Использование окна позволяет уменьшить утечку преобразование Фурье, тем самым уменьшая количество помех на спектре. Правильность работы программы проверена путём обработки реального сигнала, полученного при помощи ЭЭГ прибора Neuron Spectr-5.

Результат эксперимента.

1. Сенсомоторный ритм при визуализации движения правой руки на электроде С₃ подавляется на 22 % по сравнению с расслабленным состоянием испытуемого (не выполнялось никаких задач). При движении правой рукой сенсомоторный ритм на электроде С₃ подавлялся на 34 % по сравнению с расслабленным состоянием испытуемого.

2. Сенсомоторный ритм при визуализации движения левой руки на электроде С₄ подавляется на 15 % по сравнению с расслабленным состоянием испытуемого. При движении левой рукой сенсомоторный ритм на электроде С₄ подавлялся на 26 % по сравнению с расслабленным состоянием испытуемого.

3. Сенсомоторный ритм при визуализации движения левой руки на электроде С_z подавляется на 17 % по сравнению с расслабленным состоянием испытуемого. При визуализации движения правой рукой сенсомоторный ритм на электроде С_z подавлялся на 23 % по сравнению с расслабленным состоянием испытуемого. При движении правой рукой сенсомоторный ритм на электроде С_z подавлялся на 35 % по сравнению с расслабленным состоянием испытуемого. При движении левой рукой сенсомоторный ритм на электроде С_z подавлялся на 30 % по сравнению с расслабленным состоянием испытуемого.

4. Различие степени подавления сенсомоторного ритма при движении и представлении движения по сравнению с расслабленным состоянием в проводимом в рамках ВКР эксперименте с другими экспериментами [1, 14] обусловлено необученностью пациента визуализации движения, а также короткими сериями выполнения движения и визуализации.

5. В рамках исследовательской части работы была спроектирована схема биотехнической системы. В рамках исследования было выяснено, что разработанный алгоритм обработки сигнала позволяет получить значения электрического сигнала головного мозга в области ролландической борозды, хорошо согласующиеся с физиологическими значениями.

На вход ЭЭГ прибора поступает напряжение с поверхности скальпа, которое включает в себя: полезный сигнал ЭЭГ, синфазную помеху, различные артефакты (ЭОГ, ЭМГ, артефакт движения электрода, эпилептоморфная активной, спайк волна). На входе аналогового тракта установлен инструментальный усилитель, который ослабляет синфазную помеху и усиливает сигнал. Для дополнительного ослабления синфазной помехи используется схема активной земли. После прохождения инструментального усилителя сигнал фильтруется, а затем дополнительно усиливается сумматором. Сумматор так же поднимает сигнал до середины диапазона АЦП. После прохождения аналогового тракта сигнал оцифровывается в цифровом тракте, состоящим из АЦП и микроконтроллера. Через порт USB сигнал передается на ПК, между ПК и микроконтроллером для обеспечения безопасности пациента установлена гальваническая развязка. ПК выводит данные на монитор, а также передает их врачу, который следит за ходом реабилитации пациента, контролирует его лечение и вносит, при необходимости, корректировки. Съем данных и предъявление вербальных стимулов (например, команда «начали» и команда «стоп») обеспечивает оператор, который так же отвечает за исполнение назначений врача. За один сеанс обучения будет проводится по 10-15 циклов представления движения и состояния покоя, длительностью по 20-30 секунд. Такое количество циклов и их длительность позволит пациенту не терять концентрации в процессе сеанса, а также не будет его сильно утомлять. Таким образом, длительность одного сеанса составит 12-15 минут. Разработанная схема взаимодействия биообъекта с техническим объектом полностью удовлетворяет принципу целостности построения БТС.

Разработанная схема БТС отвечает критериям биоадекватности, т.к. не вносит изменений в процесс гомеостаза. Влияние, оказываемое врачом, не будет нарушать взаимодействие между подсистемами биообъекта. Исследование не инвазивно, гель, наносимый для уменьшения сопротивления электрод-кожа, не нарушает целостности кожного покрова. Дальнейшее развитие данного прибора имеет широкие перспективы. На данный момент прибор представляет собой устройство, позволяющее проводить исследования, не находясь в стационаре, однако его конструкция и габариты не позволяют его использовать повсеместно. В будущем планируется уменьшить прибор и увеличить его прочность, что позволит его транспортировать в ручной клади. Для максимального увеличения комфорта необходимо разработать безгелевую систему электродов, которая

позволит пациенту проводить исследование сигнала самостоятельно, а также значительно уменьшить время подготовки к исследованию так как не будет необходимости наносить проводящий гель.

В ходе выполнения НИР были сформулированы и удовлетворены требования: к инструментальному усилителю, к фильтру верхних частот, к фильтру нижних частот, к сумматору, к величине шумов элементов схемы, к микроконтроллеру, а также к блоку передачи сигнала. Разработанный прибор позволяет регистрировать активность мозга величиной 50 мкВ с чувствительность 4 мкВ в полосе частот от 1 до 70 Гц. Результаты эксперимента показали, что данная методика позволяет правильно оценивать правильность выполнение задачи на визуализацию движения.

Библиографический список

1. Апоплонова И. А., Полищук А. А. Разработка аппаратно-программного комплекса для восстановления мимической активности при афазии // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 37-43.
2. Васильев, А. Н. Латерализация паттернов ЭЭГ у человека при представлении движений руками в интерфейсе мозг-компьютер / А. Н. Васильев, С. П. Либуркина, А. Я. Каплан // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2016. 66 (3): 302-312.
3. Гордлеева, С. Ю. Управление роботизированным экзоскелетоном на основе технологии "интерфейс мозг-компьютер" моторно-воображаемого типа / С. Ю. Гордлеева и др. // Современные технологии в медицине. 2017. Т. 9. № 3. С. 31-38.
4. Журавлев, А. К. Вегетативный тонус и регуляция системы кровообращения у спортсменов при стрессовых ситуациях и профилактика аритмий / А. К. Журавлев, и др. // Живая психология. 2017. Т. 4. № 3. С. 231-240.
5. Каплан А. Я. Нейрофизиологические основания и практические реализации технологии мозг машинных интерфейсов в неврологической реабилитации. Физиология человека/"Human Physiology". 2016. 42 (1): 118-127.
6. Каплан, А. Я. Экспериментально-теоретические основания и практические реализации технологии «интерфейс мозг-компьютер» / А. Я. Каплан, и др. // Бюллетень сибирской медицины. 2013. 12 (2): 21-29.
7. Кудашова, А. А. Участие вегетативной нервной системы в организации эмоциональных состояний / А. А. Кудашова, и др. // Молодежный научный вестник. 2018. № 2 (27). С. 7-15.
8. Либуркина, С. П. Интерфейс мозг-компьютер на основе представления движения с вибrotактильной модальностью стимулов / С. П. Либуркина, и др., // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2017. Т. 67. № 4. С. 414-429.
9. Мокиенко, О. А. Воображение движения и его практическое применение / О. А. Мокиенко и др. // Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова. 2013. 63 (2): 195-195.
10. Мокиенко, О. А. Интерфейс мозг-компьютер: первый опыт клинического применения в России / О. А. Мокиенко, и др. // Физиология человека. 2016. Т. 42. № 1. С. 31-39.
11. Степанкевич В. Ю., Апоплонова И. А. Особенности систем мониторинга двигательной активности и реабилитации пациентов с нарушением кровообращения головного мозга // В сборнике: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией . 2016. С. 75-77.
12. Фролов, А. А. Принципы нейрореабилитации, основанные на использовании интерфейса "мозг компьютер" и биологически адекватного управления экзоскелетоном. Физиология человека /А. А. Фролов, и др."Human Physiology". 2013. 39: 99.
13. Чермных, Н. А. Адаптация военнослужащих срочной службы // Сибирский медицинский журнал (г. Томск). 2011. Т. 26. № S1. С. 273-274.
14. Ahn M., Jun S.C. Performance variation in motor imagery brain-computer interface: A brief review. Journal of neuroscience methods. 2015. 243: 103-110.
15. Angulo-Sherman I.N., Gutiérrez D. A link between the increase in electroencephalographic coherence and performance improvement in operating a brain-computer interface. Computational intelligence and neuroscience. 2015. 2015: 67.
16. Bashir S., Yoo W.-K., Kim H. S., Lim H. S., Rotenberg A., Jamea A. A. The Number of Pulses Needed to Measure Corticospinal Excitability by Navigated Transcranial Magnetic Stimulation: Eyes Open vs. Close Condition. Frontiers in Human Neuroscience. 2017. 11: 121.
17. Bhattacharyya S., Clerc M., Hayashibe M. A Study on the Effect of Electrical Stimulation During Motor Imagery Learning in Brain-Computer Interfacing. 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics; 2016.

DEVICE FOR REGISTRATION SENSORIMOTOR RHYTHM FOR ESTIMATING REHABILITATION OF PATIENTS WITH PARESIS

Gavrilov G. E., Apollonova I. A., Nikolaev A. P.

Moscow state technical University. N. Uh. Bauman (national research University), Moscow, gorrrdrey@gmail.com, apollonova-ia@yandex.ru, apnikolaev@yandex.ru

Article were formulated and satisfied the requirements: to the instrument amplifier, to a high pass filter to filter the lower frequencies to the adder to the value of noise circuit elements, to the microcontroller and to transfer unit signal. The developed device allows recording brain activity with a magnitude of 50 mV sensitivity of 4 mV in a frequency band from 1 to 70 Hz. The results indicate that the proposed method makes it possible to properly evaluate the correctness of the task to visualize the motion.

ПОВЫШЕНИЕ СКОРОСТИ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКОГО СИГНАЛА ПРИ ЭКСПРЕСС-АНАЛИЗЕ В СОСТАВЕ ПОРТАТИВНОГО КАРДИОГРАФА

Гринченко Н.Н., Геращенко Е.С., Потапова В.Ю.

Рязанский государственный радиотехнический университет, grinchenko_nn@mail.ru, mooncruiser@yandex.ru,
Valentina2008.91@mail.ru

Введение. В настоящее время повышение эффективности стоит на первом месте при решении задач управления персоналом, бизнес-планирования, автоматизации производства, продаж и объемных вычислений (например, быстрого преобразования Фурье). Также уровень эффективности важен в помехоустойчивом кодировании и программировании систем, работающих в реальном времени.

Под эффективностью приложения подразумевается скорость выполнения программы, а также показатели использования ресурсов системы, которые включают в себя такие параметры, как объем памяти, дискового пространства, процессорное время. Также под эффективностью приложения понимают реализацию нового алгоритма, который улучшит работу программного продукта.

В большинстве случаев программа оценивается количеством машинного времени, необходимого для ее выполнения. Проблема памяти существенна только тогда, когда ее недостаточно. Оптимизировать память труднее, чем время выполнения [1].

Цель работы. Оценить значение достижимого ускорения и выявить целесообразность использования параллельных вычислений в программе обработки электрокардиосигнала (ЭКС).

Постановка задачи. Эффективность также зависит от поставленной задачи. Рассмотрим программу обработки ЭКС, полученного с портативного кардиографа [2]. Предполагается, что пользователь запускает ее на домашнем персональном компьютере. Программа состоит из следующих этапов:

- загрузка и преобразование исходного сигнала;
- алгоритм Пана-Томпкинса для выделения QRS-комплексов в сигнале;
- алгоритм классификации формы QRS-комплексов с динамическим уточнением параметров эталонов;
- алгоритм автоматической диагностики аритмий;
- запись статистики в базу данных;
- построение гистограмм, ритмограмм и скатеррограм [2].

Исходные данные представляют собой набор значений напряжения, из которых формируется ЭКС. Так как частота дискретизации в модели составляет 200 Гц, то при необходимости обработки сигнала длительностью в час количество отсчетов составит порядка 700000. Время работы программы при таком объеме исходных данных составляет около 20 минут. Для повышения эффективности программного продукта можно применить параллельные вычисления. Так как выбранное решение не всегда приводит к ускорению работы, необходимо предварительно провести теоретический расчет с целью обоснования необходимости его применения.

Параллелизм. Перед тем, как формировать для последовательного кода его параллельный вариант, необходимо оценить ускорение, которого теоретически можно достичь. Под ускорением в данном контексте понимают отношение времени последовательного выполнения программы к времени параллельного выполнения [3]. Оценить этот параметр можно при помощи законов Амдала, Густафсона, Сана-Ная и других.

Для теоретического расчета верхней границы ускорения приложения необходимо оценить процент последовательного кода, который можно исполнять параллельно [3]. Далее рассчитывается ускорение по закону Амдала. Эта формула была выведена автором, исходя из предположения, что объем решаемой задачи (в рассматриваемом случае это количество отсчетов во входном массиве) остается неизменным при увеличении числа процессоров, участвующих в решении. Расчет ускорения параллельного приложения на n ядрах по закону Амдала производится по формуле (1).

$$S(n) = \frac{T(1)}{T(n)} = \frac{T(1)}{fT(1) + \frac{(1-f)T(1)}{n}} = \frac{1}{f + \frac{1-f}{n}}, \quad 1)$$

где f – доля последовательных операций в программе.

Для дополнительной оценки ускорения целесообразно применить закон Густафсона. Автор предположил, что идея, лежащая в основе закона Амдала, не соответствует действительности, и на самом деле пользователь может увеличивать объем исходных данных, когда знает, что ему доступна высокая производительность. Подобная ситуация может возникнуть при использовании системы обработки ЭКС.

Ускорение, рассчитанное по закону Густафсона, оказывается больше, чем рассчитанное по закону Амдала, так как последовательная часть программы при увеличении объема данных имеет меньший удельный вес при постоянстве общего времени вычислений. Расчет ускорения параллельного приложения на n ядрах по закону Густафсона производится по формуле (2).

$$S(n) = f + (1 - f)n \quad 2)$$

Описание алгоритмов.

Алгоритм Пана-Томпкинса используется для выделения QRS-комплекса в составе ЭКС и относится к классу методов цифровой фильтрации. Он является одним из самых распространенных методов, поскольку отличается простотой реализации, хорошими результатами и возможностью модификации. Алгоритм представляет собой последовательность трех линейных фильтров. Полосовой фильтр с полосой пропускания 5-12 Гц подавляет влияние дрейфа изолинии, ошибки, вносимые зубцом Т и помехи, которые возникают из-за мышечного тремора. Далее выполняется дифференцирование сигнала. Затем сигнал возводится в квадрат и «интегрируется движущим окном». Цель интегрирования – получить характеристики волновой функции, чтобы выявить дополнительную информацию о склонах R-пика. После этого формируется опорная метка (обычно вершина R-пика) и выполняется подбор порогов. Они автоматически выбираются так, чтобы превышать уровень шума. Применение описанного выше полосового фильтра делает достижимыми небольшие значения порогов. Далее с их помощью осуществляется поиск QRS-комплексов [4]. После того, как комплексы обнаружены, выполняется разбиение их на структурные элементы – отрезки.

Кластерный анализ формы QRS-комплексов позволяет выявить нормальные и искаженные комплексы. Этот этап необходим для дальнейшей автоматической диагностики аритмий. Метод состоит из 3 этапов:

- формирование классов морфологии;
- запись каждого QRS-комплекса в один из классов;
- определение для каждого класса принадлежности к одной из категорий: нормальный, искаженный, не определено.

Каждый QRS-комплекс в этом методе описывается следующими параметрами:

- ширина комплекса (его длительность);
- размах комплекса (сумма амплитуд двух самых больших пиков в областях выше и ниже изолинии);
- площадь под кривой, описывающей комплекс;
- смещение комплекса относительно изолинии.

На первом этапе алгоритма выполняется формирование эталонных комплексов, с которыми в дальнейшем осуществляется сравнение. Эталоны выбираются на основе допустимых значений для параметров комплекса и учитывают как нормальные показатели, так и выходящие за границы нормы. Затем выполняется анализ комплексов реального сигнала. Вычисляется минимальное расстояние между очередным комплексом и каждым эталоном, и комплекс относится к тому кластеру, для которого было получено наименьшее значение. При записи комплекса в кластер выполняется усреднение параметров эталона и параметров очередного комплекса, так что эталоны постоянно обновляются и адаптируются к конкретной ЭКГ. После того, как обработан весь сигнал, эталоны разделяются на четыре класса (1 – нормальная форма, 2 – патологическая форма, 0 и 3 – промежуточные варианты), и каждому комплексу в кластере приписывается соответствующая марка [5].

Автоматическая диагностика аритмий содержит следующие этапы:

- деление текущего RR-интервала на последующий;
- квантование результатов деления на 6 уровней;
- определение кратковременных аритмических событий на основе предыдущего этапа и формы QRS-комплекса;
- формирование диагноза по следующим критериям: ритмичность и частота сердечных сокращений и количество аритмических событий каждого типа.

Правила для определения аритмических событий учитывают номер уровня, полученный на втором этапе, и марки формы QRS-комплекса [5].

Проведем расчет эффективности параллельных вычислений для обработки ЭКС.

Оценка эффективности параллельных вычислений. Для того чтобы провести оценку достижимого ускорения при распараллеливании программы, необходимо определить общее количество операций и выделить среди них те фрагменты кода, которые могут исполняться параллельно.

Рассмотрим основные алгоритмы обработки ЭКС по отдельности, предполагая, что объем исходных данных составляет 700 тысяч отсчетов, а частота сердечных сокращений – 60 ударов в минуту, или 3600 в час. Так как программа выполняется на домашнем ПК, примем количество ядер n равным 4.

Алгоритм Пана-Томпкинса содержит порядка 1 млн. операций. Почти во всех ресурсоемких циклах итерации зависят друг от друга и не могут быть выполнены в произвольном порядке, поэтому для них нельзя написать параллельный код. Распараллеливание допустимо для фрагмента кода, реализующего формирование выходного массива. Размер этого фрагмента составляет 126 тысяч операций. Исходя из этого, процент последовательных операций f составляет 96%.

При таком значении f коэффициент ускорения $S(n)$, рассчитанный по законам Амдала и Густафсона, составляет примерно 1. Распараллеливание указанного участка кода не дает существенного выигрыша в быстродействии.

Алгоритм кластерного анализа формы QRS-комплексов содержит 750 тысяч операций. Количество операций, для которых допустимо написание параллельного кода, составляет 700 тысяч. В этом случае f составляет 7%. Коэффициент ускорения равен 3 по закону Амдала и 3.79 по закону Густафсона.

Алгоритм анализа аритмий содержит 800 тысяч операций. Количество операций, для которых допустимо написание параллельного кода, составляет 790 тысяч. В этом случае f составляет 1.25%. Коэффициент ускорения равен 3.86 по закону Амдала и 3.96 по закону Густафсона.

Если рассматривать программу целиком, учитывая полностью последовательные процедуры ввода-вывода, то общее количество операций составляет 2.5 млн. Количество операций, подлежащих параллельному выполнению, равно 1,6 млн. В этом случае коэффициент ускорения равен 1.92 по закону Амдала и 2.92 по закону Густафсона.

Результаты расчетов в графическом виде представлены на рисунке 1.

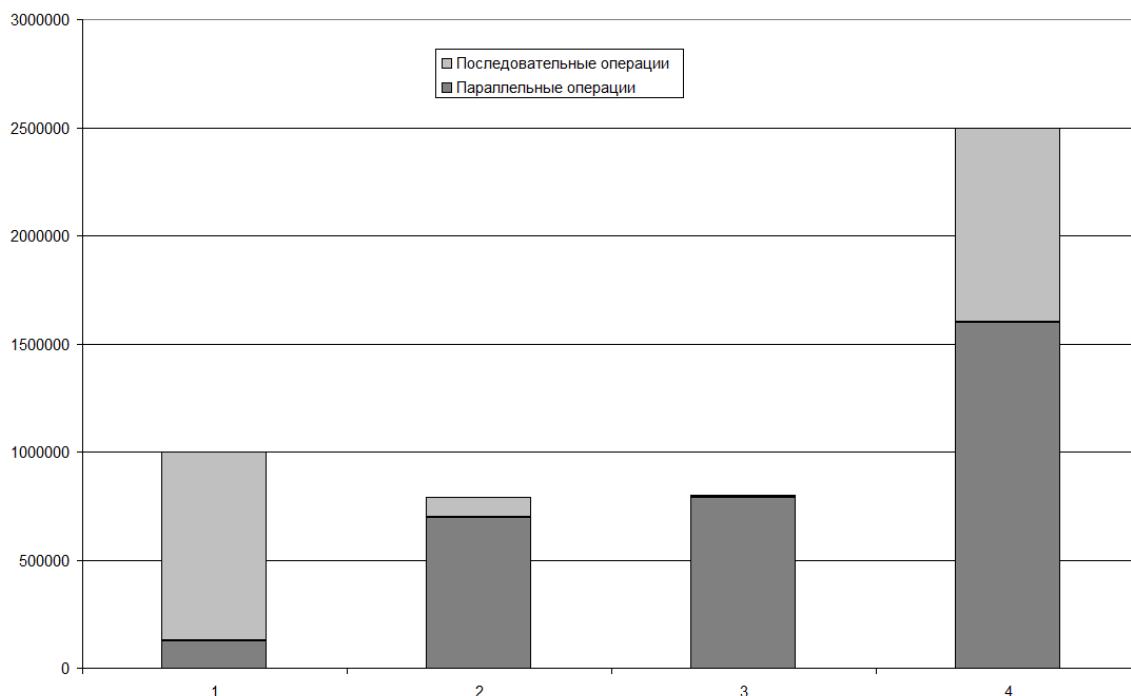


Рисунок 1 – Соотношение последовательных и параллельных операций для различных алгоритмов:
1 – алгоритм Пана-Томпкинса, 2 – алгоритм кластерного анализа формы QRS-комплексов, 3 – алгоритм выявления аритмических событий, 4 – вся программа

Вывод. Исходя из приведенных расчетов, верхняя граница коэффициента ускорения, достижимая при написании параллельного кода для программы обработки ЭКС, если приложение запускается на 4-ядерном процессоре, составляет 1.92 – 2.92. Таким образом, время обработки данных, соответствующих ЭКГ длительностью в час с частотой дискретизации 200 Гц, составит 7-10 минут. В целях домашнего применения такое повышение скорости обработки является эффективным, поэтому применение к программе средств параллельного выполнения – целесообразная задача.

Библиографический список

1. Оптимизация программы [Электронный ресурс]: URL: http://www.tehprog.ru/index.php_page=lecture94.html
2. Костров Б.В. Алгоритмическое программное обеспечение портативного кардиографа для анализа QRS-комплексов и диагностики аритмий [Текст]: Б.В. Костров, Н.Н. Гринченко, Е.С. Геращенко // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018.– Выпуск 2. – С. 100-106.
3. Вычислительные системы [Электронный ресурс]: URL: phoi.ifmo.ru/files/download/id/295
4. Pan J. A Real-Time QRS Detection Algorithm [Текст]: J. Pan, W.J. Tompkins // IEEE Transaction on biomedical engineering. – 1985. – Vol. BME-32. – № 3. – P. 230-236.
5. Барановский А.Л. Кардиомониторы. Аппаратура непрерывного контроля ЭКГ [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.Л. Барановский [и др.]; под ред. А.Л. Барановского и А.П. Немирко. – М.: Радио и связь, 1993. – 248 с.

**ELECTROCARDIOGRAPHIC SIGNAL PROCESSING SPEED INCREASE IN EXPRESS-ANALYSIS
AS PART OF PORTABLE CARDIOGRAPH**

Grinchenko N.N., Gerashchenko E.S., Potapova V.Y.

Ryazan state radio engineering university, grinchenko_nn@mail.ru, mooncruiser@yandex.ru,
Valentina2008.91@mail.ru

The article considers the results of theoretical calculation of application acceleration and rationale for advisability of parallel computing usage to improve efficiency of electrocardiographic signal processing. Amdahl's law and Gustafson's law are used to estimate the upper bound of algorithm acceleration based on parallel computing. The following algorithms are considered: QRS-complexes detection by Pan-Tompkins method, cluster analysis of QRS-complexes form, automatic diagnostics of some arrhythmias.



**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ПРИБОРОВ СИСТЕМЫ MULTISIM ПРИ ИЗУЧЕНИИ
ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Долгов Г. Ф.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и
Николая Григорьевича Столетовых, dolgov@vlsu.ru

По многим направлениям подготовки специалистов различного уровня, в том числе при подготовке бакалавров направления 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии», необходимо у выпускников сформировать компетенции, позволяющие организовывать и проводить работы с применением электротехнических измерений. Известно, что для обеспечения точности измерений требуется правильно выбирать средства измерений и уметь ими пользоваться. Кроме точности измерений важную роль имеет длительность и стоимость измерительных операций. Чтобы выпускники умели выбирать методы и средства измерений и умели пользоваться измерительными приборами, в программы дисциплин вводят лабораторные работы, на которых студенты осваивают соответствующие компетенции. Сложность освоения методов и средств измерений студентами в первую очередь связана с ограниченным временем пребывания студентов в измерительных лабораториях учебных заведений. В учебных планах время аудиторной нагрузки студента с каждым годом сокращается, а время самостоятельной работы увеличивается. Заниматься дома самостоятельным изучением электроизмерительных приборов не получается, так как у основной части студентов нет даже простейшего мультиметра, а о таких приборах как осциллограф, измеритель характеристик, измеритель спектра и других - тем более вспоминать не приходится. Как же студентам за очень ограниченное время лабораторных работ можно освоить электроизмерительные приборы?

Многие студенты, которые ни когда не пользовались измерительными приборами испытывают чувство страха при подключении прибора к электрическим цепям, так же как большинство людей впервые севших за руль автомобиля или штурвал самолета. Но все студенты легко работают с компьютером. Поэтому сейчас часто до того как обучающегося допускают до реальных машин, приборов, его первоначально учат на тренажерах (автомобиля, самолета). Такой же подход целесообразно использовать и при обучении работе с электроизмерительными приборами.

Наверное, без виртуальных измерительных приборов в этом случае обойтись трудно. А где взять такие приборы? При выборе виртуальных приборов целесообразно ориентироваться на общедоступные приборы, которые по своим органам управления близки к реальным приборам, и с которыми можно работать на большинстве компьютеров, а также желательно, чтобы такие приборы были в программных продуктах, изучаемых студентами в различных дисциплинах.

Одним из вариантов программных средств, которые могут использоваться для изучения электро- и радиотехники является Multisim.

Multisim – программная среда, входящая в Electronics Workbench (лидер международного рынка по разработке программного обеспечения для проектирования схем). Особенностью программы Multisim является наличие виртуальных измерительных приборов, имитирующих реальные аналоги. В состав Multisim включены различные виртуальные измерительные приборы: мультиметр, предназначенный для измерения переменного или постоянного тока или напряжения, сопротивления; генератор сигналов, который может генерировать синусоидальные, пилообразные и прямоугольные импульсы; осциллографы (2-х и 4-х канальные); измеритель частотных характеристик, предназначенный для построения амплитудно-частотных и фазочастотных характеристик линейных цепей; анализатор спектров, служащий для анализа спектров периодических несинусоидальных колебаний, измерения амплитуд гармоник; ваттметр, предназначенный для измерения мощности и коэффициента мощности цепи синусоидального тока; токовый и измерительный пробники, показывающие постоянные и переменные напряжения и токи на участке цепи, а также частоту сигнала. Все эти виртуальные приборы позволяют студентам не только освоить работу с реальными измерительными приборами, но и изучить различные методы измерения электротехнических параметров компонентов и цепей, понять от чего зависят погрешности электротехнических измерений и каким образом их можно снизить.

Например, оценить методические погрешности измерения напряжений (рис. 1) и токов (рис.2) можно по схемам, созданным в Multisim. Если теоретически резистивный делитель с двумя равными по величине

сопротивлениями резисторов делит напряжение в 2 раза, а виртуальные приборы показывают значения, отличающиеся от рассчитанных значений, то студенты должны задуматься отчего это происходит и как можно снизить погрешность измерений. При построении зависимости погрешности измерения от сопротивления вольтметра, студенты быстро понимают, как методическая погрешность измерения напряжения зависит от сопротивления вольтметра и формулируют рекомендации по снижению погрешности.

Аналогичным образом можно поступить при оценке методической погрешности измерения тока в цепи (рис. 2). На приведенной схеме методическая погрешность, равная 10%, вызвана довольно большим (0,1 Ом) сопротивлением амперметра.

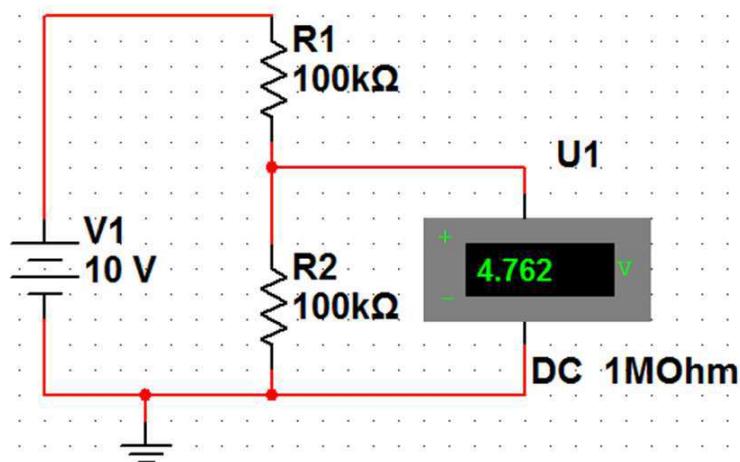


Рисунок 1 – Схема для оценки методической погрешности измерения напряжения

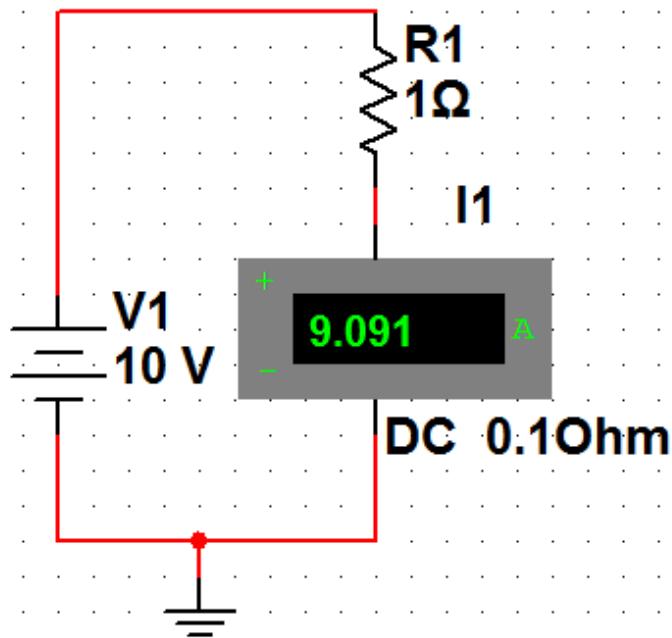


Рисунок 2 – Схема для оценки методической погрешности измерения тока

Понять, как влияет внутреннее сопротивление приборов на результаты измерения сопротивлений методом вольтметра-амперметра можно по схемам, приведенным на рис. 3. На схеме указаны батарея питания V_1 , имеющая собственное сопротивление rV_1 , измеряемое сопротивление R_x , вольтметр постоянного тока V_1 , амперметр постоянного тока I_1 . У вольтметра и амперметра можно изменять внутренние сопротивления (показаны под иконками приборов) и отслеживать изменение показаний приборов. Тем самым не сложно получить зависимости методической погрешности измерения сопротивления от внутреннего сопротивления приборов. Сравнивая результаты измерений при различных параметрах элементов схем, показанных на рисунке 3 и рисунке 4, оценивая погрешности измерений, можно понять какую схему и в каком случае использовать целесообразнее.

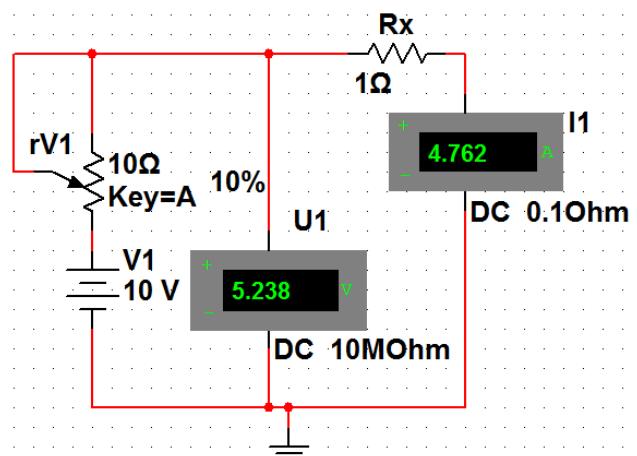


Рисунок 3 – Схема для оценки методической погрешности измерения больших сопротивлений методом вольтметра-амперметра

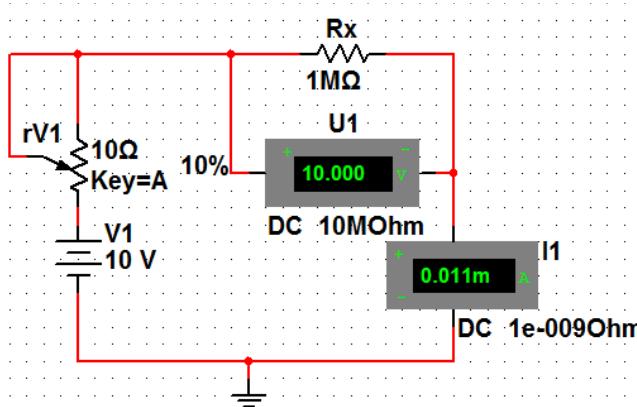


Рисунок 4 – Схема для оценки методической погрешности измерения малых сопротивлений методом вольтметра-амперметра

Используя источник переменного напряжения и измерительные приборы для переменного тока, легко освоить измерение реактивных сопротивлений электрических емкостей конденсаторов и индуктивностей катушек. Через реактивные сопротивления указанных элементов легко найти емкость и индуктивность. Изменяя параметры приборов можно узнать, как эти параметры влияют на методическую погрешность измерения.

С помощью приборов Multisim можно проводить измерения параметров и осваивать мостовой метод измерения сосредоточенных параметров компонентов электрических цепей. Схема для измерения индуктивности и активного сопротивления катушки представлена на рисунке 5.

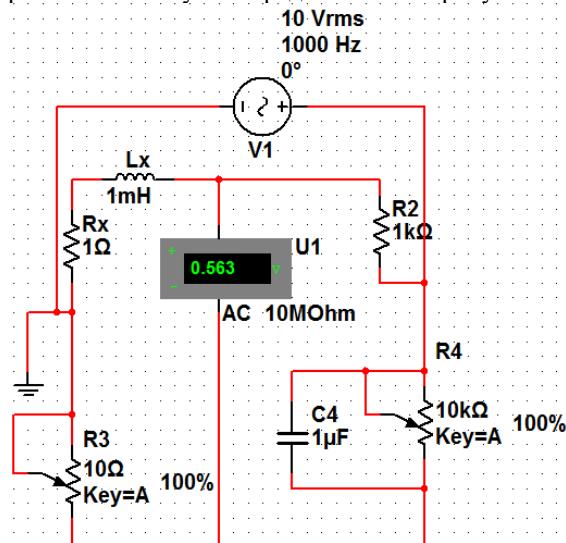


Рисунок 5 – Схема для изучения мостового метода измерения индуктивности L_x и активного сопротивления R_x катушки индуктивности

Если работу с вольтметрами, амперметрами студенты осваивают достаточно быстро, то работе с осциллографом приходится уделять значительно больше времени. В Multisim есть виртуальные осциллографы 2-х и 4-х канальные. На этих осциллографах не составляет труда освоить осциллографические методы измерения напряжений (как переменных, так и постоянных) и временных параметров (периода сигнала, частоты, длительности импульса и пр.), сдвига фаз между кривыми и пр. При этом возможно использование различных методов измерения: калиброванных развертки и усиления; по фигурам Лиссажу и др. На рис.6 показана простая схема, демонстрирующая работу осциллографа в режиме калиброванного усиления и калиброванной развертки. Студенты могут изменять чувствительность канала, скорость развертки, напряжение и частоту сигнала на генераторе и наблюдать за изменениями на экране осциллографа.

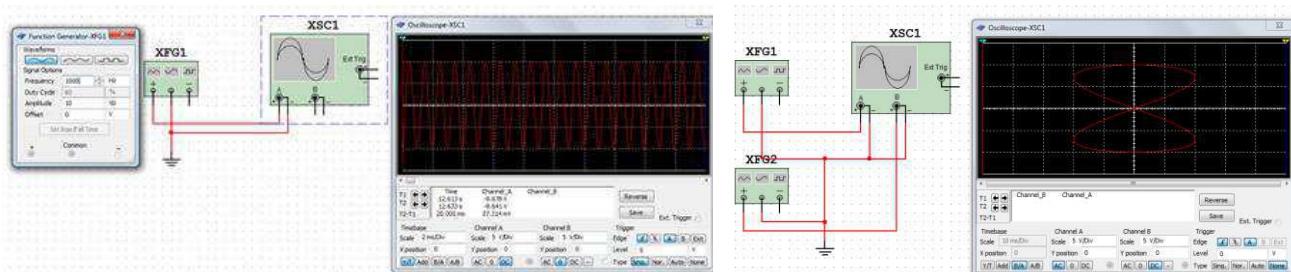


Рисунок 6 – Гармонический сигнал и фигуры Лиссажу на экране осциллографа

В списке измерительных приборов имеются различные генераторы, анализаторы (например, анализатор спектра), ваттметры и др. приборы. Все эти приборы позволяют освоить основную часть методов измерения параметров компонентов и сигналов без опасения, что измерительный прибор сгорит. После освоения приемов работы с виртуальными приборами студентов допускают до реальных приборов. В этом случае освоение реальных приборов проходит на порядок быстрее.

Таким образом, при изучении вопросов электротехнических измерений целесообразно использовать виртуальные измерительные приборы, имеющиеся в системе Multisim. В этом случае освоение компетенций по методам и средствам измерений параметров компонентов и цепей проходит значительно быстрее.

Библиографический список

1. Введение в Multisim. Трехчасовой курс. – National Instruments. http://of.bsu.ru/ebook/mikroprochess/Manual_multisim_rus.pdf

USING VIRTUAL INSTRUMENTS OF THE MULTISIM SYSTEM IN STUDYING ELECTRICAL MEASUREMENTS

Dolgov G.F.

Vladimir state university of A.G. and N.G. Stoletovykh, dolgov@vlsu.ru

The paper deals with the use of virtual instruments by students in the development of competencies in methods and means of electrical measurements. It is shown how with the help of virtual devices it is possible to estimate methodical errors of measurement of currents, tensions, resistances; how it is possible to master bridge methods of measurement of parameters of components; how to measure jet resistances by means of virtual devices. Using a virtual oscilloscope allows you to master the oscillographic methods of measurement. When using Multisim virtual instruments, students learn much faster about electrical measurements.

ПРОФЕСИОНАЛЬНЫЕ СТАНДАРТЫ В ПОДГОТОВКЕ МАГИСТРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 12.04.04 «БИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ»

Долгов Г.Ф., Фролова Т.Н.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, ludm@mail.ru

Федеральный государственный образовательный стандарт устанавливает области трудоустройства выпускников, соотнесенные с профессиональными стандартами, в которых указываются трудовые действия в соответствующей профессиональной сфере. Трудовые действия определяют профессиональные компетенции выпускников и, соответственно, индикаторы достижения компетенций, что обуславливает требования к необходимым знаниям, умениям и навыкам, приобретаемым в процессе подготовки магистров.

Подготовка магистра по направлению 12.04.04 «Биотехнические системы и технологии» регламентируется федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) Российской Федерации (РФ), утвержденным в 2017 году [1]. Для выпускников магистратуры образовательный стандарт определяет вид трудовой деятельности с кодом 26.014 в соответствии с

профессиональным стандартом 26 группы «Химическое, химико-технологическое производство» и вид трудовой деятельности с кодом 40.053 в соответствии с профессиональным стандартом 40 группы «Сквозные виды профессиональной деятельности в промышленности». Выпускники могут быть трудоустроены в других областях профессиональной деятельности при условии соответствия уровня их образования и полученных компетенций требованиям квалификации работника.

В соответствии с профессиональным стандартом [2] «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий» (код вида трудовой деятельности **26.014**) обобщенная трудовая функция выпускника магистратуры – «Разработка и интеграция инновационных биотехнических систем и технологий, в том числе медицинского, экологического и биометрического назначения» (7-й уровень квалификации). ФГОС предусматривает подготовку выпускников магистратуры к решению задач профессиональной деятельности следующих типов: научно-исследовательского, проектно-конструкторского, производственно-технологического, которым соответствуют трудовые функции, указанные в профессиональном стандарте (рисунок 1):

- Научные исследования в области создания инновационных биотехнических систем и технологий
- Проектирование инновационных биотехнических систем и технологий
- Подготовка производства инновационных биотехнических систем и организация процессов создания и интеграции инновационных биотехнических систем и технологий.

При наличии не менее 5-и летнего опыта работы в области создания биотехнических систем и технологий выпускники смогут выполнять обобщенную трудовую функцию «Руководство подразделением обеспечения производства в области создания и интеграции биотехнических систем и технологий, в том числе медицинского, экологического и биометрического назначения» (рисунок 1).

Профессиональный стандарт [3] «Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса» (код вида трудовой деятельности **40.053**) определяет обобщенную трудовую функцию выпускников магистратуры - «Организация и управление процессами постпродажного обслуживания и сервиса на уровне крупной промышленной организации». Магистры в соответствии с кодом трудовой деятельности **40.053** могут выполнять трудовые функции, указанные на рисунке 2.

Вид профессиональной деятельности 26.014 ориентирован в основном на техническую подготовку, а 40.053 – на организационно-экономическую подготовку выпускников. Традиционно кафедра готовила технических специалистов в сфере биотехнических систем и технологий, что отражало запросы работодателей региона. С учетом потребностей Владимирского и соседних с ним регионов, где находят трудоустройство выпускники магистратуры, целесообразно на кафедре вести подготовку магистров способных решать задачи научно-исследовательского и проектно-конструкторского типов профессиональной деятельности.

Для выполнения научно-исследовательских задач профессиональной деятельности **26.014**, что соответствует трудовой функции «Научные исследования в области создания инновационных биотехнических систем и технологий», выпускники должны **знать** принципы построения инновационных биотехнических систем и технологий; методы математического моделирования биологических процессов, биотехнических систем и технологий; компьютерные технологии обработки и анализа медико-биологических данных; методы и технику распознавания образов, визуализации медико-биологических объектов; методы автоматизации обработки экспериментальных данных. Выпускники должны **уметь** анализировать поставленные исследовательские задачи в области инновационных биотехнических систем и технологий на основе сбора, отбора и изучения литературных, патентных источников информации; выбирать методы изучения свойств биологических объектов и формировать программы исследований; проводить медико-биологические, эргономические и экологические исследования по заданной методике с выбором средств измерений и обработкой результатов; собирать данные для составления отчетов, обзоров, технической документации. Выпускники должны **владеТЬ** информационными технологиями: выполнять математическое моделирование процессов и объектов, инновационных биотехнических систем и технологий на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования; разрабатывать алгоритмы, программы и их модули для создания инновационных биотехнических систем медицинского, экологического и биометрического назначения.

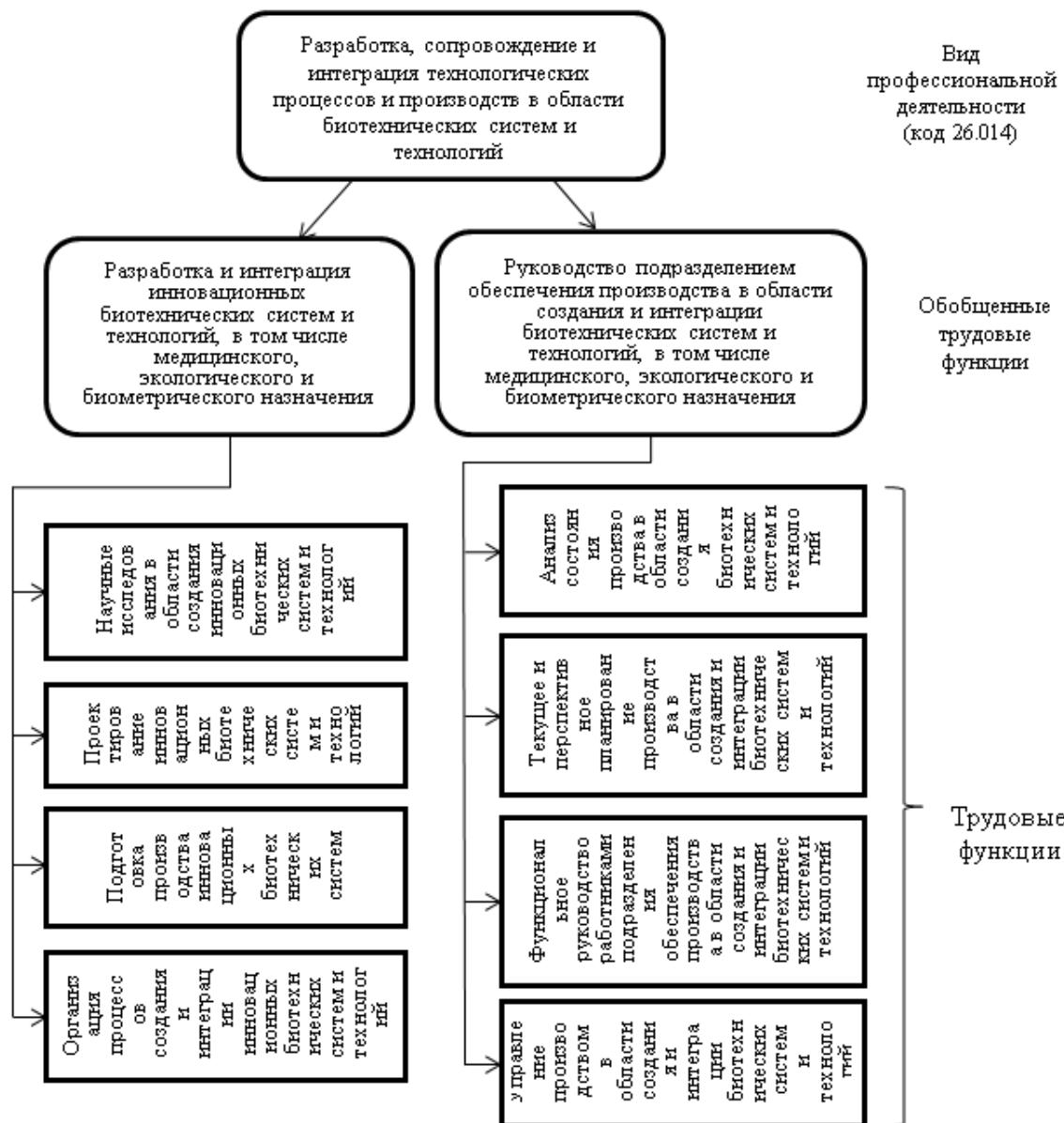


Рисунок 1 – Трудовые функции, определяемые видом профессиональной деятельности 26.014

Для выполнения задач профессиональной деятельности вида 26.014 проектно-конструкторского характера, что соответствует трудовой функции «Проектирование инновационных биотехнических систем и технологий», выпускники должны **знать** принципы построения инновационных биотехнических систем медицинского, экологического и биометрического назначения; принципы построения, характеристики, методы расчета структурных, функциональных и принципиальных схем компонентов и системы их автоматизированного проектирования. Выполнение указанной трудовой функции предполагает знание методов обработки сигналов и изображений, основ анализа случайных данных, физических принципов формирования и обработки медико-биологических данных и изображений и методов повышения их дешифровочных свойств. Выпускники должны знать алгоритмы вычислительной диагностики; медико-технические информационные технологии; свойства исследуемых физиологических сигналов, медико-биологических препаратов и изображений; эксплуатационные свойства инновационных биотехнических систем медицинского, экологического и биометрического назначения.

Выпускники должны **уметь** анализировать технические задания на проектирование инновационных биотехнических систем и технологий на основе изучения технической литературы и патентных источников; осуществлять технико-экономическое обоснование проекта и выбирать методы проектирования инновационной биотехнической системы медицинского, экологического и биометрического назначения в соответствии с техническим заданием. В процессе работы выпускники должны **уметь** разрабатывать структурно-функциональные схемы инновационных биотехнических систем медицинского, экологического и биометрического назначения; разрабатывать принципиальные схемы и проектировать компоненты

биотехнических систем с использованием стандартных средств компьютерного проектирования. Выполнение задач проектно-конструкторского характера требует умения разрабатывать проектно-конструкторскую документацию в соответствии с методическими и нормативными требованиями, работать с нормативно-технической документацией и с интегрированными базами данных организаций.

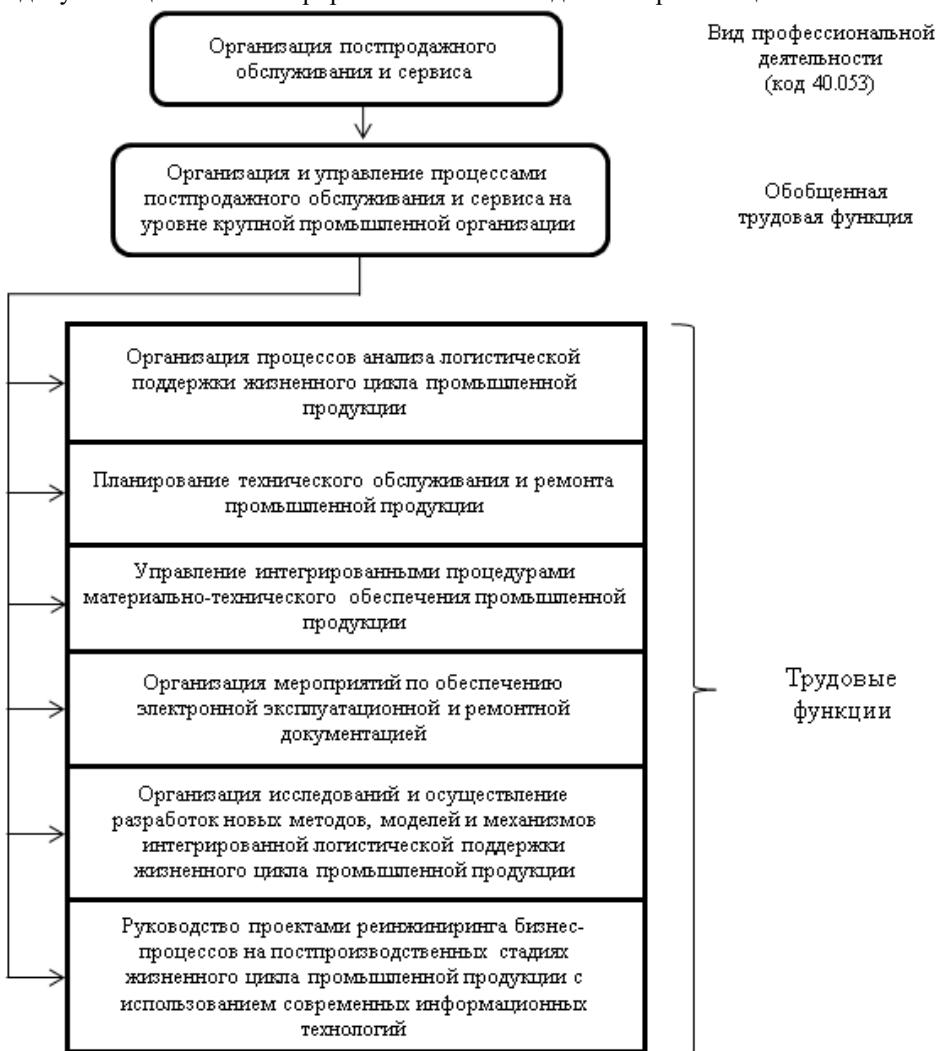


Рисунок 2 – Трудовые функции, определяемые видом профессиональной деятельности 40.053

Выпускники должны **владеТЬ** информационными технологиями для решения задач проектно-конструкторского на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования инновационных биотехнических систем медицинского, экологического и биометрического назначения.

Приобретенные знания, умения и навыки являются базой для выполнения **функций в трудовой деятельности выпускников**. Согласно виду профессиональной деятельности 26.014 при выполнении **научных исследований** в области создания биотехнических систем и технологий выпускники должны:

- анализировать научно-техническую информацию по теме планируемых исследований;
- разрабатывать программы проведения научных исследований;
- готовить отдельные задания для исполнителей, участвующих в проведении научных исследований;
- моделировать технологии и процессы их интегрирования при исследовании биологических объектов и инновационных биотехнических систем медицинского, экологического и биометрического назначения с использованием стандартных программных средств;
- разрабатывать физические, феноменологические, математические и информационно-структурные модели биологических объектов и процессов, оценивать степень их адекватности;
- определять комплекс статистически независимых показателей, характеризующих исследуемый биологический объект и процесс;
- организовывать проведение медико-биологических, экологических и эргономических экспериментов;
- собирать, обрабатывать, систематизировать и анализировать результаты исследований;
- готовить научно-технические презентации и отчеты;
- готовить публикации по результатам проведенных биомедицинских, экологических и биометрических исследований;
- анализировать патентные материалы и готовить заявки на изобретения и промышленные образцы.

При проектировании инновационных биотехнических систем и технологий медицинского, экологического и биометрического назначения в соответствии с видом профессиональной деятельности 26.014 выпускники должны:

- анализировать состояние инновационных научно-технических задач путем подбора, изучения литературных и патентных источников;
- ставить задачи проектирования биотехнических систем;
- готовить технические задания на выполнение проектных работ при создании биотехнических систем и технологий;
- разрабатывать методики проектирования компонентов биотехнических систем;
- проектировать компоненты биотехнических систем;
- разрабатывать конструкторскую документацию на биотехнические системы;
- разрабатывать текстовую документацию на инновационные биотехнические системы медицинского, экологического и биометрического назначения.

ФГОС предусматривает разработку образовательных программ в вузах с учетом рекомендаций примерных основных образовательных программ по соответствующим направлениям. Примерная основная образовательная программа, разрабатываемая федеральным учебно-методическим объединением в сфере высшего образования по направлению 12.04.04, ориентирует выпускников на профессиональную деятельность 26.014.

В соответствии с ПООП сферами трудовой деятельности выпускников могут быть:

- теоретические, поисковые и прикладные научные исследования в области создания инновационных биотехнических систем и технологий;
- моделирование, проектирование, экспериментальные и макетные разработки биотехнических систем и медицинских изделий, предназначенных для биомедицинских исследований, решения задач медицинской диагностики, оказания лечебного воздействия, проведения клинико-лабораторных исследований, медицинской реабилитации с применением технических средств;
- экспериментальные исследования новых технологий взаимодействия технических и биологических звеньев биотехнической системы для получения информации о состоянии биологического объекта, новые инструментальные методы и технологии диагностики, лечения, медицинской реабилитации, реализуемые медицинскими изделиями.

Основные объекты (или области знания) профессиональной деятельности выпускников: биотехнические системы, медицинские изделия для решения задач диагностики, лечения, мониторинга состояния здоровья человека, медицинской реабилитации, технологии биомедицинских исследований с применением технических средств.

Рекомендуемые в проекте ПООП профессиональные компетенции, которые выпускники должны продемонстрировать в ходе государственной итоговой аттестации:

- способность к анализу состояния научно-технической проблемы, технического задания и постановке цели и задач проектирования биотехнических систем и медицинских изделий на основе подбора и изучения литературных и патентных источников;
- способность к построению математических моделей биотехнических систем и медицинских изделий и выбору метода их моделирования, разработке нового или выбор известного алгоритма решения задачи;
- способность к выбору метода и разработке программ экспериментальных исследований, проведению медико-биологических исследований с использованием технических средств, выбору метода обработки результатов исследований;
- способность к разработке структурных и функциональных схем инновационных биотехнических систем и медицинских изделий, определение их физических принципов действия, структур и медико-технических требований к системе и медицинскому изделию;
- способность к оценке технологичности конструкторских решений, разработке технологических процессов сборки, юстировки, контроля качества производства и технического обслуживания биотехнических систем и медицинских изделий.

Перечень профессиональных компетенций выпускника и их индикаторов достижения, разрабатываются вузом самостоятельно с учетом ПООП, профессиональных стандартов и запросов работодателей, тенденций развития профессиональной деятельности по рассматриваемому направлению подготовки. С учетом потребностей Владимирского и соседних с ним регионов, где находят трудоустройство выпускники магистратуры, возможностей учебно-лабораторной базы кафедры целесообразно вести подготовку магистров для профессиональной деятельности вида 26.014, способных решать задачи научно-исследовательского и проектно-конструкторского типов.

Библиографический список

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – магистратура по направлению подготовки 12.04.04 биотехнические системы и технологии. Утвержден

приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 19 сентября 2017 г. № 936. (Зарегистрировано в Минюсте России 9 октября 2017 г. № 48470).

2. Профессиональный стандарт «Специалист в области разработки, сопровождения и интеграции технологических процессов и производств в области биотехнических систем и технологий». Регистрационный номер № 799. Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 28 декабря 2015 г. №1157н. (Зарегистрировано в Минюсте России 28.01.2016 № 40864).

3. Профессиональный стандарт «Специалист по организации постпродажного обслуживания и сервиса». Регистрационный номер № 191. Утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 31 октября 2014 г. N 864н. (Зарегистрировано в Минюсте России 24.11.2014 № 34867).

**PROFESSIONAL STANDARDS IN THE TRAINING OF MASTERS IN THE DIRECTION 12.04.04
«BIOTECHNICAL SYSTEMS AND TECHNOLOGIES»**

Dolgov G.F., Frolova T. N.

Vladimir state university named after Alexander and Nikolay Stoletovs, ludm@mail.ru

The paper discusses the requirements for the training of masters in the direction 12.04.04 "Biotechnical systems and technologies", determined by professional standards, which are provided by the Federal educational standard of the direction, approved in 2017. Taking into account the needs of Vladimir and its neighboring regions, where graduate students find employment, labor functions of masters in the professional activities of research and design character are analyzed. The necessary knowledge, skills and abilities of graduates determined by the type of professional activity 26.014 standard "Specialist in the field of development, maintenance and integration of technological processes and productions in the field of biotechnical systems and technologies" are considered.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКА ГАММА-КВАНТОВ
И НЕЙТРОНОВ ПРИ РАБОТЕ МЕДИЦИНСКОГО УСКОРИТЕЛЯ ЭЛЕКТРОНОВ**

М.В. Желтоножская, Е.Н. Лыкова, А.П. Черняев

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

iv-kate@yandex.ru

Появление новых современных сложных медицинских линейных ускорителей электронов позволило широко распространить и внедрить в онкологических учреждениях высокотехнологичную лучевую терапию. Несмотря на то, что новые технологии облучения пациентов реализуют существенное снижение поглощённой дозы от гамма-квантов в нормальных тканях и критических органах, окружающих опухолевые очаги-мишени, любое сложное оборудование требует максимально тщательного контроля качества работы, особенно в условиях его многолетней эксплуатации.

Нами были проведены исследования потока тормозных гамма-квантов и нейтронов непосредственно в плоскости лечения пациента на расстоянии 1 м от виртуального источника гамма-квантов при размере поля излучения $20 \times 20 \text{ см}^2$. Использование прямых спектрометрических методов измерений потока гамма-квантов и нейтронов в этом случае крайне затруднено в связи с импульсным режимом работы медицинского ускорителя и с высокой плотностью потока частиц в поле излучения (по некоторым оценкам $\sim 10^{12}$ частиц $\cdot\text{см}^{-2}\cdot\text{с}^{-1}$ [1]). Поэтому для решения этой задачи мы использовали фотоактивационный метод. Регистрация гамма-квантов и нейтронов проводилась с использованием (γ, n) и (n, γ) реакций. В качестве детектирующей мишени использовался естественный tantal ^{181}Ta , который является одним из наиболее изученных ядер и в фотоядерных реакциях, и в реакциях с нейтронами в широком диапазоне энергий. Для эксперимента были использованы два медицинских ускорителя Varian Trilogy и Varian Clinac 2100 с различным сроком эксплуатации. В экспериментах с использованием фотоактивационного анализа использовалась максимальная установленная мощность дозы равная 600 МЕ/мин. Все ускорители были откалиброваны медицинскими физиками, работающими на каждом объекте в соответствии с действующим протоколом TRS-398, для доставки 1 сГр / МЕ на глубине максимальной дозы для поля $10 \times 10 \text{ см}^2$ на расстоянии источник-ось 1 м, для того, чтобы можно было сравнивать разные модели ускорителей. Принципиальная схема измерений и план размещения приборов представлены на рис. 1.

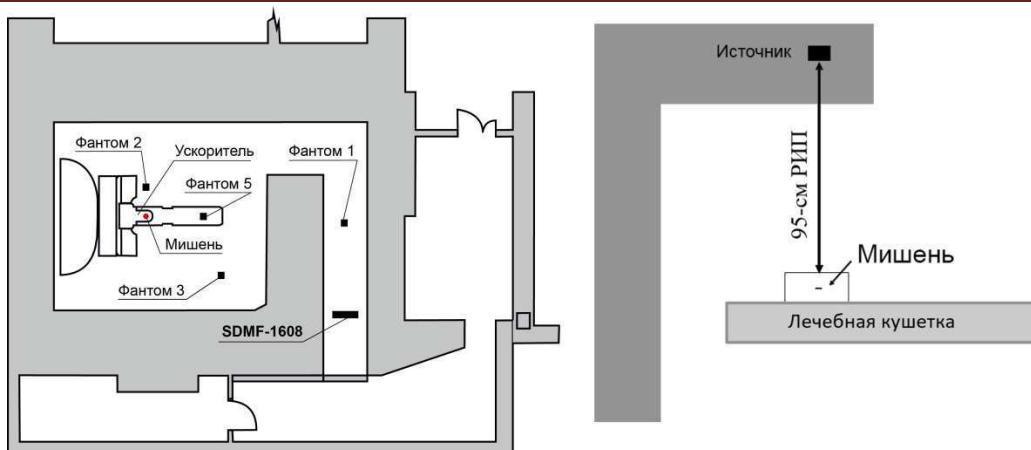


Рисунок 1 – План размещения приборов при проведении эксперимента (слева), принципиальная схема облучения (справа)

Танталовые фольги диаметром 24 мм и толщиной 10 мкм помещались в фантом из «твёрдой воды»¹ на глубину 5 см на расстоянии источник-поверхность 95 см, для оценки потока нейтронов в теле среднестатистического пациента. Размеры фантома составляли 40x40x10 см³. Дозиметрическое планирование на область мишени было проведено с помощью системы планирования Eclipse (VARIAN).

Во время проведения дистанционной лучевой терапии облучают первичный очаг и зоны регионарного метастазирования. В зависимости от локализации опухоли и ее радиочувствительности выбирают вид лучевой терапии (радикальная, паллиативная), способ облучения и значения дозы. Суммарная доза на область первичной опухоли составляет 60-75 Гр, на зоны метастазирования — 45-50 Гр. Поэтому план облучения для проведения эксперимента был составлен таким образом, чтобы мишень получала суммарную очаговую дозу в 60 Гр.

Облучение на ускорителе с большим сроком эксплуатации проводилось с граничной энергией тормозных гамма-квантов 18 МэВ, на ускорителе с меньшим сроком эксплуатации — с граничной энергией тормозных гамма-квантов 20 МэВ (согласно журналам учета времени работы установок). Время облучения было рассчитано для каждого ускорителя с помощью системы планирования и составило 8,85 мин.

Облученные мишени измерялись на полупроводниковом Ge-спектрометре большого объема с энергетическим разрешением 1,5 кэВ на гамма-линии 661 кэВ ^{137}Cs и эффективностью регистрации 20% по сравнению с NaI(Tl) детектором 3" x 3". В измеренных спектрах надежно выделялись гамма-кванты ^{180}Ta с периодом полураспада $T_{1/2}=8,15$ часов, образующиеся в (γ, n)-реакции и ^{182}Ta с периодом полураспада $T_{1/2}=115$ дней, образующихся в (n, γ)-реакции (см. Рис.2). Активность ^{180}Ta составила 220 Бк для облученной мишени при энергии 18 МэВ и 1540 Бк для облученной мишени при энергии 20 МэВ. Активность ^{182}Ta составила 2,6 Бк и 34 Бк для мишеней, облученных при энергиях 18 МэВ и 20 МэВ, соответственно.

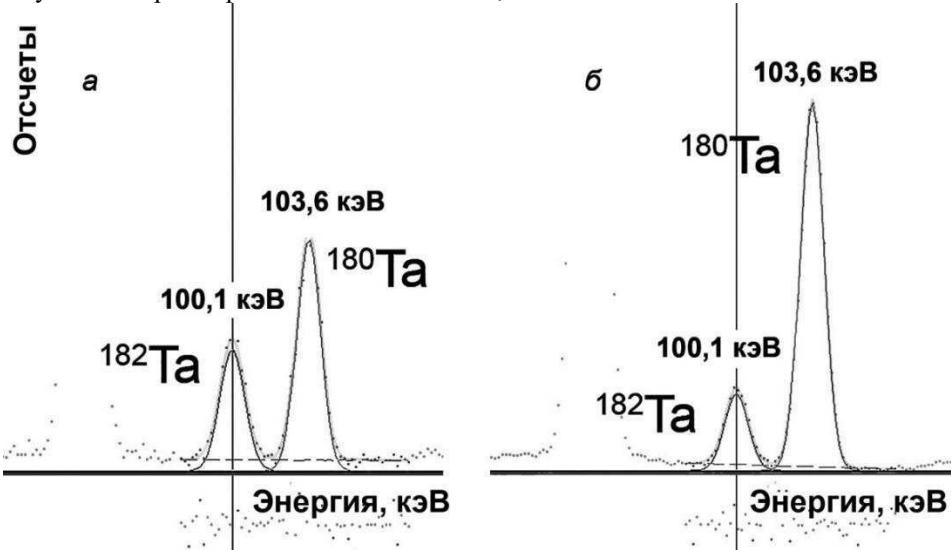


Рисунок 2 – Фрагменты спектров облученных мишеней, измеренных на полупроводниковом Ge-спектрометре (а – мишень, облученная тормозными гамма-квантами с энергией 18 МэВ, б – мишень, облученная тормозными гамма-квантами с энергией 20 МэВ)

¹ «Твёрдая вода» – водоэквивалентный пластик, плотность 1,02 г/см³, средний атомный номер 5,95.

Для оценки потока гамма-квантов и нейтронов необходимо знать интегральные сечения (γ, n) и (n, γ) реакций. Интегральное сечение $\sigma^{\text{инт}}$ (γ, n)-реакции определить достаточно легко, так как данные о зависимости сечения реакции σ от энергии гамма-квантов измерены с хорошей точностью [2], нужно только свернуть распределение σ по энергии с тормозным распределением гамма-квантов. В результате у нас получилось $\sigma^{\text{инт}}$ (γ, n)=50 мбн для мишени, облученной при 20 МэВ, а для мишени, облученной при 18 МэВ $\sigma^{\text{инт}}$ (γ, n) составило 40 мбн.

С определением $\sigma^{\text{инт}}(n, \gamma)$ реакции ситуация значительно сложнее. Существуют полученные экспериментальные данные о сечениях для различных энергий нейтронов в экспериментальной библиотеке ядерных реакций ExFor. Однако получить распределение нейтронов по энергии фотоактивационным методом достаточно сложно. Поэтому нами для оценки интегрального сечения ^{181}Ta (n, γ)-реакции были использованы данные о сечении из [3]. Так как сечение (n, γ)-реакции в области 0,2-0,9 МэВ слабо изменяется (см. Рис. 3), с учетом этого нами была взята величина сечения $\sigma^{\text{инт}}(n, \gamma)=200$ мбн.

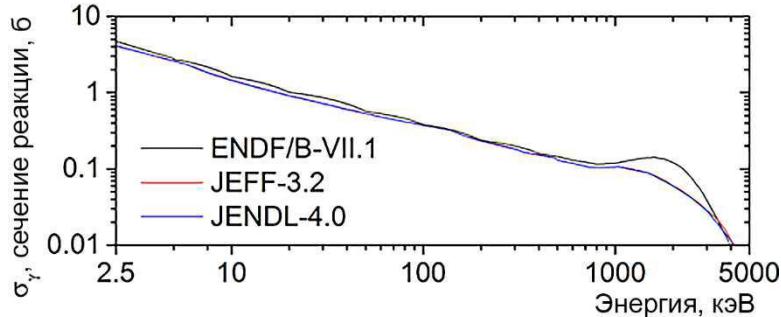


Рисунок 3 - Поперечные сечения ^{181}Ta (n, γ)-реакции
(значения из международных библиотек экспериментальных ядерных данных
ENDF/B-VII.1, JEFF-3.2, JENDL-4.0)[3]

Для определения потоков нейтронов и гамма-квантов относительно друг друга на танталовой мишени была решена система из двух уравнений:

$$A_{180\text{Ta}} = N\sigma_{\gamma, n}^{\text{инт}} (1 - e^{-\lambda_1 t}) \Phi_\gamma$$

$$A_{182\text{Ta}} = N\sigma_{n, \gamma}^{\text{инт}} (1 - e^{-\lambda_2 t}) \Phi_n,$$

где $A_{180\text{Ta}}$, $A_{182\text{Ta}}$ – активность ^{180}Ta и ^{182}Ta соответственно;

N – количество атомов исходного тантала в мишени;

$\sigma_{\gamma, n}^{\text{инт}}$ – интегральное сечение (γ, n)-реакции, $\sigma_{n, \gamma}^{\text{инт}}$ – интегральное сечение (n, γ)-реакции;

λ_1 – постоянная распада ^{180}Ta , λ_2 – постоянная распада ^{182}Ta ;

t – время облучения;

Φ_γ – плотность потока гамма-квантов;

Φ_n – плотность потока нейтронов.

Используя полученные интегральные сечения было определено, что поток нейтронов на мишени тантала составляет 80% от потока гамма-квантов на этой же мишени при работе ускорителя с энергией тормозных гамма-квантов 18 МэВ и 19% при работе ускорителя с энергией тормозных гамма-квантов 20 МэВ.

Полученные данные являются консервативной (теоретической) оценкой. Так как было использовано сечение реакции, при которой, весь спектр нейтронов формируется только за счет тормозной мишени. Однако, в реальности происходит образование нейтронного потока и на конструкционных материалах, и на атомах тканей облучаемого пациента, благодаря чему сечение реакции может значительно изменяться.

Поэтому для корректной оценки потока нейтронов необходимо получить распределение нейтронов по энергии. Нами были произведены измерения спектра нейтронов с помощью стильтенового однокристального спектрометра-дозиметра SDMF-1608 с возможностью разделения энергетических спектров быстрых нейтронов от энергетических спектров гамма-квантов. Измерения проводились при размере радиационного поля $5 \times 5 \text{ см}^2$ на расстоянии «источник–поверхность» 1 м. Мощность дозы в изоцентре составляла 1 Гр/мин. В связи с высокой плотностью потока гамма-квантов и нейтронов получить спектр удалось только при измерениях за экраном на расстоянии 3 м от изоцентра пучка (см. Рис.1). Было получено распределение нейтронов по энергии с резонансами в области нейтронов с энергиями 50-100 кэВ, 0,5 МэВ, 1 МэВ и 1,5 МэВ (см. Рис. 4).

Полученное распределение из-за перерассеяния нейтронов на материале экрана, естественно, не совпадает с реальным распределением после вылета из тормозной мишени. Однако, даже после перерассеяния, положение резонансов должно сохраняться, происходит только «расползание» резонансных пиков. Поэтому из полученного спектра можно предположить, что основной вклад в образование ^{182}Ta вносят нейтроны с энергией 50-100 кэВ. Сечение (n, γ) реакций для таких нейтронов $\sigma^{\text{инт}}(n, \gamma) \sim 1000$ мбн. С учетом этих данных поток нейтронов нейтронов на мишени тантала составляет 16% от потока гамма-квантов на этой же мишени при работе ускорителя с энергией тормозных гамма-квантов 18 МэВ и 5% при работе ускорителя с энергией

тормозных гамма-квантов 20 МэВ. В этих исследованиях не рассчитывался вклад тепловых нейтронов в общий поток, а он может значительно изменить приведенные оценки ввиду того, что $\sigma_{\text{тепл}}(n, \gamma) \sim 20$ бн.

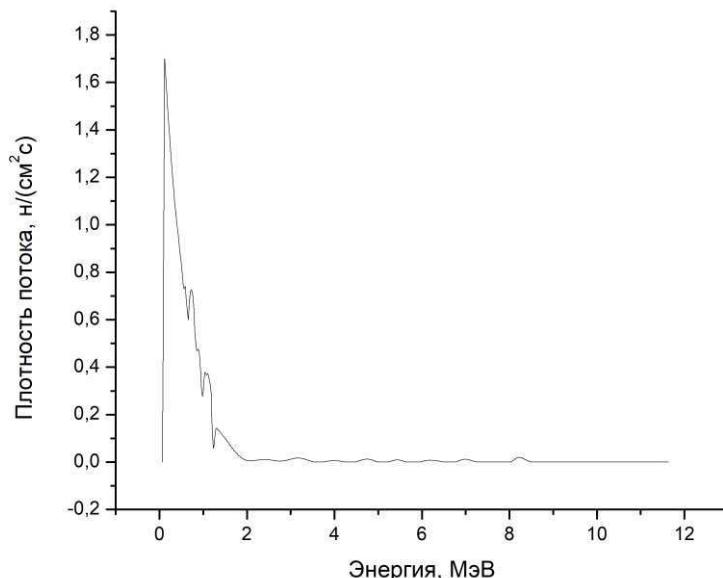


Рисунок 4 - Распределение нейтронов по энергии, полученное с помощью стильтенового однокристального спектрометра-дозиметра SDMF-1608

В заключение можно отметить, что с учетом коэффициента относительной биологической эффективности (ОБЭ) нейтронного излучения для нейтронов с энергиями 0,1-200 кэВ равного 10 по сравнению коэффициентом ОБЭ для гамма-квантов (равного 1), в наших исследованиях наблюдается существенный недоучет вклада дозы от нейтронов в общую дозу, получаемую пациентом при лучевой терапии тормозными гамма-квантами с энергиями 18 и 20 МэВ.

Библиографический список

1. Howell R.M., Kry S.F., Burgett E., Hertel N.E. and Followill D.S. Secondary neutron spectra from modern Varian, Siemens, and Elekta linacs with multileaf collimators// Med. Phys. - 36(9), 2009 - P. 4027-4038.
2. Varlamov A. V., Varlamov V. V., Rudenko D. S., Stepanov M. E. Atlas of Giant Dipole Resonances// IAEA Nuclear Data Section.- Vienna: Wagramerstrasse 5, A-1400. – 1999. – 321 p.
3. McDermott B. J., Blain E., Daskalakis A., et all. Ta(n, γ) cross section and average resonance parameter measurements in the unresolved resonance region from 24 to 1180 keV using a filtered-beam technique // Phys. Rev – vol. 96, 2017 – P. 014607(11).

INVESTIGATION THE FLOW OF GAMMA-QUANTUM AND NEUTRONS FROM THE MEDICAL ACCELERATOR OF ELECTRONS

Zheltonozhskaya M.V., Lykova E.N., Chernyaev A.P.
Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, iv-kate@yandex.ru

The appearance of new sophisticated medical linear accelerators has made it possible to widely develop and introduce high-tech radiation therapy in oncology institutions. Despite the fact that new technologies for irradiating patients realize a significant reduction in the absorbed dose from gamma quanta in normal tissues and critical organs surrounding tumor target sites, any complex equipment requires the utmost thorough control of the quality of work, especially in conditions of its long-term use.

Studies of the flow of bremsstrahlung beams and neutrons were made directly in the treatment plane of the patient on two medical accelerators Varian Trilogy and Varian Clinac 2100 with different lifetime by the photoactivation method. And also attempts were made to measure the neutron spectrum with the aid of a stilbene detector.

The results of the current study are important for understanding and evaluating the production of secondary neutrons from various modern linear systems. This information will be useful for medical physicists who may need to predict the effects of neutrons from high-energy radiotherapy and those who design screening for canyons.



СИНТЕЗ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МЕДИЦИНСКИХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Иващенко А.В., Кочуев Д.А., Хорьков К.С., Тарасова М.А.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), alenaenergie@gmail.com

Введение

Металлические порошки и порошки металлических сплавов служат основным сырьем в такой области, как аддитивные технологии. Изделия, созданные при помощи данных технологий, обладают высоким качеством, а так же, в зависимости от состава порошка, такими свойствами, как высокая устойчивость к коррозии и жаропрочность. Порошковые материалы нашли свое применение не только в технике, но и в медицине при изготовлении имплантатов для стоматологии и ортопедии. В медицине в качестве материалов для изготовления имплантата широко используется такой материал, как титан, а так же его сплавы. Это обусловлено тем, что титан обладает высокой стойкостью к коррозии, малым удельным весом, высокой прочностью, что делает его наиболее приближенным к свойствам кости. Таким образом, это позволяет обеспечить необходимую механическую совместимость.

В настоящее время существует множество способов и подходов для получения порошков различных материалов: путем механического размола, химическим осаждением, магнетронным распылением. Каждый из данных методов имеет свои преимущества и недостатки, которые и определяют область применения полученного порошкового материала. Несмотря на весьма ограниченное распространение лазерных технологических установок, метод лазерного синтеза порошкового материала представляет собой высокий интерес, обусловленный исключительными свойствами лазерного излучения, недостижимыми другими источниками концентрированной энергии.

Особенности лазерного воздействия позволяют добиться изменения структурных и фазовых состояний материала без внесения в него сторонних примесей (при условии их отсутствия в области воздействия лазерного излучения), что позволяет получать чистые порошковые материалы по сравнению с другими методами синтеза. При внесении же необходимых примесей возможно получение сложных сплавов, композитов, холодных растворов в требуемом агрегатном состоянии. В области получения порошковых материалов в первую очередь интерес представляет процесс разрушения материала в результате воздействия лазерного излучения, в частности, требуется получать не расплав, не пар, а непосредственно «брэзги» обрабатываемого материала, обладающих сферической формой и близким гранулометрическим составом. Для таких целей подходят импульсные лазерные системы, способные эффективно передавать энергию лазерного излучения для развития процесса лазерной абляции. Применением же дополнительных средств, способных влиять на развитие, динамику и результат данного процесса, таких как среда обработки, либо дополнительные источники физического воздействия, будут способствовать достижению поставленной цели. В последние годы интенсивно изучаются процессы, протекающие при лазерной абляции в жидкости. В настоящее время активно ведутся исследования в этой области за счет различных технологических средств, разработанных для исследования физических и химических процессов при лазерной абляции твердых тел в жидких средах [1-4]. Лазерная абляция в - жидкости обладает рядом уникальных свойств перед остальными способами. Применительно к направлению синтеза порошковых материалов, это стремительное охлаждение продуктов абляции, способствующее образованию «высоко сферической» поверхности. Используемая жидкая среда может проявлять как инертные свойства в процессе проведения обработки, так и реакционные.

1.1. Используемое оборудование и образцы

В экспериментах использовалась *Ti:Sapphire*-лазерная система со следующими параметрами: длительность импульса 50 фс, средняя мощность 450 мВт, длина волны 800 нм, частота следования импульсов 1 кГц. Лазерный пучок диаметром 30 мкм фокусировался на поверхности титанового образца, расположенного в реакционной среде. В качестве образца использовалась титановая пластина марки BT1-0. Кювета представляла собой изолированную от атмосферного воздуха ёмкость, имеющую точку крепления образца, прозрачное окно для ввода лазерного излучения. Образец располагался под слоем жидкого углеводорода. Сканирование лазерным лучом осуществлялось с помощью гальваносканатора со скоростью 0,1-200 мм/с.

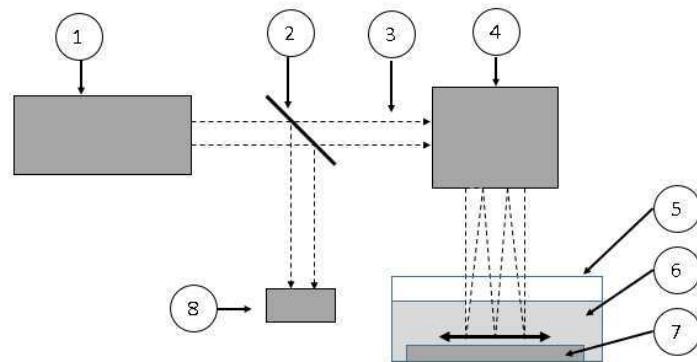


Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента. 1 - фемтосекундная лазерная система, 2 - светофильтр, 3 – лазерное излучение, 4 – оптическая головка с гальваносканаторами X-Y, 5 – изолированный от атмосферы сосуд с окном для ввода лазерного излучения, 6 – реакционная среда (жидкий углеводород), 7 – титановый образец, 8 – измеритель мощности лазерного излучения

1.2. Проведение и результаты эксперимента

Лазерный пучок диаметром 30 мкм фокусировался на поверхность образца, расположенного в жидким углеводородом, использовался предельный углеводород (гексан). В качестве образца использовалась титановая пластина марки ВТ1-0. Перемещение лазерного луча осуществлялось при помощи гальваносканатора со скоростью 0,1-200 мм/с. Титановый образец был помещен в кювету с реакционной жидкостью. Глубина, на которую был погружен образец, составляла порядка 2-4 мм. Внутренний объем кюветы изолировался от атмосферного воздуха. В этих условиях происходила обработка поверхности титановых пластин.

Исследования были проведены с помощью растровой электронной микроскопии (РЭМ) и спектроскопии комбинационного рассеяния (СКР). На рисунке 2 представлен результат обработки поверхности, где заметно наличие кратеров от воздействия лазерного излучения. Структура поверхности не характерна для режима обработки ультракороткими лазерными импульсами. На поверхности присутствуют следы оплавления и выброса жидкой фазы материала, следовательно, источником теплового воздействия была лазерноиндуцированная плазма, время жизни которой значительно больше длительности лазерного импульса и зависит как от приложенной энергии, так и частоты следования импульсов. Так как время жизни лазерноиндуцированной плазмы было больше промежутка между лазерными импульсами, это привело к выраженному повышению энергии плазмы, как следствие сильному тепловому воздействию.

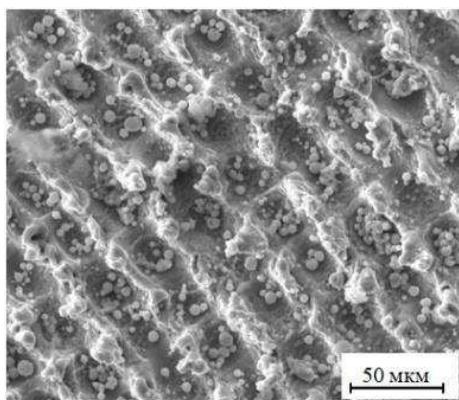


Рисунок 2 – РЭМ изображение обработанной поверхности титана

РЭМ изображение поверхности сферы на кремниевой подложке см. рис. 3. Поверхность микросферы обладает высокой гладкостью и сферичностью. Порядка 80% микросфер находятся в диапазоне размеров 1-3 мкм. Гранулы, собранные с поверхности образца, имеют на поверхности выраженные дефекты, поры, трещины, нарушения формы вероятно образованные в результате повторного попадания под источник лазерного излучения либо в результате контакта с высокоэнергетическими продуктами лазерной абляции. Микросфера, собранные со дна кюветы, имеют практически идеальную поверхность без выраженных дефектов. Данная особенность метода выражается в высокой локальности воздействия источника энергии.



Рисунок 3 – РЭМ изображение микросферы на кремниевой подложке

Были проведены исследования поверхности полученных микросфер с помощью СКР. На рисунке 4 представлены спектры КР обработанной области, который, в свою очередь, сравнивался со спектрами КР гранул карбида титана, полученными промышленным способом. Данные спектры говорят о наличии «поликристаллитов карбида титана» (спектральные линии небольшой интенсивности при этом достаточно широкие).

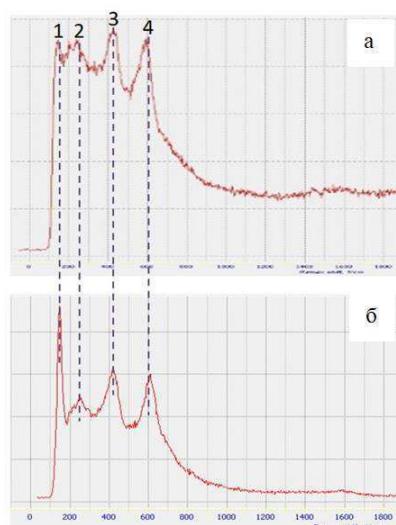


Рисунок 4 – (а) КР спектр обработанной области, (б) – КР-спектр промышленно синтезируемого карбида титана

Заключение

Полученные в данной работе результаты могут быть использованы для приложений связанных с аддитивными технологиями за счет небольшого диапазона полученных размеров микросфер: от 1-3 мкм, высокой сферичности и гладкости образованной поверхности. Применение такого рода порошковых материалов, для выращивания различных медицинских инструментов и деталей, является перспективным и развивающимся направлением за счет получения изделий высокой размерной точности. Данные технологии открывают новые возможности для создания новых материалов с широким диапазоном свойств, в некоторых случаях уникальных, не достижимых другими методами.

Работа была выполнена в рамках государственного задания ВлГУ 3.5531.2017/8.9 ГБ-1106/17 и грантов РФФИ №№ 16-42-330651, 16-08-01226.

Библиографический список

1. А. Н. Савкин, Т. Ю. Сидоровнина, В. А. Тимошенко, Ю. В. Голубенко. Импульсная лазерная абляция в жидкости фемто- и наносекундными источниками. Особенности процесса. Инженерный журнал: наука и инновации. – 2015. – вып. 10.
2. В. С. Казакевич, П. В. Казакевич, Д. А. Камынина, П. С. Яреско. Лазерная абляция титана в криогенных жидкостях и в жидкостях, находящихся при комнатной температуре. Краткие сообщения по физике ФИАН. – 2018. – № 3. – с.15-20.
3. Ю. В. Голубенко, А. Н. Савкин, Т. Ю. Сидоровнина, В. А. Тимошенко. Лазерная абляция металлов в жидкости – способ получения коллоидных систем Au и Cu. Известия РАН. Серия физическая. – 2016. – том 80. – № 8. – с. 1078–1079.
4. Б.Б. Костишко, В.В. Светухин, И.О. Явтушенко. Модификация поверхности никеля фемтосекундными лазерными импульсами. Известия высших учебных заведений. Электроника. – Том 21. – № 6. – 2016. – с. 510-514.

SYNTHESIS OF METALLIC POWDER MATERIALS FOR MEDICAL APPLICATIONS

A.V. Ivashchenko, D.A. Kochuev, K.S. Khorkov, M.A. Tarasova

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir,
Russia, alenaenergie@gmail.com

In this work, a method for the synthesis of microspheres containing titanium carbide by laser radiation is described. The formation of microspheres is carried out by the action of femtosecond laser radiation on the surface of titanium in the reaction medium - the ultimate hydrocarbon. Hexane was used as the hydrocarbon. The obtained microspheres have an average size of 1-3 μm and can be used in applications of additive engineering, powder metallurgy as the main raw material, or as an alloying additive.

◆

**РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ИНФРАКРАСНОЙ
ДИАФАНОСКОПИИ МЯГКИХ ТКАНЕЙ ПАРОДОНТА**

Колпаков А. В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)»
kolpakoalex@yandex.ru

По статистике Всемирной организации здравоохранения (далее по тексту – ВОЗ) частота поражения пародонта воспалительными заболеваниями составляет от 80 до 100 % в 53 странах. На лечение зубов и десен, согласно статистике ВОЗ, тратится 10 % всех средств, выделяемых на здравоохранение в развитых странах [1 - 5].

Своевременная диагностика воспалительных заболеваний пародонта повышает эффективность терапии, снижает риск развития необратимых нарушений в тканях пародонта. Однако существующие методы диагностики воспалительных заболеваний мягких тканей пародонта (далее – МТП), предполагают инвазивное определение глубины пародонтальных карманов в стадии развившегося повреждения [3]. При отсутствии своевременного лечения воспалительный процесс распространяется в твердые ткани пародонта и происходят необратимые повреждения: разрушение альвеолярной кости и потеря зубов [5].

Инвазивный характер существующих методов диагностики воспалительных заболеваний МТП, невозможность визуализации повреждений мягких тканей рентгеновскими методами создают трудности при обнаружении воспалительного процесса в МТП на ранней стадии. И.Н. Спиридоновым [6], R.S. Jones [7], показана возможность визуализации в ближнем инфракрасном (далее – ИК) диапазоне длин волн мягких и твердых тканей ротовой полости (далее – ТРП) методом диафанскопии.

Таким образом, создание аппаратно-программного комплекса инфракрасной диафанскопии МТП (далее - АПК ИКД МТП) для обнаружения воспалительных заболеваний МТП является безусловно актуальной задачей.

Для создания АПК ИКД МТП поставлены и решены следующие задачи:

- обосновано применение метода инфракрасной диафанскопии (ИКД) в стоматологической практике для диагностики воспалительных заболеваний МТП;
- исследована зависимость качества инфракрасных изображений воспаленных участков МТП от характеристик зондирующего излучения;
- исследованы алгоритмы автоматического обнаружения очагов воспаления МТП;
- апробирован макет АПК ИКД МТП.

Возможность обнаружения очагов воспаления МТП на различных стадиях воспалительного процесса в ближнем ИК диапазоне длин волн была проверена в эксперименте на группе добровольцев. В ходе эксперимента была проверена гипотеза о корреляции относительной частоты обнаружения очагов воспаления МТП на ИК изображениях, и значениями индексов гигиены и воспаления, определяемых по стандартной методике [8].

В ходе эксперимента были зарегистрированы серии 50 видимых и 150 ИК изображений участков МТП в областях межзубных сосочеков и альвеолярной десны, в которых проявляются первые признаки воспалительного процесса в МТП. Примеры зарегистрированных изображений представлены на Рисунке 1.

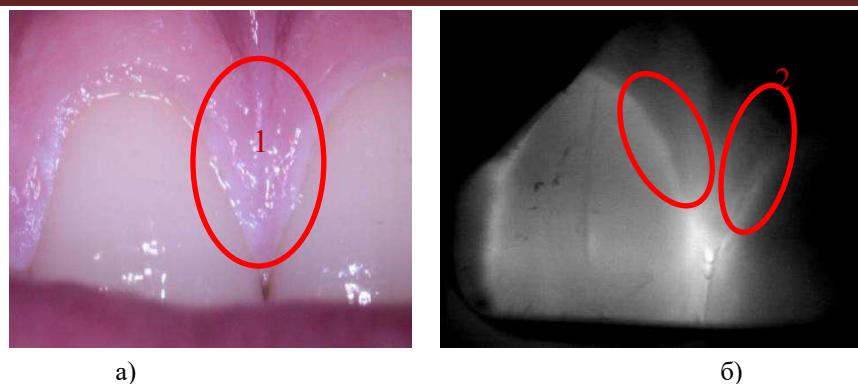


Рисунок 1 - Примеры изображений воспаленного межзубного сосочка (нижний ряд), зарегистрированные: а) в отраженном излучении видимого диапазона б) в проходящем монохроматическом излучении ИК диапазона. 1 – мягкий зубной налет; 2 – области повышенного кровенаполнения

На группе 10 добровольцев в результате моделирования воспаления МТП установлено, что доля изображений, на которых обнаруживаются очаги воспаления при визуализации методом ИКД в диапазоне длин волн 800..1200 нм статистически значимо коррелирует со значениями гигиенического индекса и индекса воспаления МТП (уровни значимости 3 % и 0,3 % соответственно, рисунок 2).

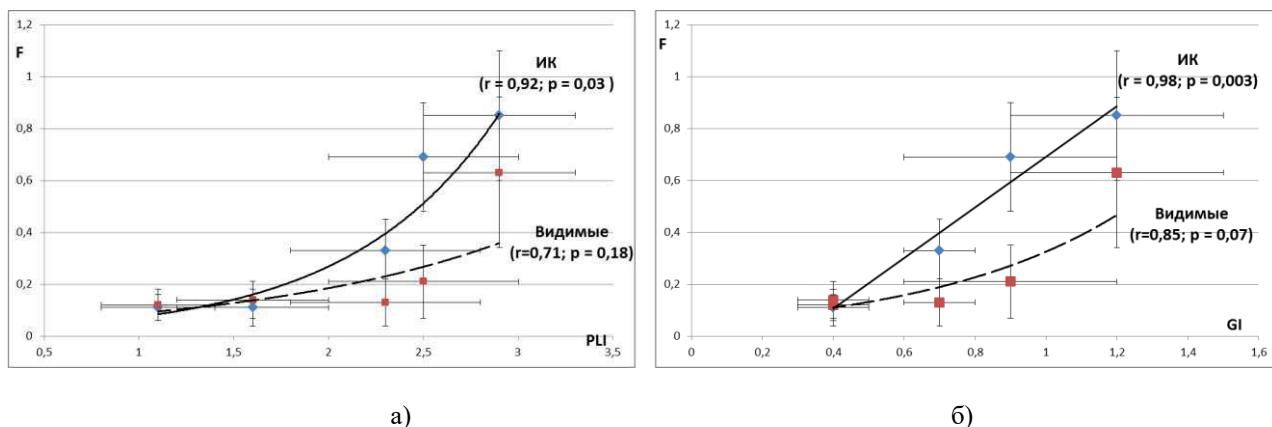


Рисунок 2 - Зависимости относительной частоты обнаружения очагов воспаления F от значения индекса гигиены PLI (а), и от значения индекса воспаления GI (б). В скобках указаны значения коэффициента корреляции Пирсона r и уровня значимости p

В целях определения требований к взаимному расположению осветителя и регистратора АПК ИКД МТП, обеспечивающих обнаружение очагов воспаления МТП были проведены исследования зависимости вероятности обнаружения очага воспаления МТП на ИК изображении от угла между оптическими осями осветителя и регистратора. Для обеспечения максимальной воспроизводимости и повторяемости результатов, исследования были проведены на стенде с применением тест-объектов, имитирующих оптические свойства МТП (Рисунок 3).

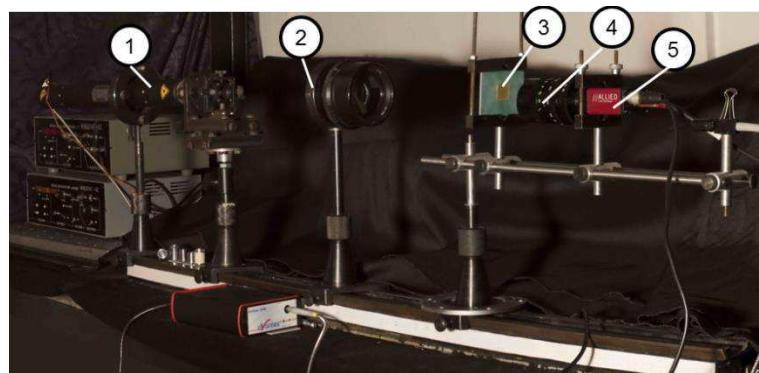


Рисунок 3 - Стенд для исследования влияния характеристик излучения на качество изображений МТП: 1) осветитель, 2) формирующая оптическая система, 3) тест-объект, 4) проецирующая оптическая система, 5) видеокамера

В целях минимизации влияния разброса морфологических и биохимических показателей МТП *in vivo* [9] для исследований зависимости контраста изображений очагов воспаления МТП от характеристик излучения, целесообразно использовать тест-объекты, моделирующие оптические свойства МТП. В примененном для моделирования оптических свойств МТП тест-объекте слой эпителиальной ткани МТП представлен оптически однородной средой с постоянным значением показателя рассеяния излучения, а очаги воспаления представлены стержнями, диаметром 80 мкм, соответствующим диаметру кровеносных сосудов в МТП, гиперемия которых обуславливает увеличение показателя поглощения в МТП на стадии первичного повреждения.

В результате исследований на стенде показано, что максимальное значение вероятности обнаружения очага воспаления МТП на глубине от поверхности до 600 мкм достигается применением источника излучения с максимумом светимости в диапазоне 800..1200 нм при расположении оптических осей формирующей и регистрирующей оптических систем по горизонтали и вертикали не более $\pm 25^\circ$.

В целях определения параметров, характеризующих очаги воспаления МТП на ИК изображениях, проанализирована выборка изображений интактных и воспаленных МТП, зарегистрированных в ходе проведения эксперимента на добровольцах (Рисунок 4).

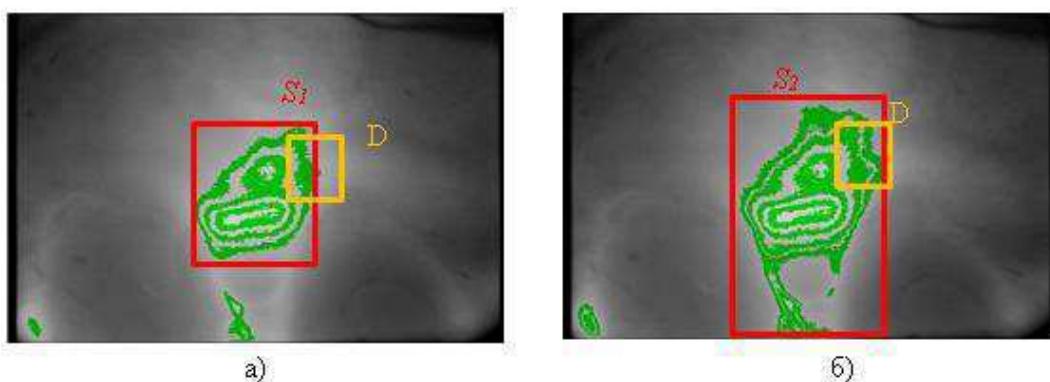


Рисунок 4 - Изолинии изображений МТП: а) для значений интенсивности $I = 250, 240, 230$ на ИК изображениях; б) для значений интенсивности $I = 250, 240, 230, 200, 190$; «D» - окрестность участка изолинии

Для автоматического выделения очагов воспаления МТП на изображениях по параметрам установленным в ходе предыдущих исследований параметрам: коэффициенту контраста C_a , модулю градиента G , и направлению градиента α [10] могут быть применены следующие методы [11]:

- пороговая обработка на основе анализа гистограммных статистик в пределах окна заданной апертуры;
- метод линий водораздела;
- метод наращивания областей

Указанные методы сегментации были апробированы на выборе ИК изображений очагов воспаления МТП [1]. В качестве критерия эффективности j -го метода сегментации оценена относительную погрешность определения площади очага воспаления δ_{Sj} :

$$\delta_{Sj} = \frac{S_{Aj}}{S_M} \quad (1)$$

где S_{Aj} - площадь очага воспаления МТП, определенная после сегментации i -м методом, S_M - площадь очага воспаления МТП, определенная по отмеченному экспертом участку изображения.

Погрешности сегментации очагов воспаления МТП методом пороговой сегментации на основе анализа распределения интенсивности в пределах окна заданной апертуры (δ_{S1}), методом линий водораздела (δ_{S2}), а также методом наращивания областей (δ_{S3}), представлены в Таблице 1.

Таблица 1 - Погрешности сегментации очагов воспаления МТП на ИК изображениях

№ п/п	Класс изображений	δ_{S1}	δ_{S2}	δ_{S3}
1	МТП на доклинической стадии воспаления	0,15	0,30	0,17
2	МТП на клинической стадии воспаления	0,18	0,24	0,22

Как следует из результатов сравнения методов сегментации (Таблица 5), наименьшую погрешность сегментации очагов воспаления МТП на доклинической и клинической стадиях воспаления обеспечивает метод пороговой сегментации по значениям коэффициента контраста C_a , модуля G и направления градиента интенсивности α , поэтому его следует применять для построения алгоритма автоматического обнаружения очагов воспаления МТП.

Исследования макета АПК ИКД МТП [1] проводились на пациентах, пришедших на прием к врачу-стоматологу и проходивших клинический осмотр. В ходе обследования врачом по результатам визуального осмотра, пальпации и, при необходимости, пародонтологического зондирования, определялась стадия

повреждения МТП и диагноз пациентов, далее производился осмотр и регистрация ИКИ УМТП с применением АПК ИКД МТП.

Определение стадии воспаления МТП осуществлялось врачом с помощью индексной оценки.

В ходе аprobации обследовано 23 пациента с гингивитом, 13 пациентов с пародонтитом, 16 пациентов с интактными МТП. С использованием АПК ИКД МТП для каждого обследованного пациента зарегистрированы серии из 15 изображений повреждений МТП и с применением АПК ИКД МТП определены значения C_a , G , α очага воспаления МТП, позволяющие оценить состояние МТП.

Таким образом, в результате исследований подтверждена возможность обнаружения очагов воспаления МТП на всех стадиях воспаления с применением АПК ИКД МТП.

Библиографический список

1. Рубникович С.П. Лазерно-оптический метод в ранней диагностике микроциркуляторных нарушений в тканях периодонта // Медицинский журнал. 2011. №2. С. 85-88.
2. Заболевания пародонта / Л.Ю. Орехова [и др.]. М.: Поли Медиа Пресс. 2004. 432 с.
3. Мюллер Х-П. Пародонтология, пер. с нем. Львов: ГалДент. 2004. 256 с.
4. Стоматология: Учебник для медицинских вузов и последипломной подготовки специалистов / под ред. В.А. Козлова – Спб.: СпецЛит.2003.477 с
5. Цепов Л.М., Николаев А.И., Михеева Е.А. Диагностика, лечение и профилактика заболеваний пародонта (3-е изд., испр. и доп.). М.: МЕДпресс-информ. 2008. 272 с.
6. Патент 2115927 РФ, G01N33/ 483. Способ получения изображения твердых и мягких биотканей/ Жаров В.П., Спиридовон И.Н., Шошенский А.М.; МГТУ им. Н.Э. Баумана - N 93049562/14; Заяв. 28.10.1993; Опубл. 20.07.1998, Бюл. N20
7. Near-infrared transillumination at 1310-nm for the imaging of early dental decay / R.S.Jones [et al.] // Optics Express. 2003. Vol. 11, No. 18. P. 2259-2265.
8. Грудянов А.И., Зорина О.А. Методы диагностики воспалительных заболеваний пародонта: Руководство для врачей. - М. ООО Издательство «Медицинское информационное агентство», 2009. –113 с.
9. Оптическая биомедицинская оптика (в 2 т.),пер. с англ./В.В. Тучин [и др.]. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2007. Т.1. 560 с.
10. Колпаков А.В., Головцова К.Ю., Зорина О.А., Спиридовон И.Н. Исследование инфракрасных изображений очагов воспаления в мягких тканях пародонта // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии-ФРЭМЭ 2016: Доклады XII МНК с элементами научной молодежной сессии, Владимир-Сузdalь, 4-7 июля 2016 г.– Владимир, 2016. – Книга 2. – С. 54-56.
11. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера. 2005. 1072 с.

DEVELOPMENT OF THE HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX OF INFRARED TRANSILLUMINATION OF SOFT TISSUE OF PARODONT

Kolpakov A.V.

Bauman Moscow State Technical University named after N.E. Bauman,
kolpakovalex@yandex.ru

The article presents the development of a complex of infrared transillumination of soft periodontal tissues. The application of the method of infrared transillumination (ITD) in dental practice for the diagnosis of inflammatory diseases has been substantiated. The dependence of the quality of infrared images of inflamed sections of soft periodontal tissues (SPT) on the characteristics of probing radiation was studied. Algorithms of automatic detection of inflammatory foci of MTP were developed. The mock-up of the of a complex of infrared transillumination of soft periodontal tissues has been tested.



КВАЛИГЕНЕТИКА ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ ИЛИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПЕРЕНОС МОДЕЛЕЙ

Крылов В.П., Богачев А.М., Пронин Т.Ю.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, v_p_krylov@vlsu.ru

Практика испытаний полупроводниковой электронной компонентной базы (ЭКБ) свидетельствует о том, что разброс по надежности в партии может составлять 2-3 и более порядков [1]. Этим обстоятельством обусловлен интерес к так называемым альтернативным диагностическим методам отбраковки потенциально ненадежных изделий. Эти методы рассматриваются сегодня как дополнение к техническим условиям (ТУ) на ЭКБ. Следует заметить, что ТУ на ЭКБ ответственного применения уже содержат требования по проведению ряда отбраковочных испытаний, результатом которых может быть полное изъятие производственной партии

изделий из ответственного заказа, либо так называемая «чистка» партий ЭКБ с целью изъятия потенциально ненадежных экземпляров.

Заказчики в погонах весьма трепетно относятся к такому виду отбраковочных испытаний ЭКБ как электротермотренировка (ЭТТ). Надо полагать, что при этом имеет место порою неосознанный перенос моделей из спортивной медицины – тренированный солдат в глазах отцов-командиров всегда лучше среднестатистического новобранца. В то же время этот затратный во всех отношениях (электроэнергия, производственные площади, громоздкое стендовое оборудование) вид отбраковки базируется на теоретической базе, заложенной еще в позапрошлом веке трудами нобелевского лауреата Сванте Аррениуса. Однако если внимательно почитать труды этого шведского ученого, то можно обратить внимание на его оговорку относительно отсутствия катализаторов в химических реакциях при изменении температуры окружающей среды, как условия применимости знаменитого уравнения Аррениуса для обоснования ускоренных испытаний и отбраковки с помощью ЭТТ. Проблемы получения особо чистых материалов всем хорошо известны.

Когда речь идет об обеспечении безотказности ЭКБ беспилотных космических аппаратов с длительными сроками активного существования на орбите, то вполне уместно сопоставить рекордные успехи профессиональных (тренированных) спортсменов и продолжительность их активной жизни. Отсюда следуют призывы Минздрава для большинства населения заниматься оздоровительной физкультурой, а не стремиться к рекордам. А отдельным гражданам, в том числе школьникам и студентам, рекомендуется по медицинским показаниям вообще заниматься физкультурой по специальным программам с облегченными физическими нагрузками. Почему бы не задуматься о переносе моделей из медицины в производство высоконадежной ЭКБ?

Термин «квалигенетика», или «генетика качества», в названии доклада, на наш взгляд, не должен вызывать удивление и тем более отторжение [2]. Электроника уже позаимствовала немало терминов из медицинской науки. Например, живучесть (не путать с надежностью), или чума: пурпурная чума (дефект микросварных соединений золотых проводников и алюминиевой металлизации), оловянная чума (фазовое превращение олова в припоях, особенно в бессвинцовых).

Разработчики сложных систем вольно или невольно копируют структуру биообъектов и даже сухая терминология (центральный процессор, периферийный процессор и т.д.) ассоциируются с живым организмом – с центральной и периферической нервными системами [2]. Как и в живой природе, в полупроводниковой электронике существует наследственность и, если хотите, гены качества, на роль которых в определенной степени претендуют так называемые глубокие уровни в запрещенной зоне полупроводника [3]. Они, в свою очередь, обусловлены глубокими центрами: посторонние примеси, дефекты кристаллической структуры, последствия радиационного облучения и т.д. Их роль неоднозначна: некоторые из них, например атомы золота, способны при весьма малых относительных концентрациях существенно повысить быстродействие полупроводниковых диодов. Увеличение концентрации глубоких центров золота приводит к нежелательному росту обратных токов и деградации диодов.

В работах по диагностике качества полупроводниковой ЭКБ используется термин «потенциальный дефект», по отношению к которому следует определять информативный с точки зрения потенциальной надежности параметр ЭКБ. Если между потенциальными дефектами и диагностическими параметрами может существовать детерминированная связь, то между дефектами и последующими отказами связь вероятностная, ибо иммунодефицит – не обязательно болезнь. Многое зависит также и от сочетания условий эксплуатации.

На рисунке 1 приведены результаты контроля серийных полупроводниковых диодов КД-521 производства белорусского завода «Цветотрон» с помощью метода емкостной релаксационной спектроскопии глубоких уровней. Результаты приведены в виде так называемых частотных сканов – зависимостей сигнала на выходе коррелятора (DLTS) от частоты следования импульсов заполнения глубоких уровней носителями заряда (электронами или дырками) при постоянной температуре -10°C .

Исследования выполнены с помощью измерительно-вычислительного комплекса релаксационной спектроскопии глубоких уровней (ИВК РСГУ), разработанного на кафедре «Биомедицинские и электронные средства и технологии» ВлГУ. В составе ИВК РСГУ модернизированный спектрометр DLS-82E фирмы SemiLab, климатическая камера S-1.2B-3200 фирмы Thermotron Industries, цифровые генераторы и измерители с внешним компьютерным управлением, а также аналого-цифровой преобразователь собственной разработки. Контейнер для образцов, изготовленный в Физическом институте им. П.Н. Лебедева РАН, снабжен набором контактирующих устройств, разработанных во ВлГУ. Это позволяет работать как с классическими образцами РСГУ в виде фрагментов полупроводниковых пластин, так и с корпусированными полупроводниковыми приборами, включая интегральные полупроводниковые схемы различной степени интеграции и конструктивного исполнения. Высокую точность регистрации температуры обеспечивает встроенный в контейнер платиновый термистор, включенный по четырехпроводной схеме измерений.

Обращает на себя внимание (см. рис.1) весьма существенный разброс характеристик ГУ в пределах одной партии поставки ЭКБ, наглядно свидетельствующий об известных проблемах контроля режимов диффузии золота, вводимого для повышения быстродействия кремниевых диодов.

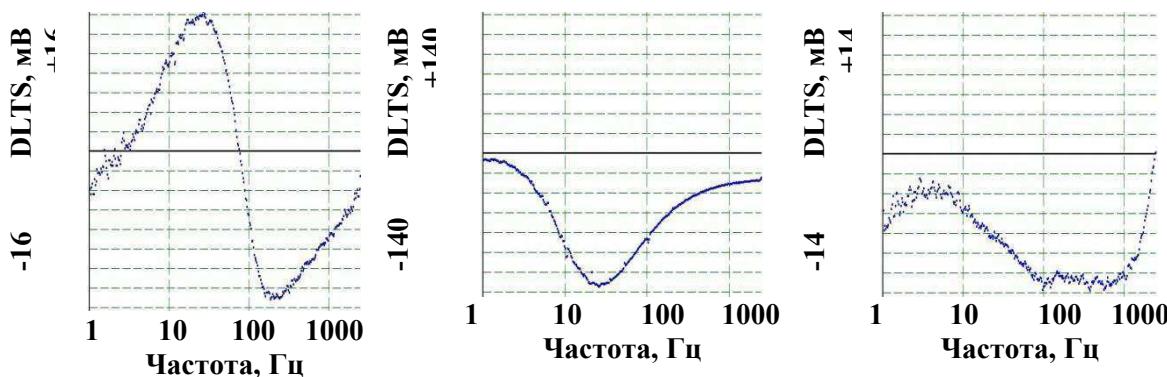


Рисунок 1 - Частотные сканы диодов КД-521А

Если в медицине и окромедицинских кругах обсуждается моральный аспект использования знаний о генах смерти человека, то применительно к полупроводниковой ЭКБ все значительно проще в моральном плане, но непросто в научно-техническом, поскольку аналогии, к сожалению, не являются инструментом, позволяющим быстро решить задачи поиска причин отказов.

Стратегия контроля качества по принципу от общего к частному, основанная на переносе моделей, не может, разумеется, дать быстрых и одновременно суперэффективных результатов. Требуется объединение усилий специалистов в области физики полупроводников и технологов полупроводникового производства при соответствующей поддержке заинтересованных заказчиков [4].

Библиографический список

1. Горлов, М. И. Современные диагностические методы контроля качества и надежности полупроводниковых изделий / М. И. Горлов, В. А. Сергеев; под науч. ред. М. И. Горлова. - 2-е изд. - Ульяновск: УлГТУ, 2015. - 406 с.
2. Крылов, В.П. Квалигенетика полупроводниковой ЭКБ: фантастика или необходимость? Некоторые аспекты обеспечения качества полупроводниковой ЭКБ. / Крылов В.П. // Электронные компоненты, №10, 2015г., с.22-25.
3. ASTM F 978 - 02 Standard Test Method for Characterizing Semiconductor Deep Levels by Transient Capacitance Techniques // Current edition approved Jan~10, 2002. Originally published as F978 - 86. Last previous edition F978 - 90// Annual Book of ASTM Standards, Vol 10.05.
4. Крылов В.П., Богачев А.М., Пронин Т.Ю., Мищенко А.А. Комплексное моделирование физических процессов и аппаратных преобразований в релаксационной спектроскопии глубоких уровней // Сборник научных трудов I Международной научно-практической конференции «САПР и моделирование в современной электронике» 22-23 ноября 2017 г. / под ред. Л.А. Потапова, А.Ю. Дракина. – Брянск: БГТУ, 2017 . с. 9 – 11.

NAME OF ABSTRACT QUALIGENETICS OF THE ELECTRONIC COMPONENT BASIS OR THE INTERDISCIPLINARY TRANSFER OF MODELS

Krylov V.P., Bogachev A.M., Pronin T.Yu.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, v_p_krylov@vlsu.ru

The problem of ensuring the reliability of semiconductor electronics causes the development of a causal approach to ensuring reliability. The prospects of interdisciplinary transfer of models from medicine to electronics are discussed with the aim of searching for new methods for quality control of electronic products. The results of using deep-level capacitive relaxation spectroscopy for estimating the technological spreads of serial semiconductor diodes are presented.

КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ ПОДДЕРЖКИ КЛИНИКО-ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

Куканов Я. В., Калюжная А. А., Писарева А. В., Николаев А. П.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, НУК РЛМ, кафедра медико-технического менеджмента,
kukanov.yakov@gmail.com, akaluyzhnaya@yandex.ru, pavpav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru

Значение современной лабораторной медицины на сегодняшний день трудно переоценить. Как правило, ни одна методика постановки диагноза в современном мире, вне зависимости от своей принадлежности к медицинской области, не обходится без услуг клинико-диагностических лабораторий (КДЛ). Планирование

эффективного развития и управления лабораторной службой возможны только после объективной оценки настоящего состояния клинико-диагностических лабораторий (КДЛ) учреждений здравоохранения России [2, 4]. Отметим, что большинство методов диагностики полностью основываются на результатах лабораторных исследований [1, 2, 4]. Улучшение качества медицинской помощи невозможно без применения современных технических средств диагностики и лечения [2, 4]. Таким образом на данной области лежит высокая ответственность за результаты своей деятельности. В данной статье рассмотрены проблемы технической поддержки медицинских учреждений. За основу были взяты проблемы клинико-диагностических лабораторий, в которых важна высокая точность результатов и скорость их выполнения [4, 5]. Представлен алгоритм решения данной проблемы, основанный на экспертной системе принятия решений. Данная работа решает проблему, связанную с техническими проблемами медицинских учреждений, ускоряет обнаружение источника технической поломки и соответственно увеличивает качество технического обслуживания и уменьшает денежные затраты медицинского учреждения.

Целью данной работы является улучшение качества технической поддержки, что позволит мгновенно реагировать на технические неисправности и максимально быстро их исправлять по средствам наработанной базы данных.

Любая сознательная и целенаправленная человеческая деятельность предполагает учет её результатов [2, 4, 5]. В связи с вышесказанным задачей нашей работы является создание системы принятия решений для выявления неисправности в медицинском оборудовании при помощи наработанной базы данных. По сей день в некоторых клиниках встречаются ручные методы анализа биоматериала. Однако при больших объемах анализов, которые необходимо провести за рабочий день невозможно обойтись без автоматизированных систем и комплексов, обеспечивающих требуемую производительность и более высокую точность в сравнении с ручными методами анализа. Большинство видов биоматериала характеризуется малыми сроками хранения с момента забора у пациента до проведения анализа. К примеру, срок хранения пробы плазмы крови при соблюдении необходимых условий составляет всего лишь сутки. А в некоторых случаях счёт идёт на часы. Пара десятков минут простоя повышает риск получения недостоверного результата вне зависимости от способа анализа и степени его автоматизации.

Из всего вышеперечисленного к критериям качества работы КДЛ можно отнести два неотъемлемых требования:

1. Непрерывное и оперативное получение результатов анализов.
2. Высокая степень достоверности результатов анализов.

При этом особенно остро выполнение двух этих условий стоит в случаях их применения в экстренной медицине, где несвоевременное получение результатов анализов надзирающим врачом или их недостаточная степень достоверности может привести к серьезным последствиям для здоровья или угрозе жизни пациента. Такие ситуации характерны для реанимационных отделений, перинатальных центров и т.д.

Целью данной работы является улучшение качества технической поддержки, что позволит мгновенно реагировать на технические неисправности и максимально быстро их исправлять по средствам наработанной базы данных.

Любая техника, вне зависимости от своей целевой функции, происхождения, конструкционных особенностей, сложностью применения и т.д. нуждается в средствах обеспечения работоспособности. Таким средством является техническая поддержка.

Техническая поддержка – собирательное понятие, обобщающее собой и охватывающее комплекс мер по обеспечению работоспособности различных технических средств.

Эти средствами могут быть: надзорные, обслуживающие, обучающие и другие мероприятия и действия. Высокотехнологичную техническую поддержку оказывает сервисная служба производителя или дистрибутора оборудования.

Исходя из требований, предъявляемых к клинико-диагностическим лабораториям и лабораторной медицине в целом можно утверждать, что техническая поддержка лабораторной медицинской техники должна быть направлена на получение в ходе анализа биоматериала непрерывных, оперативных и достоверных результатов.

Техническая поддержка КДЛ по любому виду оборудования характеризуется весьма отличительной особенностью, а именно взаимодействием трёх основных звеньев:

1. Оператора оборудования.
2. Инженера оборудования.
3. Методического специалиста (специалиста по продукции).

Таким образом не вызывает сомнения тот факт, что все вовлеченные, как прямо, так и косвенно, члены медицинской деятельности клинико-диагностической лаборатории должны обеспечить максимально возможную бесперебойную и качественную работу всего вверенного им лабораторного медицинского оборудования. Поэтому повышение качества работы сервисных служб всегда будет являться актуальной задачей.

Сроки локализации любой неисправности в простейшем случае напрямую зависят от двух фундаментальных факторов: навыка и знаний инженера и доступности технических средств, и материалов в ходе производственного процесса. Постоянное поддержание необходимого уровня этих факторов позволяет максимально снизить издержки, связанные с локализацией неисправности. Однако, если проблема наличия

технических средств и материалов может быть решена, как правило, в сравнительно короткие сроки, то проблема, связанная с недостатком квалифицированных кадров в компании, зачастую, вызывает серьезные затруднения. Растущее количество оборудования, нуждающегося в услугах технической поддержки (ввод в эксплуатацию, ремонт, техническое обслуживание и т.д.) неминуемо приводит к росту количества запросов, осуществляющихся клиентами и службами-партнёрами в сервисный центр.

Как уже было оговорено ранее, в процессе локализации неисправностей со стороны службы технической поддержки, помимо инженера в нем может принимать участие методист. В большинстве случаев инженер не обладает знаниями методиста и наоборот. Однако неисправность прибора, не позволяющая ему функционировать должным образом, может относиться как к инженерной, так и к методической области. В свою очередь специалисты, ответственные за эти области, как правило, накапливают опыт независимо друг от друга. В случаях с неисправностями, причинами которых могут быть как технические, так и методические причины, это может привести к ситуации, когда при наличии истинно методической проблемы инженер будет до последнего пытаться решить техническую задачу и наоборот. При этом временные издержки неоправданно возрастут.

Разработка методов по решению вышеописанных проблем позволит существенно повысить качество работы сервисных служб в области лабораторного медицинского оборудования. По мнению автора данной статьи, разработка и активное внедрение комплексов, ядром которых будет являться экспертная система, которая открывает оптимальные пути решения вышеуказанных проблем, в деятельность сервисных служб компаний, осуществляющих поддержку лабораторного медицинского оборудования способны в должной мере уменьшить влияние вышеуказанных проблем.

Специфика работы с лабораторным медицинским оборудованием подразумевает подготовку инженера, способного надлежащим образом решать возникающие проблемы, приблизительно в течение одного года.

Во многих крупных компаниях данная проблема решается с помощью активного вовлечения нового работника в производственный процесс в несколько этапов:

1. Изучение технической документации по оборудованию.
2. Ассистирование с помощью опытного инженера в процессе работы.
3. Начало независимой инженерной деятельности после накопления порогового количества опыта.

Стоит отметить, что длительность каждого из этих этапов напрямую зависит от таких обстоятельств, как, к примеру наличие достаточного объема текущих работ, возможность привлекать нового сотрудника к ремонтам и т.д. К примеру, если в текущем периоде отсутствуют сообщения от клиентов о неисправностях или неисправность проявляется на аппарате, к которому необходим командировочный выезд квалифицированного инженера в другой регион, то приобретение опыта новым сотрудником неминуемо затягивается.

Растущее количество оборудования, нуждающегося в услугах технической поддержки (ввод в эксплуатацию, ремонт, техническое обслуживание и т.д.) неминуемо приводит к росту количества запросов, осуществляющихся клиентами и службами-партнёрами в службу технической поддержки. При обработке запросов всех видов, а также в ходе проведения ремонтных процедур служба технической поддержки, как правило, сталкивается со следующими проблемами:

1. Отсутствие единства в действиях инженерного персонала при столкновении с однотипными неисправностями.
2. Проблемы коммуникативного характера.
3. Разница во временных часовых поясах.
4. Квалификационная разница инженерного персонала, участвующего в процессе оказания сервисных услуг конечному потребителю.
5. Текущесть кадров.
6. Существенные сроки, связанные с подготовкой нового инженера.
7. Различия в областях неисправностей, связанных с техническими и методическими проблемами.

Не вызывает сомнений, что разработка методов по решению вышеописанных проблем позволит существенно повысить качество работы сервисных служб в области лабораторного медицинского оборудования. По мнению автора данной диссертации, разработка и активное внедрение комплексов, ядром которых будет являться экспертная система, которая открывает оптимальные пути решения вышеуказанных проблем, в деятельность сервисных служб компаний, осуществляющих поддержку лабораторного медицинского оборудования способны открыть следующие перспективы:

1. Снижение экономических издержек КДЛ и сервисных служб, связанных с поддержанием работоспособности лабораторного медицинского оборудования.
2. Снижение временных издержек КДЛ и сервисных служб, связанных с поддержанием работоспособности лабораторного медицинского оборудования.
3. Возможности для разработки стандартов по каждой технической операции.
4. Создание условий для сбора, обработки и хранения экспертных знаний.
5. Создание условий для разработки программного комплекса, основанного на методах статистического анализа, способного обрабатывать поступающие от оператора данные и давать рекомендации по методам устранения неисправностей.

6. Снижение требований к квалификации инженерного персонала, необходимой для проведения технической процедуры.

7. Создание условий для разработки методических рекомендаций и наглядных пособий, применяемых в процессе подготовки инженерных кадров.

8. Объединение комплекса неисправностей инженерного и методического характера в единый.

Известно, что подобные системы широко применяются во многих инженерных отраслях, однако информации о них в открытом доступе, ввиду сохранения коммерческой тайны, как правило, отсутствует [3, 5].

Основной задачей, решаемой экспертной системой в основе проектируемого комплекса будет оценка вероятностей возможных причин неисправности лабораторного медицинского оборудования. Инженеру нужно будет только ввести необходимые исходные параметры в виде проявляющихся симптомов неисправности. Подобную систему возможно интегрировать на мобильное устройство инженера в виде приложения или программы. Обновление экспертной системы и обмен информацией можно осуществить через центральный удаленный сервер, на котором бы собиралась и анализировалась информация от всех участников инженерной группы в режиме реального времени [3, 5].

Знания, получаемые инженерами в ходе работы по устранению неисправностей, будут адаптированы и интегрированы в базу данных экспертной системы, из которой, впоследствии будет сформирована база знаний (БЗ). Экспертная система будет определять степень вероятности проявления той или иной причины неисправной работы аппарата. Таким образом система будет выдавать точную техническую ошибку и позволит инженерам с любым опытом быстро определять причину поломки.

В данной статье были приведены технические проблемы технического обслуживания и проведено исследование системы работы технической поддержки медицинских учреждений, предложено решение, основанное на экспертной системе принятия решения. Данная работа решает проблему, связанную с техническими проблемами медицинских учреждений, ускоряет обнаружение источника технической поломки и соответственно увеличивает качество технического обслуживания.

Библиографический список

1. Лысова И. А., Нечушкин Ю. В. Диагностика физической подготовленности студентов вузов гуманитарного и технического профиля // Знание. Понимание. Умение. 2012. № 3. С. 270-275.
2. Первушин, Ю. В. Состояние лабораторной медицины в скфо: обеспеченность клинико-диагностических лабораторий округа медицинскими кадрами / Ю. В. Первушин, О. В. Ляинг, С. Ш. Рогова, В. П. Бондарева // В сборнике: Приоритеты развития регионального здравоохранения. Сборник материалов межрегиональной научно-практической конференции. 2016. С. 80-83. 1
3. Писарева А. В., Писарева И. Б. Оценка эффективности применения медицинских информационных систем в учреждениях здравоохранения // В сборнике: Состояние и перспективы развития экономики в условиях неопределенности сборник статей Международной научно-практической конференции. Ответственный редактор А. А. Сукиасян. 2014. С. 216-223.
4. Писарева, А. В. Перспективы импортозамещения медицинского оборудования в России / А. В. Писарева, И. А. Апоплонова, А. П. Николаев, Н. А. Зверев // Саркомы костей, мягких тканей и опухоли кожи. 2015. № 2. С. 44-49.
5. Apollonova, I. A. AUTOMATIZED SYSTEM OF LASER DIFFERENTIAL DERMATOGLYPHICAL DIAGNOSTICS / I. A. Apollonova, I. V. Karasyov., I. N. Spiridonov // В сборнике: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering Coherence Domain Optical Methods in Biomedical Science and Clinical Applications II. sponsors: SPIE, IBOS; editors: V.V. Tuchin, J.A. Izatt, V.V. Tuchin. San Jose, CA, 1998. С. 91-100.

COMPLEX FOR OPTIMIZATION OF TECHNICAL SERVICE OF SUPPORT OF CLINIC DIAGNOSTIC LABORATORY

Kukanov Y. V., Kalyuzhnaya A.A., Pisareva A.V., Nikolaev A.P

Bauman Moscow State Technical University, Moscow,

kukanov.yakov@gmail.com, akaluyzhnaya@yandex.ru, pavpav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru

This article discusses the problems of technical support of medical institutions. The problems of clinical diagnostic laboratories in which high accuracy of results and speed of their implementation is important were taken as a basis. An algorithm for solving this problem based on the expert decision-making system is presented. This work solves the problem related to the technical problems of medical institutions, accelerates the detection of the source of technical failure and accordingly increases the quality of maintenance and reduces the cost of medical facilities.

ОПТИЧЕСКОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ МИКРОЦИРКУЛЯЦИИ КРОВИ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ПРОБЫ

Лапитан Д.Г.¹, Рогаткин Д.А.^{1,2}, Разницын О.А.²

¹ ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт "МОНИКИ" им. М.Ф. Владимира, Москва

² ООО "Центр исследований и разработок ЭОС-Медика", Москва, lapitandenis@mail.ru

Введение. Изучение микроциркуляции крови (МЦК) является одним из перспективных направлений современной медицины, поскольку с нарушениями МЦК ассоциированы многие заболевания, такие как артериальная гипертензия, сахарный диабет (СД), вибрационная болезнь (синдром Рейно) и другие [1]. Многие из них в виде дисфункций микрогемодинамики проявляются уже на ранних стадиях, а сами нарушения микроциркуляции могут быть не только вторичными, но и являться первопричиной заболеваний. В частности, серьезным социально значимым заболеванием, сопровождающимся нарушениями в системе МЦК, является СД [2]. Одним из ключевых звеньев патогенеза инвалидизирующих (ампутация конечностей, хроническая болезнь почек, слепота) и приводящих к смерти осложнений при СД являются системные нарушения микрогемодинамики, а также структурные и функциональные повреждения мелких кровеносных сосудов – микроангиопатии [3]. Однако сегодня в практическом здравоохранении отсутствуют индивидуальные и дешевые инструментальные средства контроля появления и развития микроангиопатий. Существующие приборы диагностики МЦК, например, лазерные доплеровские флюметры (ЛДФ), недостаточно чувствительны для этого, дороги и обладают рядом недостатков. Создание приборов, устраняющих эти недостатки и потенциально пригодных для индивидуального использования (простых в эксплуатации, дешевых и т.д.), является актуальной задачей медицинского приборостроения [4].

Исследование кожной МЦК может быть использовано в ранней и даже доклинической диагностике микрососудистых осложнений [5]. Для оценки общего функционального состояния кожной МЦК и состояния механизмов регуляции тканевого кровотока применяют функциональные нагрузочные пробы на систему микроциркуляции (дыхательную, постуральную, температурную, окклюзионную и др.) и оценивают динамику кровотока во время их выполнения [6-8]. Одной из эффективных функциональных проб является пробы с локальным нагреванием кожи, т.к. она позволяет задействовать максимальное число механизмов регуляции кожного кровотока [3, 5, 9]. Таким образом, целью работы является разработка оптического устройства, позволяющего оценивать параметры кровотока в коже, в том числе, с возможностью проведения тепловой пробы.

Прототип устройства. Для решения данной задачи был разработан прототип диагностической системы с оптической головкой, особенностью которой является применение титановой пластины, равномерно распределяющей тепло от нагревателей по диагностируемому участку кожи. Конструктивно, такой прототип представляет собой настольный вариант оптоэлектронного прибора, в составе которого в едином корпусе размещены блок управления источниками излучения, блок управления нагревательной пластиной, блок электронного управления, блок стабилизации питания и блок приема сигнала, усиленного внутри диагностической головки. Подробное описание работы такого устройства без учета нагревательной пластины представлено в [10]. Оптическая головка устройства с размещенными на ней светодиодными источниками излучения и фотодетектором подключается по жгуту электрических проводов к корпусу системы через разъем. Связь прибора с управляющим компьютером обеспечивается посредством стандартного USB-интерфейса. Общий вид разработанного прототипа диагностической системы и изготовленных к нему оптических головок представлены на рис. 1.

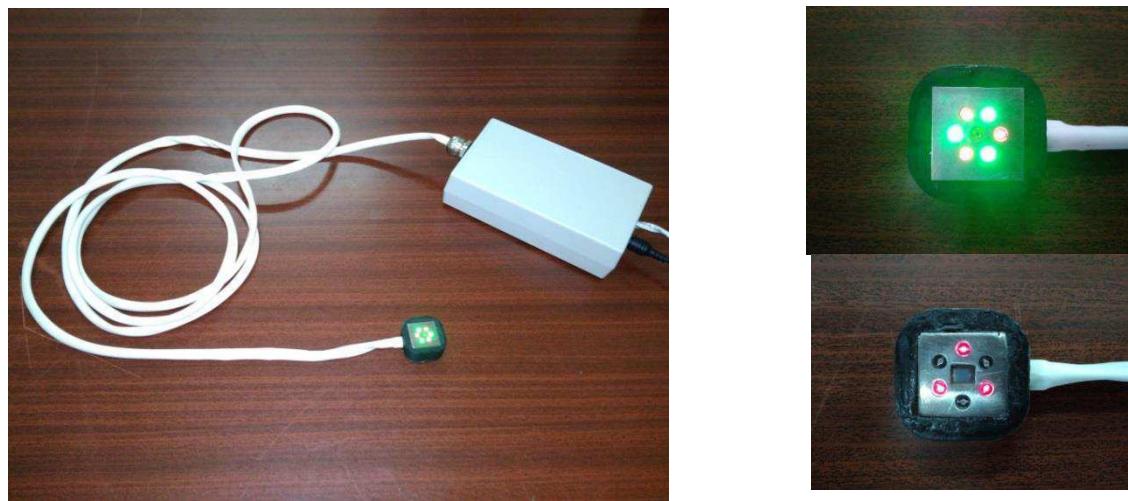


Рисунок 1 - Внешний вид прототипа диагностической системы (слева) и сменных оптических головок со встроенной нагревательной пластиной для выполнения тепловой пробы (справа)

При разработке оптической головки была предложена конструкция для равномерного освещения ткани, в которой по центру головки внутри нагревательной пластины располагается фотодетектор, а вокруг него по радиусу r равномерно расположено не менее 3 источников излучения (см. рис. 2). Такое количество светодиодов позволяет расположить их равномерно по окружности, формируя единый диагностический объем для всех длин волн. Для контроля температуры нагревательной пластины на ней установлен терморезистор, сигнал с которого по цепи обратной связи подается на плату управления нагревателями.

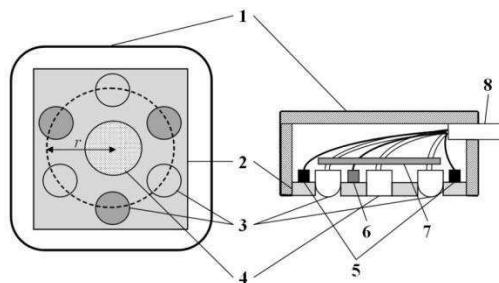


Рисунок 2 - Конструкция оптической головки прототипа диагностической системы для выполнения тепловой пробы: вид сверху (слева) и вид сбоку (справа). 1 – корпус головки, 2 – нагревательная пластина, 3 – светодиодные источники излучения, 4 – фотодетектор, 5 – нагреватели, 6 – терморезистор, 7 – плата усиления сигнала, 8 – жгут электрических проводов

В качестве примера, было изготовлено 2 головки, которые состоят из 6 освещающих оптических источников излучения, расположенных на равном расстоянии друг от друга вокруг принимающего фотодетектора на расстоянии $r = 5$ мм от его центра (см. рис. 1). На первой головке из 6 источников 3 излучают в зеленой области спектра (560-580 нм) и 3 источника – в красной области (630-650 нм). На второй головке 3 источника излучают в красной области спектра (630-650 нм) и 3 – в инфракрасной (ИК) области (800-820 нм). При такой геометрии освещения вклад сигнала от различных источников одинаков, а поворот оптической головки вокруг своей оси не влияет на расположение диагностического объема, и, как следствие, на результаты измерений. Выходы светодиодов установлены на одном уровне с рабочей поверхностью фотоприемника для исключения прохождения света напрямую, минуя диагностируемую ткань. При этом сама оптическая головка выполнена с возможностью крепления на теле человека с помощью ремешка или лейкопластиря так, что рабочая поверхность фотоприемника, светодиодов и нагревательной пластины касаются обследуемой поверхности тела.

Предварительные измерения, проведенные на прототипе данного прибора, показали, что основной проблемой такой конструкции оптической головки является зависимость мощности излучения светодиодов от температуры окружающей их пластины. Наиболее чувствительными к нагреву пластины оказались ИК светодиоды, мощность излучения которых увеличивается с увеличением температуры пластины. Для решения данной проблемы был разработан алгоритм коррекции дрейфа регистрируемого фотодетектором сигнала от ИК светодиодов, позволяющий компенсировать данный эффект (см. рис. 3).

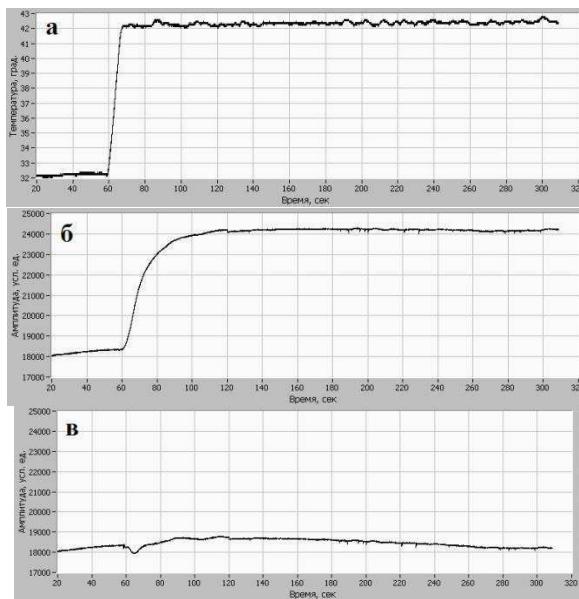


Рисунок 3 - Изменение амплитуды регистрируемого сигнала от ИК светодиодов при нагреве пластины от 32 до 42 градусов: а) температура пластины, б) амплитуда сигнала без коррекции, в) амплитуда сигнала с коррекцией

Прикладная программа для управления работой прототипа и регистрации сигналов создана в среде графического программирования *LabVieW*. Основной функцией программы является обработка, визуализация и запись обратно рассеянных от ткани сигналов, а также управление нагревом пластины. Взаимодействие с прибором происходит с помощью интерфейса VISA. После открытия VISA-сессии и отправления команды на считывание данных из прибора, программа получает данные в виде циклического набора байтов, которые затем преобразуются в значения текущей интенсивности сигнала для каждого измерительного канала. При этом в программе в режиме реального времени выводятся на экран уровни сигналов по каждому спектральному каналу и температура пластины. Вид пользовательского интерфейса программы представлен ниже на рис. 4.

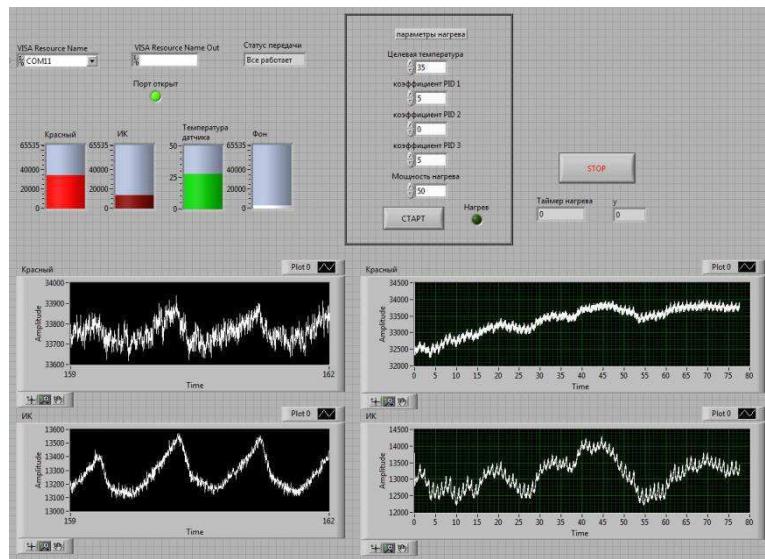


Рисунок 4 - Пользовательский интерфейс программы управления прототипом диагностической системы

Экспериментальные исследования. Разработанный прототип был протестирован на здоровом добровольце, для чего оптическая головка устройства была закреплена на запястье правой руки испытуемого. Сначала в течение двух минут записывался базовый уровень перфузии крови, затем включался нагрев кожи до 42 градусов и еще в течение 5 минут проводилась запись. При этом параметр перфузии вычислялся по методу некогерентной флукутационной спектроскопии [10]. Полученный график представлен на рис. 5.

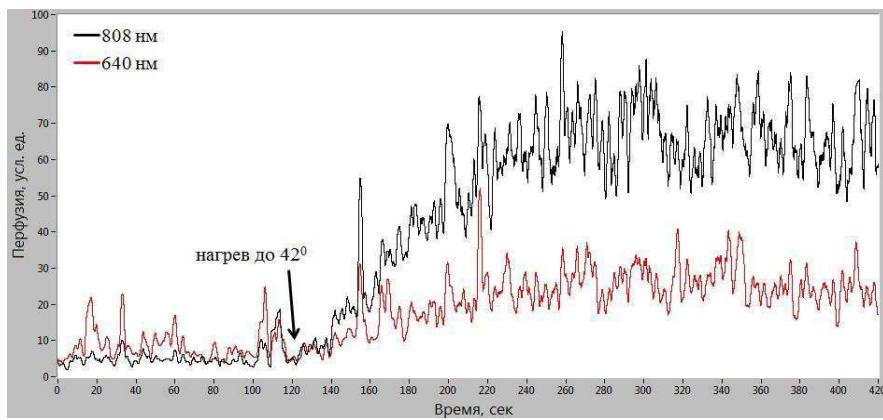


Рисунок 5 - Записи показателя перфузии во время проведения тепловой пробы на здоровом добровольце для длины волн 808 нм (черная кривая) и 640 нм (красная кривая)

Как видно, регистрируемый прибором сигнал перфузии возрастает при нагреве ткани, также как и классический ЛДФ сигнал при таком воздействии [6]. При этом данное увеличение может достигать десятков раз. Сигнал на длине волн 808 нм оказался более чувствительным к нагреву, чем сигнал на 640 нм.

Заключение. Таким образом, разработанное оптическое устройство со встроенной нагревательной пластиной позволяет проводить тепловую пробы на коже человека и отслеживать параметры кожного кровотока в результате ее выполнения. На примере проведения пробы на здоровом добровольце было показано, что сигнал перфузии, регистрируемый прибором, реагирует на нагрев, и, таким образом, является информативным в оценке функционального состояния системы МЦК. При этом в программном обеспечении системы могут быть реализованы и другие методы диагностики, такие как фотоплетизмография, пульсоксиметрия, оптическая

тканевая оксиметрия, абсорбционная спектроскопия и т.д. Последующее экспериментальное развитие данных работ будет проводиться, в первую очередь, в направлении разработки количественных диагностических критерии для оценки функционального состояния кожной МЦК на основе более широких экспериментальных и клинических исследований. Конструкцию прототипа оптической системы необходимо в ходе дальнейших экспериментов оптимизировать, сделать более миниатюрную оптическую головку, более точно обосновать необходимые мощности диодов и т.д. В перспективе головка может быть выполнена с беспроводной связью с основным модулем, например, может быть связана с ним по Bluetooth, что даст больше свободы движения испытуемому.

Библиографический список

1. Поленов С.А. Основы микроциркуляции // Регионарное кровообращение и микроциркуляция, 2008, Т. 7, №. 1, - С. 5-19.
2. Rask-Madsen C., King G.L. Vascular complications of diabetes: mechanisms of injury and protective factors // Cell Metab., 2013, Vol. 17(1). - P. 20-33.
3. Куликов Д.А., Глазков А.А., Ковалева Ю.А., Балашова Н.В., Куликов А.В. Перспективы использования лазерной допплеровской флюметрии в оценке кожной микроциркуляции крови при сахарном диабете // Сахарный диабет, 2017, Т. 20, №. 4. - С. 279-285.
4. Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А. Пути развития приборов диагностики системы микроциркуляции крови человека // 12-я Международная научная конференция «Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016» – Владимир-Сузdal, Россия, Доклады, Книга 2. 2016. - С. 92-95.
5. Cracowski J.L., Roustit M. Current methods to assess human cutaneous blood flow: An updated focus on laser-based-techniques // Microcirculation, 2016, Vol. 23, №. 5. - P. 337-344.
6. Лазерная допплеровская флюметрия микроциркуляции крови / Под ред. А.И. Крупакина и В.В. Сидорова – М.: Медицина, 2005. - 256 с.
7. Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А. Функциональные исследования системы микроциркуляции крови методом лазерной допплеровской флюметрии в клинической медицине: проблемы и перспективы // Альманах клинической медицины, 2016, Т. 44(2). - С. 249-259.
8. Rogatkin D., Shumskiy V., Tereshenko S., Polyakov P. Laser-based non-invasive spectrophotometry - an overview of possible medical applications // Photonics & Laser in Medicine, 2013, V. 2, № 3. - P. 225–240.
9. Jan Y.K., Shen S., Foreman R.D., Ennis W.J. Skin blood flow response to locally applied mechanical and thermal stresses in the diabetic foot // Microvascular research, 2013, Vol. 89. - P. 40-46.
10. Патент на изобретение №2636880 С1 Российская Федерация, МПК A61B 5/026. Устройство для неинвазивного измерения потока микроциркуляции крови / Авторы: Лапитан Д.Г., Рогаткин Д.А. Заявка № 2016151264 от 26.12.2016; опубл. 28.11.2017. Бюл. № 34. - 19 с.

OPTICAL DEVICE FOR FUNCTIONAL DIAGNOSTICS OF THE BLOOD MICRO CIRCULATION WITH THE POSSIBILITY TO PERFORM HEATING TEST

Lapitan D.G.^{1,2}, Rogatkin D.A.¹, Raznitsyn O.A.²

¹ Moscow Regional Research and Clinical Institute "MONIKI" named after M. F. Vladimirskiy, Moscow

² LLT "R&D Center EOS-Medica", Moscow, lapitandenis@mail.ru

The optical system for functional diagnostics of the cutaneous blood microcirculation was developed. The optical head of the system consists of 6 illuminating LEDs, a receiving photodetector and a heating titanium plate. This plate evenly distributes heat from the heaters over the diagnosed skin area. Besides standard functional tests on the blood microcirculation system (respiratory, occlusive, postural, etc.), the device allows to conduct a thermal test and to monitor the parameters of the skin blood flow during its execution. Using the heating plate control unit, it is possible to adjust the heating rate and the target temperature to which it is produced. Control of the heating plate as well as the registration and processing of the backscattered from tissue signals are performed in the *LabView*.

РАЗРАБОТКА БЕЗГЕЛЕВОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ ЭЭГ СИГНАЛА

¹Лахминов К. Д., ²Гаврилов Г. Е., ²Аполлонова И. А.

¹ГБОУ Школа №1474, ²МГТУ имени Н. Э. Баумана

kiromot@gmail.com, gorrdey@gmail.com, apollonova-i@yandex.ru

В современном мире самым распространенным устройством для снятия ЭЭГ сигнала являются гелевые системы электродов. Данные системы электродов позволяют получить высокую точность исследований, однако обладают рядом недостатков: на установку системы уходит много времени, установка требует квалифицированного персонала, время работы не продолжительно. Установка системы занимает много времени, от 40 до 50 минут, время работы же крайне небольшое, от 20 до 30 минут, что не позволяет проводить длительные исследования. Неправильное нанесение геля может привести к

образованию «мостов», что приводит к невозможности считать ЭЭГ с этого участка. Так же гель вызывает дискомфорт у пациента, что может вызвать проблемы при проведении исследований.

Безгелевые системы позволяют проводить длительные исследования (до нескольких часов), менее требовательны к квалификации персонала (не требуется умение нанесения токопроводящего геля) и более комфортны (нет токопроводящего геля на волосяном покрове), однако безгелевые системы электродов подвержены механическим артефактам и синфазной помехе. Так же современные безгелевые системы обладают травмоопасным креплением и травмоопасными электродами. Для решения выявленных проблем нами было разработано безопасное крепление электродов, а также разработана конструкция электродов, сводящая к минимуму риск травм. Был подобран материал для изготовления электродов, который меньше всего подвержен механическим артефактам и не уступает электродам гелевых систем по качеству сигнала.

Материалы электродов.

При подборе материалов электродов были выбраны и протестированы с использованием «виброустановки» семи материалов: карбон, хлор-серебро, хлор-серебро с нанесением геля, латунь, латунь-серебро, латунь-серебро-хлор, золото. Во время опыта считывалась электрическая внутриклеточная активность персика, для этого электроды крепились на персике и проводилось два исследования. В первом случае виброустановка не тряслась персик, что позволяло получить «чистый сигнал». В качестве эталона использовался сигнал с гелевого электрода. После, виброустановку активировали, она начинала трясти персик, и был получен сигнал с учетом механических артефактов [1]. Этот сигнал мы сравнивали с «чистым» и исходя из этого подбиралися материал. По результатам исследований было принято решение использовать латунные стержни, покрытые хлоридом серебра. Этот материал показал наилучшие параметры стабильности сигнала и защиты от механических артефактов (рисунки 1, 2).

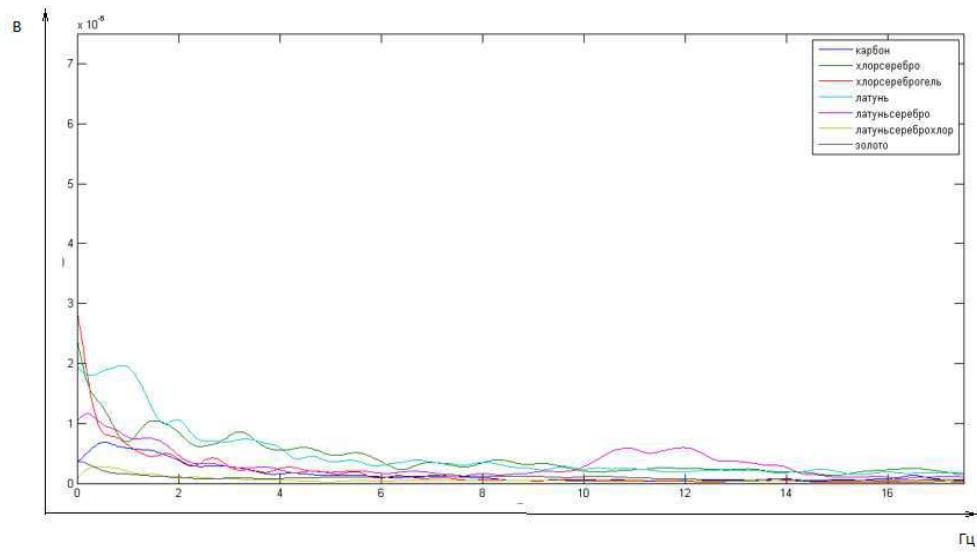


Рисунок 1 – Спектр сигнала с электродов при выключенном виброустановки

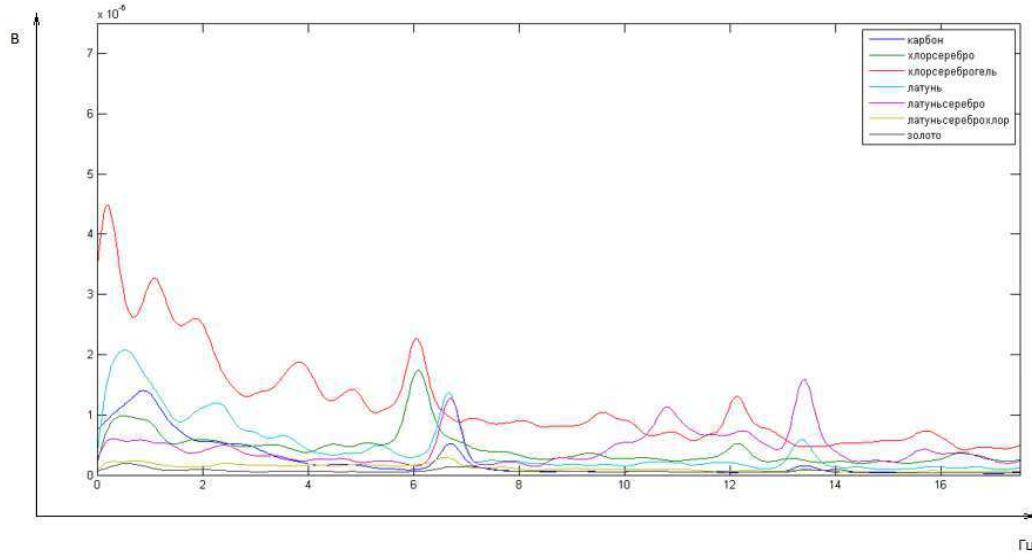


Рисунок 2 – Спектр сигнала с электродов с включенной виброустановкой

Конструкция электродов.

Электроды состоят из девяти стержней длиной по 1,5 см и диаметром 1мм, разнесенных на расстояний 1 мм от соседних. Это позволяет создать достаточную площадь контакта [2]. Диаметра стержней в 1 мм достаточно, чтобы пройти через волосяной покров, и недостаточно, чтобы повредить кожу головы (рисунок 3).

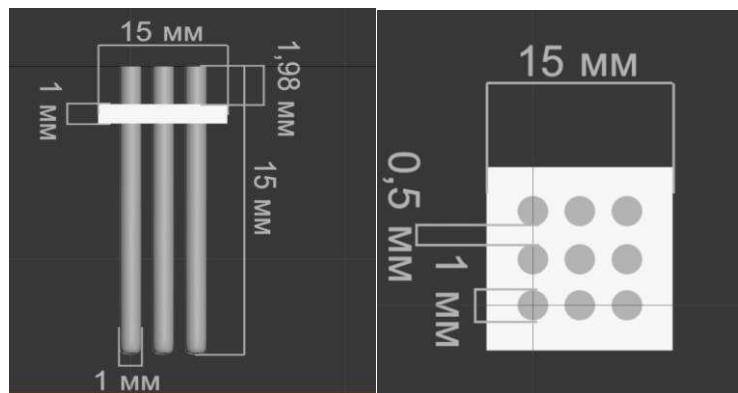


Рисунок 3 – Вид электрода

Крепление электродов.

Платформа – деталь, на которую устанавливается ячейка; Ячейка – деталь, в которую устанавливается электрод; Модуль – деталь, представляющая из себя соединенные ячейку и платформу (рисунок 4).

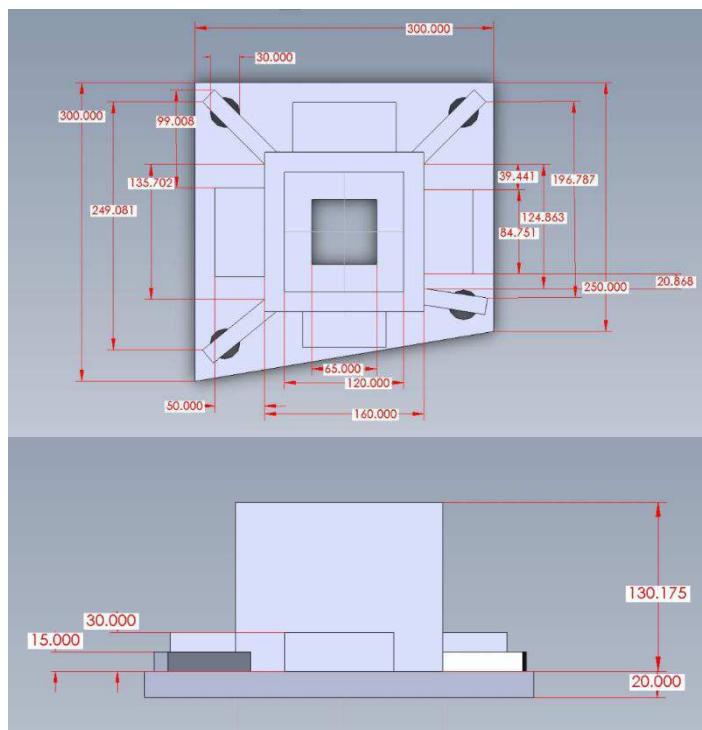


Рисунок 4 – Пример модуля

При создании конструкции делался упор на расположение электродов в модифицированной схеме 10-10. Каждый модуль располагается на точке крепления электродов. Выбор пал на эту схему по причине того, что она покрывает все точки необходимые для различных исследований, что делает систему универсальной.

Соединение деталей.

Ячейки электродов обладают усиками необходимыми для скрепления модулей между собой. В отверстия, расположенные по краям платформ, продевается жгутик, набрасывается на усик ячейки и продевается обратно в отверстие. Модули соединяются по линиям (в системе 10-10), а после линии соединяются между собой эластичным материалом. Данный тип скрепления деталей позволяет без использования дополнительных средств получить крепкую и надежную конструкцию.

Крепление электродов в ячейках.

Внутренние размеры ячеек не позволяют шататься электродам и крепко их держат. Безопасность обеспечивает эластичный материал, благодаря которому электроды держатся. В случае чрезмерного давления на них электрод вдвигается в ячейку, не причиняя вреда пациенту и продолжая работу.

Разработка креплений.

При разработке крепления необходимо было добиться жесткости конструкции шлема и масштабируемости. Модули соединяются между собой жгутами, что позволяет добиться масштабируемости. Использование платформ позволяет добиться стабильного положения модулей и создает необходимую жесткость конструкции. Так же использование платформ позволяет равномерно распределить давление, что в сумме с «вдвигаящимися» электродами позволяет проводить длительные исследования сна, увеличивает комфорт и безопасность исследований.

Безопасность.

Электроды держатся внутри ячеек за счет эластичного подвеса. При избыточном давлении на электрод, он вдвигается внутрь, не причиняя вреда человеку. Для создания деталей крепления применялся PLA пластик, так как в сравнении с другими пластиками для 3D печати, данный пластик гипоаллергенный, что повышает безопасность пациента в ходе исследований. Платформы модулей не обладают острыми частями, так же из-за конструкции платформы внешнее давление равномерно распределяется по всему креплению, не нанося вреда пациенту. Предлагаемая нами безгелевая система может помочь различным специалистам из различных областей. Медицинским учреждениям система поможет увеличить количество обследуемых больных, снизить требования к квалификации персонала, вплоть до того, что больному не придется находиться в стационаре для мониторинга состояния, так как с этим смогут справиться родные пациента. Исследователям данная система будет полезна из-за высоких показателей комфорта для испытуемых и простотой установки.

Результат испытания системы электродов.

Было проведено испытание безгелевой системы электродов на человеке. Было произведено снятие альфа ритма человека при помощи электрода O1, для сравнения рядом с электродом O1 располагался гелевый электрод с которого также регистрировался сигнал. В качестве референта использовался сигнал с мочки уха. Сравнивались следующие сигналы: мышечный артефакт (сокращение челюстных мышц), альфа ритм (испытуемый закрывал глаза), состояние покоя. Исследование показало, что разработанная система не имеет погрешности измерения относительно гелевой системы (рисунки 5-7).

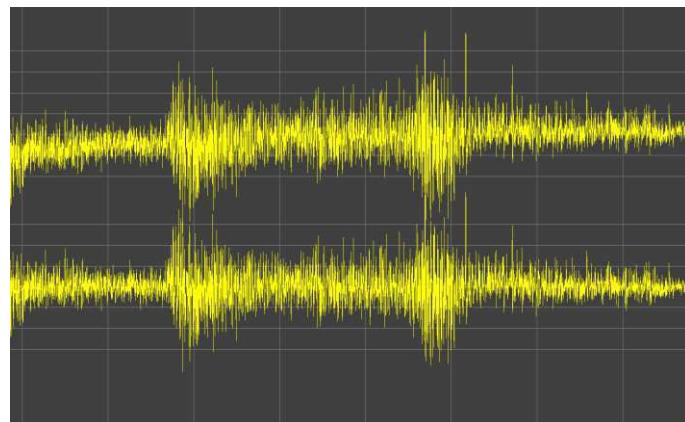


Рисунок 5 – Мышечный артефакт (сверху – сигнал с сухого электрода, снизу – с гелевого)

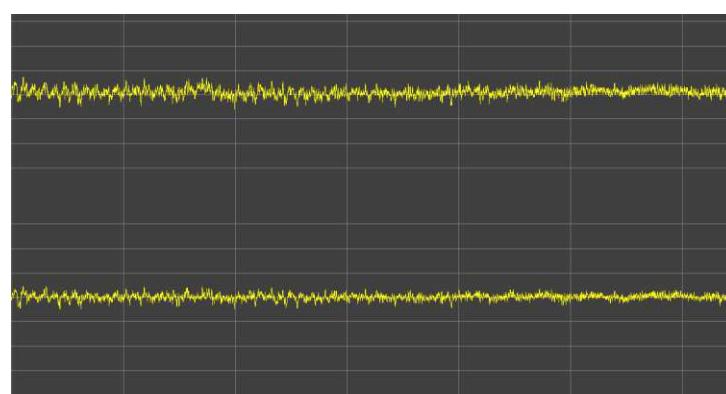


Рисунок 6 – Альфа ритм (сверху – сигнал с сухого электрода, снизу – с гелевого)

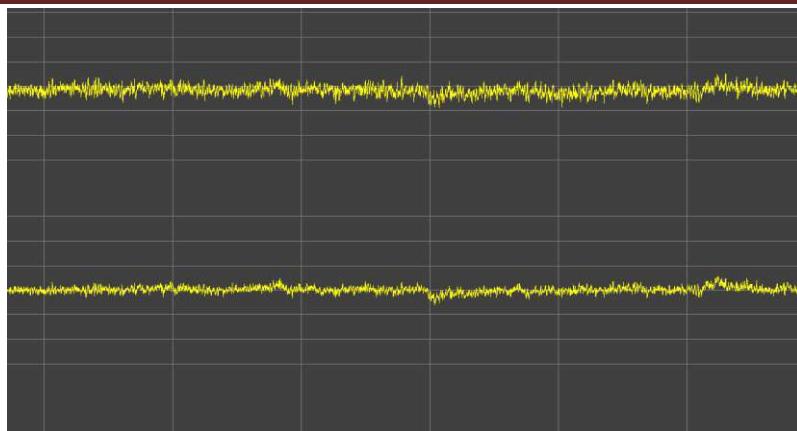


Рисунок 7 – Расслабленное состояние (сверху – сигнал с сухого электрода, снизу – с гелевого)

Перспективы развития.

В дальнейшем будет необходимо доработать крепление для возможности промышленной сборки.

Разработанная нами безгелевая система электродов позволяет в сравнении с гелевыми системами:

- проводить ЭЭГ исследования без применения токопроводящего геля;
- проводить длительные исследования;
- снизить время обследований;
- снизить требования к квалификации персонала;
- повысить комфорт пациентов.

В сравнении с безгелевыми системами данная система позволяет проводить безопасные исследования за счет конструкции сводящей к минимуму риски травм.

Библиографический список

1. Гусельников В. И. Электрофизиология головного мозга. — М.: Высшая школа, 1976, 280 с.
2. Орлов Ю.Н., Электроды для измерения биоэлектрических потенциалов. – «Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана», М., 2006, 224 с.

DEVELOPMENT OF A VERY FREE ELECTRODE SYSTEM FOR REGISTRATION OF EEG SIGNAL

Apollonova I.A., Lakhminov K.D. Gavrilov G.E.

Moscow State Technical University named after NE Bauman (National Research University),
kiromot@gmail.com, gorrdey@gmail.com, apollonova-i@yandex.ru

The actual project is dedicated to the development of a gel-less electrode system for capturing EEG signals. During the work it is planned to conduct a literature analysis of characteristics of brain's electrical activity and of existing measurement converters for the capture of EEG signals, do a comparison of advantages and drawbacks of gel and gel-less electrode systems and develop a list of necessary conditions for the gel-less electrode systems for capturing EEG signals. Which will allow for a development of previously mentioned gel-less electrode systems, their technical realization, calculation of their construction and execution of selection of materials; moreover, develop a method of reading EEG signals by the created method



БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА СТИМУЛЯЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОНЕЙРОМИОГРАФИИ

Спириянов С.А., Марычев С.Н.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), группа П-114, sspiryanov@gmail.com.

Электронейромиография (ЭНМГ) – это исследование, применяющееся для диагностики заболеваний и поражений спинного мозга, периферической нервной системы (периферических нервов) и/или скелетных мышц. Оно позволяет определить уровень и характер поражения нервной или мышечной ткани, на основании чего врач может выставить диагноз и назначить необходимое лечение.

Суть метода заключается в искусственной стимуляции электрическим током определенных периферических нервов. Электроды (генерирующие электрические импульсы) накладываются на поверхность кожных покровов в тех местах, где проходят исследуемые нервы. При этом с помощью специальных электродов и компьютерной аппаратуры вычисляется скорость проведения нервного импульса по исследуемому нерву. В нормальных условиях каждый нерв проводит импульсы с определенной скоростью.

Если же данная скорость изменяется, это может свидетельствовать о поражении нерва. Также при стимуляционной ЭНМГ регистрируется выраженность мышечного ответа (мышечного сокращения), возникающего при подаче электрического импульса. Если какой-либо периферический нерв поражен (в результате травмы или другого заболевания), скорость проведения импульса по нему замедлится. Если же он полностью перерезан или сдавлен, импульс по нему не будет проводиться вообще, что будет выявлено в процессе исследования при стимуляционной ЭНМГ.

Стимуляцию и регистрацию ответа мышцы проводят с помощью поверхностных электродов. В качестве отводящих электродов используют стандартные кожные хлорсеребряные ($AgCl$) дисковые или чашечковые электроды.

Анализ разных методов диагностики, в том числе ультразвуковых, электрофизических и т.д. показывает, что стимуляционная электронейромиография дает возможность наиболее адекватно оценить функциональную целостность нервно-мышечного аппарата [1].

На данный момент стимуляционная электронейромиография является одним из важнейших методов диагностики нервно-мышечных заболеваний в медицине, что делает актуальным разработку и развитие технических средств, действованных в ней.

В настоящее время рынок заполнен дорогостоящими многофункциональными приборами, которые сложны в использовании и требуют высококвалифицированного персонала. В связи с этим актуальным является разработка узконаправленного, дешевого и простого в эксплуатации прибора для измерения скорости проведения нервных волокон.

Проектируемый прибор для измерения скорости распространения возбуждения по нервному волокну должен иметь следующие параметры: диапазон амплитуд входного сигнала: 0,25...1 мВ; частотный диапазон: 1...5000 Гц; отношение сигнал/шум 10^{-4} ; погрешность: $\leq 2\%$; питание 220 В, 50 Гц; стимуляция токовыми импульсами амплитудой до 60 мА, частотой 1 Гц; выход на цифровое табло и ПЭВМ.

В результате проведенного анализа были сформулированы дополнительные требования: гальваническая развязка по цепям питания для обеспечения безопасности пациента; применение высокоомных входных каскадов усилителей (до 10 МОм) для работы с электродами, имеющими внутреннее сопротивление порядка 10 кОм. [2]

В процессе разработки предложена следующая структурная схема прибора (рис.1)

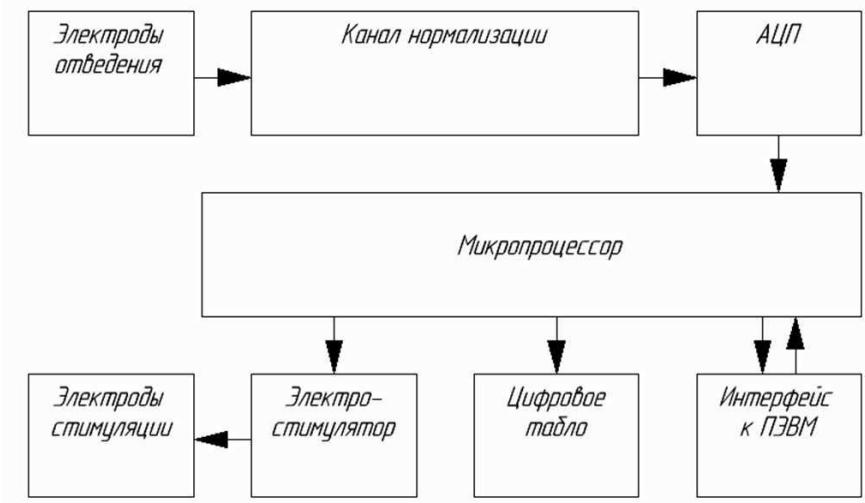


Рисунок 1 – Структурная схема прибора

На данной схеме:

1. Электроды отведения.

Поверхностные дисковые электроды, осуществляют съем сигнала с пациента.

2. Канал нормализации.

Осуществляет фильтрацию частот сигнала и его усиление до входного уровня АЦП

3. Микроконтроллер.

Осуществляет обработку сигнала, запись результатов измерения в память и вывод их на цифровое табло, управление стимулятором. Через интерфейс к ПЭВМ – осуществляется передача данных компьютеру и прием данных от него.

4. Электростимулятор

Вырабатывает ток для воздействия на нервные волокна испытуемого.

5. Электроды стимуляции.

Поверхностные дисковые электроды, через них осуществляется стимуляция пациента токами.

На основе структурной схемы разработана функциональная схема (рис.2)

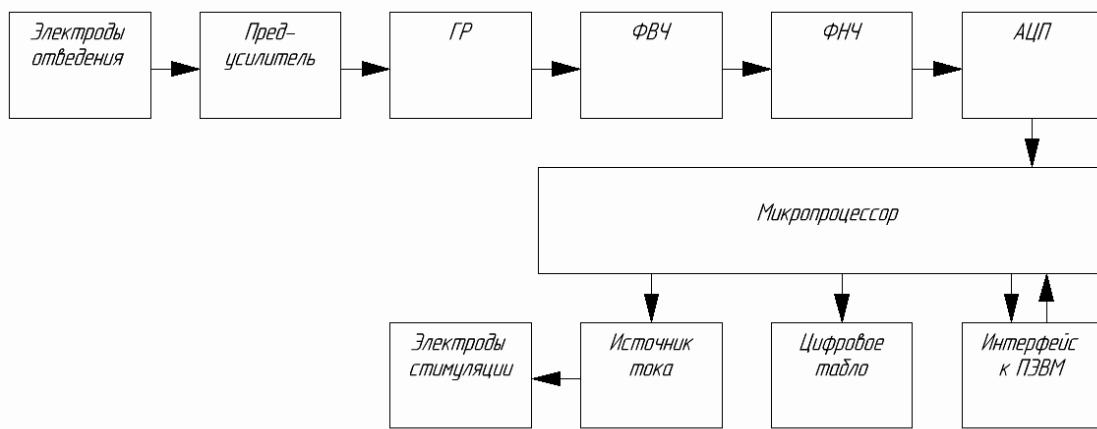


Рисунок 2 – Функциональная схема прибора

1. Электроды отведения.

На данной схеме электроды отведения – поверхностные дисковые электроды, имеющие высокое внутреннее сопротивление. С них сигнал поступает на предусилитель. Максимальная амплитуда сигнала на этом этапе составляет 1 мВ.

2. Предусилитель.

Предусилитель обеспечивает подавление синфазной составляющей сигнала и осуществляет усиление сигнала. Он должен иметь высокое входное сопротивление (до 10 МОм) для работы с высокоомными электродами.

3. Схема гальванической развязки. В качестве гальванической развязки выбираем оптопару. Оптронная развязка характеризуется высоким уровнем гальванической изоляции между входными и выходными цепями. При этом сигнал на выходе развязки соответствует по уровню сигналу на входе [3].

4. Фильтр верхних частот.

Необходим для устранения низкочастотных помех и постоянной составляющей, не несущей информацию при электронейромиографическом обследовании.

5. Фильтр нижних частот

Предназначен для устранения высокочастотных помех входного сигнала и для снижения интермодуляционных искажений, вызванных перекрытием спектра полезного сигнала и спектра сигнала дискретизации. Также он дополнительно улучшает качество сигнала.

6. Микроконтроллер.

Микропроцессор осуществляет обработку сигнала, запись результатов измерения в память и вывод их на цифровое табло, управление стимулятором. Через интерфейс к ПЭВМ – осуществляется передача данных компьютеру и прием данных от него. Результаты измерений записываются во внутреннюю память микропроцессора.

7. Источник тока.

Вырабатывает импульсы регулируемой величины для воздействия на нервные волокна пациента.

9. Электроды стимуляции.

Поверхностные дисковые электроды, через них осуществляется стимуляция пациента токами.

10. Цифровое табло.

Осуществляет вывод цифровой информации.

11. Интерфейс к ПЭВМ

Осуществляет передачу данных компьютеру и прием данных от него.

В условиях поставленной задачи в соответствии с сформулированными требованиями микроконтроллер должен иметь следующие характеристики: разрядность встроенного АЦП не меньше 8; частота дискретизации АЦП не меньше 20кГц; наличие порта USB для передачи данных компьютеру; наличие порта UART для вывода данных на цифровое табло; наличие встроенного ЦАП разрядностью не меньше 8; иметь достаточное количество портов обслуживания прерываний.

Данным требованиям удовлетворяет микроконтроллер LPC2364FBD100.551 – микроконтроллер, основанный 16/32-битном ядре ARM7TDMI-S. Отличительными особенностями этих контроллеров является наличие встроенной высокоскоростной флэш-памяти (FLASH) и статической памяти (SRAM), большой набор периферийных узлов и модулей, включая порты USB 2.0. Микроконтроллеры LPC2364FBD100.551 содержат 8-канальный аналогово-цифровой преобразователь разрешающей способности 10 бит. Максимальная частота дискретизации, обеспечиваемая АЦП, достигает 400 тыс. отсчетов в секунду. Также в нем имеется встроенный ЦАП разрядностью 10.

На рис.3 приведен алгоритм работы микроконтроллера

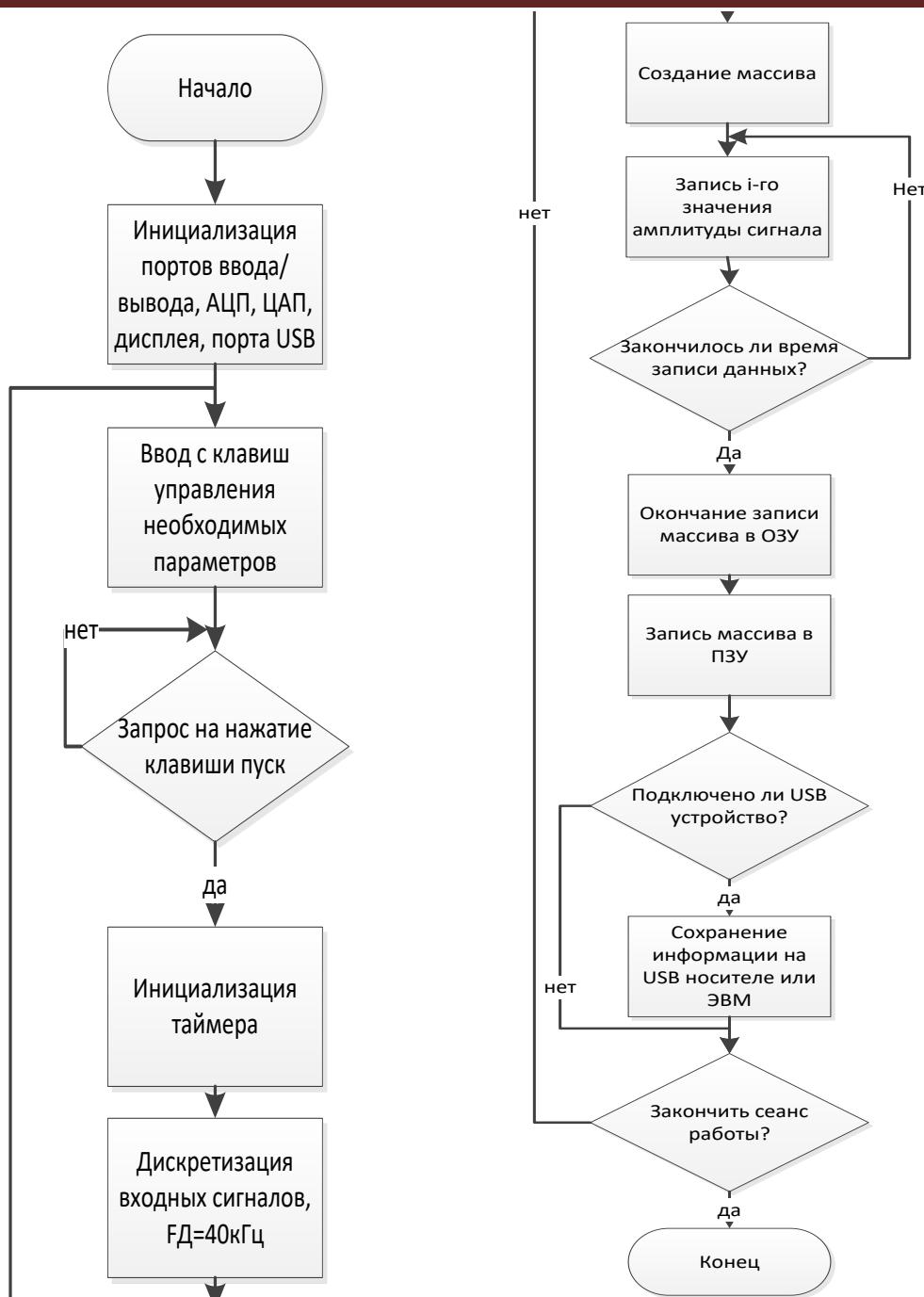


Рисунок 3 – Алгоритм работы микроконтроллера

Для гальванической развязки предлагается схема, реализованная на микросхеме HCNR200. HCNR200 – высоколинейный аналоговый оптрон, состоящий из высококачественного AlGaAs светодиодного излучателя и двух близкорасположенных фотодиодов. Вход фотодиода может использоваться для отслеживания и стабилизации оптической мощности светодиода. В результате чего практически устраняется нелинейность и разброс параметров светодиода. Ток на выходе фотодиода линейно зависит от мощности излучения светодиода. Близко расположенные фотодиоды и усовершенствованный конструктив корпуса гарантируют высокую линейность и стабильные характеристики работы оптрана[3].

Фильтр верхних частот необходим для ослабления постоянной составляющей, не являющейся информативным параметром электронейромиограммы. В качестве фильтра верхних частот будем использовать фильтр Баттерворт 2-го порядка. Который имеет в данном случае следующие преимущества: не искажает сигналов по амплитуде в полосе пропускания, что является важным для измерения амплитуд сигналов; имеет значительную скорость спада – 40 дБ/дек, что важно для пропускания низкочастотных составляющих полезного сигнала. При расчете фильтра нижних частот учитывалось перекрытие амплитудно-частотной характеристики фильтра и спектра сигнала опроса данных, что может вызвать интермодуляционные искажения.

Для реализации токового стимулятора используем источник тока на основе операционного усилителя и биполярного транзистора. Управление током будет осуществляться напряжением с ЦАП микроконтроллера,

при этом максимальная амплитуда управляющего напряжения $V_{REF} = 2\text{В}$. Сопротивлением нагрузки для источника тока является сопротивление тела человека между электродами. Оно имеет значение порядка 1 кОм [2]. Ток, вырабатываемый стимулятором, должен принимать значения до 60 мА . Схема источника тока на одном операционном усилителе и биполярном транзисторе дает возможность получать токи до 100 мА [4].

В качестве цифрового табло выберем графическую панель DG-24128-05. Дисплей панели имеет встроенный контроллер. Такие дисплеи часто применяются для создания пользовательских интерфейсов в автоматизированных системах управления технологическими процессами, мониторов состояния больных и многих других областях.

Для питания микроконтроллера LPC2364FBD100.551 и микроконтроллера графической панели DG-24128-05 необходимо однополярное напряжения 5 вольт . Для питания дисплея необходимо однополярное напряжение питания -15 В . Для питания операционных усилителей K140УД17А и K140УД26 необходимо двухполарное напряжение $\pm 15\text{ В}$. Для нагрузочного выхода источника тока необходимо напряжение питания $+60\text{ В}$. Все эти напряжения питания можно получить используя трансформаторный источник питания на трансформаторе ТАН-34-127/220-50, диодных мостах и стабилизаторах напряжения KP142ЕН22 и KP1157ЕН5В.

Общая погрешность системы, рассчитанная по методике [5] и учитывающая погрешности предварительного усилителя, фильтров и АЦП составляет $0,8\%$.

Предлагаемая биотехническая система позволяет осуществлять стимуляцию токовыми импульсами до 60 мА с регулируемой частотой следования, измерить скорость распространения возбуждения по нервным волокнам, получить результат с необходимой точностью, записать его в память устройства и отправить его на обработку в ПЭВМ. Погрешность измерения разработанного электронейромиографа не превышает величины погрешности, заданной по техническому заданию.

Библиографический список

1. Артемонова Н. М. Стимуляционная электромиография: Учебное пособие для врачей функциональной диагностики, врачей-неврологов, травматологов, эндокринологов – Рязань.: РИО РязГМУ, 2013. – 80с.
2. Попечителев Е.П. и др. Медицинские приборы, аппараты, системы и комплексы: Учебник – Курск: ИПП Курск, 2009. 986с.
3. Гребнев, А. К. Гридин В. Н., Дмитриев В. П. Оптоэлектронные элементы и устройства / Под. ред. Ю. В. Гуляева. — М.: Радио и связь, 1998. — 336 с.
4. Хоровиц П., Хилл У. Искусство схемотехники в 2-х томах. Том 1. Монография.Перевод с английского/Под .ред. М.В.Гальперина. Москва: Мир, 1986.
5. Садовский Г.А. Основы теории погрешностей измерительных устройств: Учебное пособие. Рязань: РРТИ, 1981. – 84с.

BIOTECHNICAL SYSTEM OF STIMULATION ELECTRONEUROMYOGRAPHY

Spiritnow S. A., Marychev S. N.

Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov (VlSU),
P-114 group, sspiryanov@gmail.com.

The report deals with the biotechnical system of registration of the expression of the muscle response (steady-state reduction) that occurs when an electric pulse is applied. Currently, stimulation electroneuromyography is one of the most important methods of diagnosis of neuromuscular diseases in medicine, which makes it important to develop and develop the technical means involved in it. Structural and functional schemes of the device are given. As galvanic isolation of the selected opto-couple. The optronic isolation is characterized by a high level of galvanic isolation between input and output circuits. At the same time, the signal at the output of the junction corresponds to the level of the signal at the input. The choice of microcontroller is justified Describes the features of the filters of the lower and upper cache. The choice of the graphic panel is made. The algorithm is given. sampling and data processing, the Proposed device allows to carry out stimulation with current pulses with an adjustable repetition rate, to measure the rate of excitation propagation along nerve fibers, to obtain a result with the necessary accuracy, to write it to the device memory and send it for processing.



ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПРОИЗВОДСТВА ВИРТУАЛЬНЫХ СЛАЙДОВ

Б.С.Медовый, Б.З.Соколинский, А.М.Пятницкий, Г.Д.Волков, А.В.Медведевских

ООО «Медицинские компьютерные системы (МЕКОС), Москва

info@mecos.ru

Сканирующие микроскопы (СМ) светового диапазона, предназначенные для производства цифровых копий препаратов - виртуальных слайдов (ВС), сформировали быстро развивающийся сегмент современных

цифровых методик анализа биоматериалов. Исследование ВС на компьютере имеет ряд преимуществ по сравнению с исследованием натурального препарата через окуляры [10,11].

СМ делятся на две основные группы. Первая группа использует в своем составе универсальные моторизованные микроскопы, имеющие модульную архитектуру, допускающую применение большого числа эквивалентных по функции взаимозаменяемых элементов с разными характеристиками. СМ с универсальными микроскопами (УСМ) обычно являются многофункциональными и используются для производства ВС препаратов разных типов [1,2], рис.1.

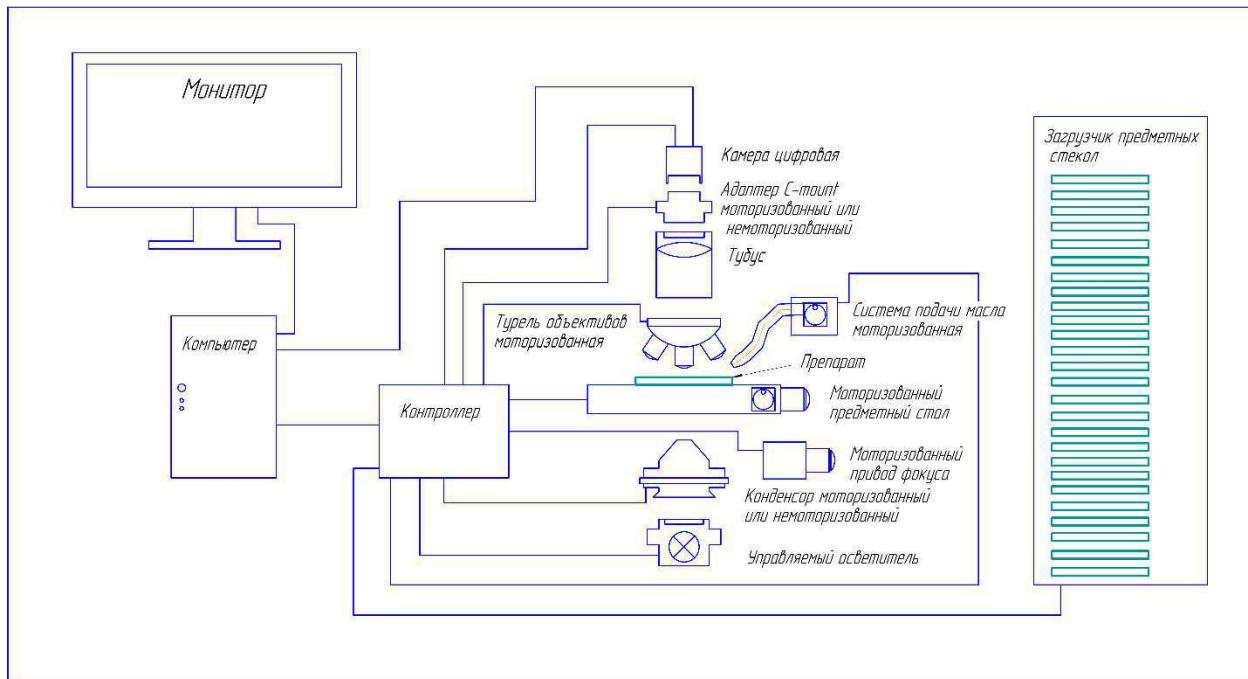


Рисунок 1 – Упрощенная схема оборудования УСМ

Вторая группа специализированных СМ (ССМ) использует оборудование, специально разработанное для производства ВС узкой группы типов препаратов. ССМ [3-9] используют единственный объектив с апертурой до 0,75 и предназначены главным образом для гистологических препаратов.

ССМ благодаря согласованию параметров фотоники и механики могут иметь значительно более высокие скорости сканирования, чем УСМ. Однако это согласование распространяется на узкий набор параметров специализированного оборудования, оптимизированного для работы с заданным узким классом препаратов, что не позволяет распространить технологию ССМ на работу с другими типами препаратов. Например, известные ССМ неприменимы к весьма важному классу цитологических препаратов. Уникальные комплектующие увеличивают стоимость ССМ.

Сама по себе конструкция УСМ, состоящая из большего числа элементов, чем УСМ, не содержит принципиальных ограничений на скорость сканирования. Посредственные скорости известных УСМ связаны с проблемами выбора из тысяч возможных вариантов оптимальных наборов параметров комплектаций, оптимизирующих скорости для сотен вариантов типов препаратов. Натурный эксперимент со сравнением такого количества вариантов практически неосуществим. Независимый априорный выбор параметров комплектации УСМ без учета их взаимодействия производителем или тем более потребителем, как это происходило до настоящего времени, не позволяет оптимизировать скорости УСМ.

Как будет показано ниже, скорость сканирования в СМ определяется сложным нелинейным взаимодействием большого числа характеристик оборудования (рис.2).

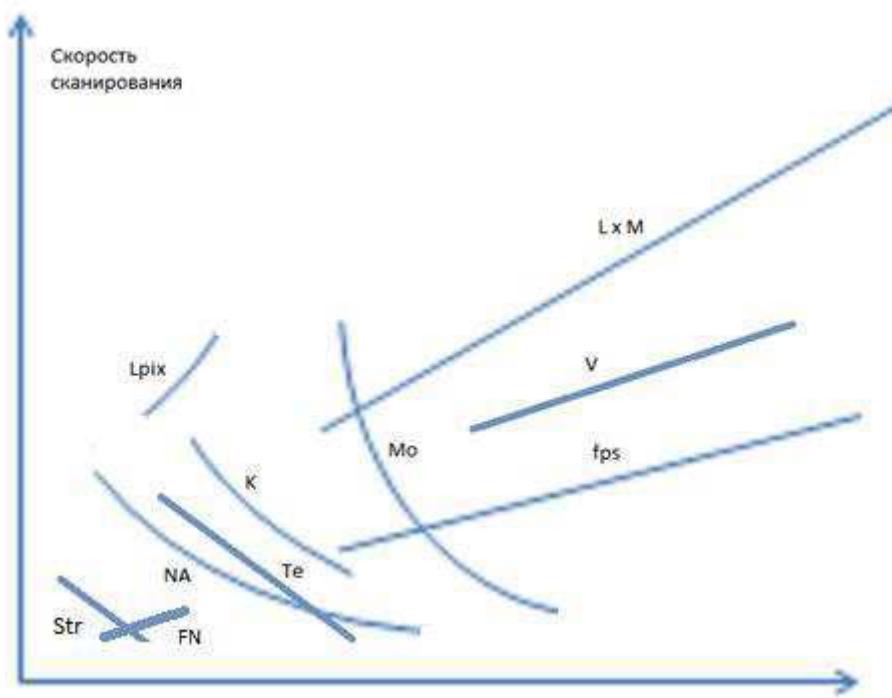


Рисунок 2 – Зависимость скорости сканирования СМ от параметров оборудования

Целесообразно иметь количественный критерий качества комплектации УСМ, опирающийся на аналитическую модель скорости сканирования. Такая модель используется в технологии разработки конструкции УСМ МЕКОС-ЦЗ производства фирмы МЕКОС. Аналитическая модель позволяет оценивать варианты комплектации МЕКОС-ЦЗ без натурного эксперимента.

Опуская детали рассмотрим основные идеи аналитической модели.

Цифровое пространственное разрешение RE мкм/пиксель снятого камерой СМ увеличенного оптического изображения препарата соответствует размеру минимальных деталей препарата, различимых на цифровом изображении. При выборе комплектации СМ для работы с заданной группой типов препаратов будем исходить из значений RE_i , соответствующих минимально необходимому цифровому разрешению каждого заданного типа препарата i . Значения RE_i соответствуют апертурам некоторых условных объективов $i=1,2,\dots,I$, определенных методиками анализов заданных типов препаратов. Чтобы избежать потерь разрешения при оцифровке в камере, будем использовать размер пикселя камеры в 2 раза меньший, чем увеличенное пятно оптического разрешения R_i изображения препарата в плоскости камеры. Для длины волны $\lambda = 0,55$ мкм получаем

$$R_i = 0,17 K_a x K_t x M_{oi} / N_{Ai} \geq L_{pix} \quad (1)$$

Где K_a – увеличение в адаптере, K_t – увеличение в тубусе микроскопа, M_{oi} – увеличение объектива i , N_{Ai} – апертура объектива i , L_{pix} мкм – размер пикселя камеры.

В соответствии с (1) цифровое разрешение $RE_i = L_{pix} / (K_a x K_t x M_{oi})$ будет не хуже оптического, если

$$0,17 / N_{Ai} \geq RE_i \quad (2a)$$

Значение апертуры

$$N_{Ai} \geq 0,17 / RE_i \quad (2b)$$

можно рассматривать как характеристику минимально необходимого оптического разрешения, позволяющую различать на цифровом изображении детали размером не более RE_i .

В процессе сканирования с равномерным перемещением препарата (например, по столбцам сверху вниз и снизу вверх) максимально возможная скорость перемещения увеличенного изображения препарата V_{yc1} мкм/сек в плоскости матрицы камеры LxM пикселей соответствует максимальной скорости вывода оцифрованного изображения из камеры в компьютер:

$$V_{yc1} = fps_1 x M x L_{pix} \text{ мкм/сек}, \quad (3)$$

где fps_1 – штатная для камеры скорость вывода кадров/сек на разрешении матрицы LxM .

Чтобы избежать смазывания при съемке движущегося препарата на скорости (3) применяемое время экспозиции Te_1 сек должно быть не больше времени смещения изображения в плоскости камеры на увеличенное пятно разрешения, которое благодаря (1) и (3) соответствует времени вывода двух пикселей из камеры в компьютер $T1p$:

$$Te_1 \leq T1p = 2L_{pix} / V_{yc1} = 2 / (fps_1 x M), \quad (4)$$

Более высокая оптическая плотность препарата может потребовать применения выдержки $Te_2 > 2 / (fps_1 x M)$. Во избежание смазывания изображения в таких случаях необходимо снизить скорость перемещения препарата и выполнять съемку через каждые

$$1/fps2 = M \times Te2i/2 \text{ мсек} \quad (5)$$

В случае необходимости применения больших выдержек более эффективным может оказаться режим с неравномерным перемещением, когда между соседними кадрами стол микроскопа перемещается на большой скорости и затем замедляется для съемки на заданной выдержке. Время между соседними кадрами зависит от заданной выдержки $Te2i$ и времени $Tnexti$ смещения в соседнее положение для съемки,

$$1/fps3 = Te2i + Tnexti \quad (6)$$

Концентрация кадров съемки $Concfri$ на объективе i в плохади препарата равна

$$Concfri = (Ka \times Kt \times Moi)^2 / (L \times M \times Lpix^2) \quad (7)$$

Скорость сканирования $SPki$ на объективе i пропорциональна частоте съемки и обратно пропорциональна концентрации кадров:

$$SPki = fpsk / Concfri, k=1,2,3 \quad (8)$$

Зависимости (1) - (8) позволяют рассчитать максимальные скорости перемещения препарата, обеспечивающие его качественную съемку в различных условиях (4), (5) или (6), формируя аналитическую модель МЕКОС-ЦЗ (АММЕКОС). АММЕКОС определяет количественный критерий качества комплектации (скорость сканирования) при производстве виртуальных слайдов препаратов с заданными характеристиками. АММЕКОС можно использовать для сравнения эффективности различных комплектаций без проведения натурного эксперимента.

Для поиска оптимальных комплектаций МЕКОС-ЦЗ используется база данных доступных комплектующих различных производителей. Используются также дескрипторы типов препаратов, исследуемых множеством потенциальных потребителей МЕКОС-ЦЗ. В дескрипторах представлены характеристики, позволяющие оценить необходимые цифровые разрешения и условия съемки.

Автоматический выбор комплектаций может осуществляться с использованием сервисной программы выбора комплектаций КОМПЛМЕКОС.

Потребитель задает состав интересующих его типов препаратов и группу ограничений на комплектации, такие как цена, срок поставки, уровень автоматизации, габариты и т.д. Сначала КОМПЛМЕКОС формирует все совместимые комплектации из комплектующих, представленных в базе данных, удовлетворяющие ограничениям потребителя. Далее КОМПЛМЕКОС через соответствующий список дескрипторов отбирает комплектации, удовлетворяющие условиям реализации необходимых цифровых разрешений (1) – (2) для заданных потребителем типов препаратов. На отобранных комплектациях с использованием дескрипторов препаратов формируются оценки необходимых времен экспозиции. Выполняются оценки скоростей сканирования реализуемых режимов сканирования (4), (5) или (6) в соответствии с (8). Отбираются комплектации, имеющие для каждого заданного типа препарата максимальные скорости сканирования. Далее проверяется возможность формирования одной и той же комплектации, реализующей найденные максимальные скорости сканирования за счет применения нескольких объективов и/или моторизованного адаптера с переменным значением увеличения (при наличии). При отсутствии такой комплектации потребителю предлагается выбрать приоритетный тип препарата для реализации комплектации с максимальной скоростью сканирования приоритетного типа и с максимизированными скоростями сканирования остальных типов препарата на совместимых для выбранной комплектации объективах.

В процессе эксплуатации МЕКОС-ЦЗ с фиксированной комплектацией необходимая выдержка может уточняться автоматически в зависимости от условий конкретного препарата. После этого осуществляется выбор режима (4), (5) или (6), обеспечивающего максимальную скорость сканирования данного препарата.

В МЕКОС-ЦЗ благодаря возможности применения нескольких объективов возможно эффективное формирование и применение навигационных карт препарата для автоматизации выбора области сканирования. Рассмотренные выше оценки скорости сканирования сделаны в предположении, что временные затраты на фокусировку во время сканирования отсутствуют. Это возможно в случае предварительного формирования фокусных карт, позволяющих во время сканирования смещаться одновременно как по X, Y, так и по Z. Кроме зависимостей (1) – (6) в аналитической модели МЕКОС-ЦЗ используются также оценки допустимых размеров площадки сканирования с учетом требуемого разрешения и плоскостных характеристик типа препарата. Такие оценки позволяют формировать фокусные карты, обеспечивающие сканирование без промежуточных фокусировок с сохранением положения препарата внутри слоя глубины фокуса.

Применение защищенной аналитической модели [12] позволило сформировать комплектации МЕКОС-ЦЗ, не уступающие по скорости специализированным аналогам класса ССМ с расширением диапазона разрешений и области применения на цитологические препараты. Благодаря применению стандартизованной архитектуры и доступных комплектующих массового производства достигнуто преимущество в цене.

Библиографический список

1. Electronic mosaic imaging process. US Patent 4760385 A
2. VS120 Virtual Slide Microscope. <https://www.olympus-lifescience.com/ru/microscopes/virtual/vs120/>
3. FULLY AUTOMATIC RAPID MICROSCOPE SLIDE SCANNER. US patent 2013/0162802 A1.
4. MICROSCOPE SYSTEM. US Patent 20100328445.
5. METHOD FOR MAINTAINING HIGH-QUALITY FOCUS DURING HIGH-THROUGHPUT, MICROSCOPIC DIGITAL MONTAGE IMAGING. Patent US20020114497A1.
6. Image acquisition device and focusing method for image acquisition device. US Patent 9661212.

- <http://www.leicabiosystems.com/digital-pathology/aperio-digital-pathology-slide-scanners/products/aperio-at2/>
8. http://www.3dhistech.com/sites/default/files/pictures/brochures/2013/pannromatic_digital_slide_scanners.pdf
 9. http://www.hamamatsu.com/resources/pdf/sys/SBIS0043E_NanoZoomers.pdf
 10. Klaus Kayser, Stephan Borkenfeld, Rita Carvalho, Gian Kayser. Specific Issues of Virtual Cytology in Daily Practice of Future. 29th European Congress of Pathology. 2-6 September 2017. RAI Amsterdam. <https://www.esp-congress.org/presentations/SUN/Emerald-Room/0830-1200-SY-03-002-Kayser/002-Kayser.pdf>
 11. Shawn Mikula, Issac Trotts, James M. Stone, and Edward G. Jones. Internet-Enabled High-Resolution Brain Mapping and Virtual Microscopy. *Neuroimage*. 2007 Mar; 35(1): 9–15. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1890021/>
 12. В.С.Медовый, С.А. Панов, А.М.Пятницкий, Б.З.Соколинский. Скоростной многофункциональный сканирующий микроскоп. Заявка РФ на изобретение регистрационный номер 2016138191 от 26.09.2016. Заявитель ООО МЕКОС.

INTRODUCTION TO THE THEORY OF VIRTUAL SLIDES PRODUCTION

Medovy V., Sokolinskiy B., Paytnitskiy A., Volkov G., Medvedevskih A.
Medical Computer Systems (MECOS) Company, Moscow, info@mecos.ru

We consider the construction of the scanning microscope MECOS-C3 to produce virtual slides. An analytical model of MECOS-C3 is developed defining dependency of scanning speed from the characteristics of the components and types of specimens for analyses. Application of the analytical model allows without full-scale experiment to select a group of MECOS-C3 sets, conforming to needed resolution, and choose among them the top of speed and other consumer characteristics. During the operation phase the model automatically selects the optimal parameters of scanning according the current characteristics of the real specimen.

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ КАПНОГРАФИИ ДЛЯ БОДИПЛЕТИЗМОГРАФА

Немцова А. С., Писарева А. В., Николаев А. П., Вилкова Д. И., Николаенко А. О.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана»
(национальный исследовательский университет), a.s.nemtsova@gmail.com, raupav.06@mail.ru,
apnikolaev@yandex.ru, dariakandyba@yandex.ru, aesgt@yandex.ru

Главной задачей концепции демографической политики России на период до 2025 года определена необходимость снижения уровня смертности, повышение уровня рождаемости, сохранение и укрепление здоровья населения [6, 9]. Предметом особого внимания на сегодняшний день является обострение хронического обструктивного заболевания лёгких (ХОБЛ) и обострение диагноза бронхиальной астмы (БА) набирает обороты среди студентов МГТУ имени Н. Э. Баумана [6]. Наибольшая часть обострений такого рода случается от возможно предотвратимых заранее факторов и, конечно же имеет ряд определённых предшествующих симптомов. Чтобы своевременно выявлять возможные симптомы, медицинским работникам научно-образовательного медико-технического центра МГТУ имени Н. Э. Баумана необходимо проводить регулярный мониторинг состояния здоровья студентов специальных медицинских групп, для этого применима разрабатываемая нами система удалённого мониторинга за физиологическими параметрами состояния обучающихся в МГТУ имени Н. Э. Баумана. По данным статистики всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) за 2015 год болезни органов дыхания входят в число десяти ведущих причин смертности в мире [1, 10]. Метод капнографии, основанный на оценке уровня углекислого газа в выдыхаемом человеком воздухе, может быть полезен не только в операционных контурах искусственной вентиляции лёгких (ИВЛ), но и для выявления ранних нарушений респираторной функции лёгких, особенно в случаях отсутствия изменений показателей при стандартных методах диагностики спирометрии, при которой трудно выявить обструкцию мелких бронхов и локальные нарушения бронхиальной проходимости [2, 5, 11].

Капнографический модуль на сегодняшний день идёт в составе больших мониторных систем для функциональной диагностики, в то время как применение таких систем не всегда целесообразно, так как особенную опасность представляют самые распространённые заболевания острыми инфекциями верхних дыхательных путей - хроническая обструкция болезни лёгких и бронхиальная астма (ХОБЛ и БА) на ранней стадии развития болезни [3, 5, 12].

В 2016 году заболеваемость острыми инфекциями верхних дыхательных путей повысилась – на 5 % по сравнению с 2015 годом (21617 случаев заболеваний на 100 тысяч человек против 20452 за 2015 год). Абсолютное число заболеваний острыми инфекциями верхних дыхательных путей составило в 2016 году 31,7 против 30,1 миллиона случаев, зарегистрированных в 2015 году (рисунок 1) [10, 13].

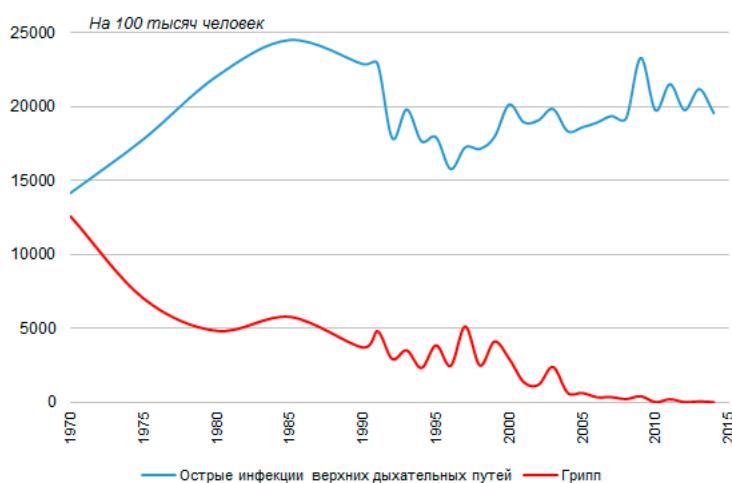


Рисунок 1 - Заболеваемость населения РФ острыми инфекциями верхних дыхательных путей и гриппом, случаев заболевания с впервые установленным диагнозом на 100 тысяч человек постоянного населения 1970-2015 годы

Отсутствие симптомов на протяжение довольно длительного периода не даёт возможность своевременно следить за развитием болезни и начинать терапию на этапах, которые имеют обратимый компонент патологии и нечпрешедших в стадию системных проявлений [3, 8, 14]. Поэтому так важно проводить функциональную диагностику внешнего дыхания в рамках мониторинга патологических состояний [2, 15]. Таким образом, разработка медицинских приборов, осуществляющих оценку и анализ параметров дыхания человека, является актуальной задачей биомедицинского инженерного направления. Представленные на отечественном рынке капнографы предлагают для оценки недостаточное количество диагностированных параметров, в то время как с капнограммы можно получить больше информации [16]. Целью работы стала разработка модуля капнографии для обнаружения патологических уровней концентраций углекислого газа в выдыхаемом воздухе на ранних стадиях развития ХОБЛ, БА и возможность подключения модуля к различным диагностическим системам для получения врачом параметров функциональной диагностики. Все показатели, характеризующие состояние функции внешнего дыхания (ФВД), условно можно разделить на четыре группы (таблица 1) [4, 17].

Таблица 1 – группы, характеризующие состояние функции внешнего дыхания

Первая группа	Вторая группа	Третья группа	Четвертая группа
Показатели, характеризующие легочные объемы и емкости	Показатели, характеризующие вентиляцию легких	Показатели, характеризующие состояние проходимости бронхов	Показатели, характеризующие эффективность легочного дыхания или газообмен
1. Дыхательный объем 2. Резервный объем вдоха 3. Остаточный объем 4. Общая емкость 5. Жизненная емкость легких 6. Функциональная остаточная емкость	1. Частота дыхания 2. Дыхательный объем 3. Мин. объем дыхания 4. Мин. альвеолярная вентиляция 5. Максимальная вентиляция легких 6. Коэффициент дыхательных резервов.	1. Форсированная жизненная емкость легких (пробы Тиффно и Вотчала) 2. Макс. объемная скорость дыхания во время вдоха и выдоха (пневмотахометрия)	1. Состав альвеолярного воздуха 2. Поглощение кислорода и выделение углекислоты 3. Газовый состав артериальной и венозной крови

В работе была представлена разработка медико-технических требований, разработка схемы БТС, обоснование выбранной конструкции, разработка структурной схемы системы, разработка электрической принципиальной схемы, подбор соответствующей элементной базы, разработка вида общего для проектируемого прибора, а также разработка алгоритма фильтрации и последующей обработки сигналов капнограммы [18].

Прибор состоит из двух частей. Цифровой настраиваемый датчик углекислого газа соединён с кабелем блока капнографа. Проанализировав достоинства и недостатки каждого из методов, описанных в литературе [7, 19], в данной разработке модуль капнографии был спроектирован на основе метода прямого потока (mainstream flow), так как выносные ячейки, куда отбирается воздух, необходимые для метода бокового потока, требуют

дополнительного оборудования, что, в свою очередь, усложняет конструкцию всего модуля как для разработки, так и для использования. Капнографическая система при реализации данного метода строится по следующему схеме (рисунок 2) [20].

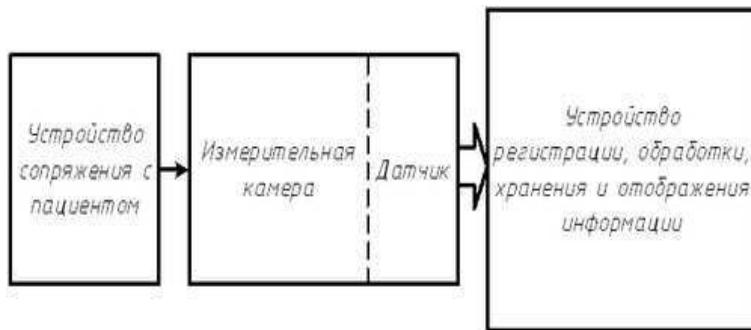


Рисунок 2 - Схема метода отбора пробы «прямого потока»

Система состоит из устройства сопряжения с пациентом, измерительной камеры с датчиком и устройства регистрации, обработки, хранения и отображения информации. Устройство сопряжения с пациентом в данном случае представляет собой лицевую маску либо загубник для пациентов с самостоятельным дыханием, в частности, для функциональной диагностики, или специальный адаптер для включения в контур ИВЛ для пациентов на искусственном дыхании.

Структурная схема блока регистрации данных представлена цифровым датчиком CO2, работа по методу недисперсионной инфракрасной спектроскопии. Данный метод основан на способности молекул углекислого газа поглощать инфракрасное излучение определённой длины волн – 4,25 мкм [15, 20]. Датчик работает с частотой 20 Гц и передаёт данные на микроконтроллер по интерфейсу UART, используя ножки RX TX, со скоростью 9600 бит/с. Так как датчик имеет различные режимы работы, необходимо запрограммировать его на требуемый режим с помощью микроконтроллера так же с помощью интерфейса UART.

Затем сигнал поступает на блок гальванической развязки, который представлен единой микросхемой. При этом, у данной гальванической развязки есть преимущество – наличие канала в прямом направлении и наличие канала в обратном направлении, что даёт возможность развязать как интерфейс передачи данных UART, так и питание устройства [21]. После чего сигнал поступает на преобразователь FTDI, предназначенный для преобразования интерфейса UART в USB, и затем непосредственно на разъём USB.

В схеме так же реализована дополнительная функция FTDI для экономии работы схемы в режиме приостановки работы USB. Для этого используется полевой транзистора, который управляет мощностью внешней логики. Микросхема капнографа питается от разъёма USB с напряжением 5 В. Так как датчик и микроконтроллер работают корректно при питании в 3.3 В предлагаемой микросхеме предусмотрен регулятор напряжения, который получает развязанные 5 В от блока гальванической развязки и передаёт их необходимым элементам (рисунок 3) [6].

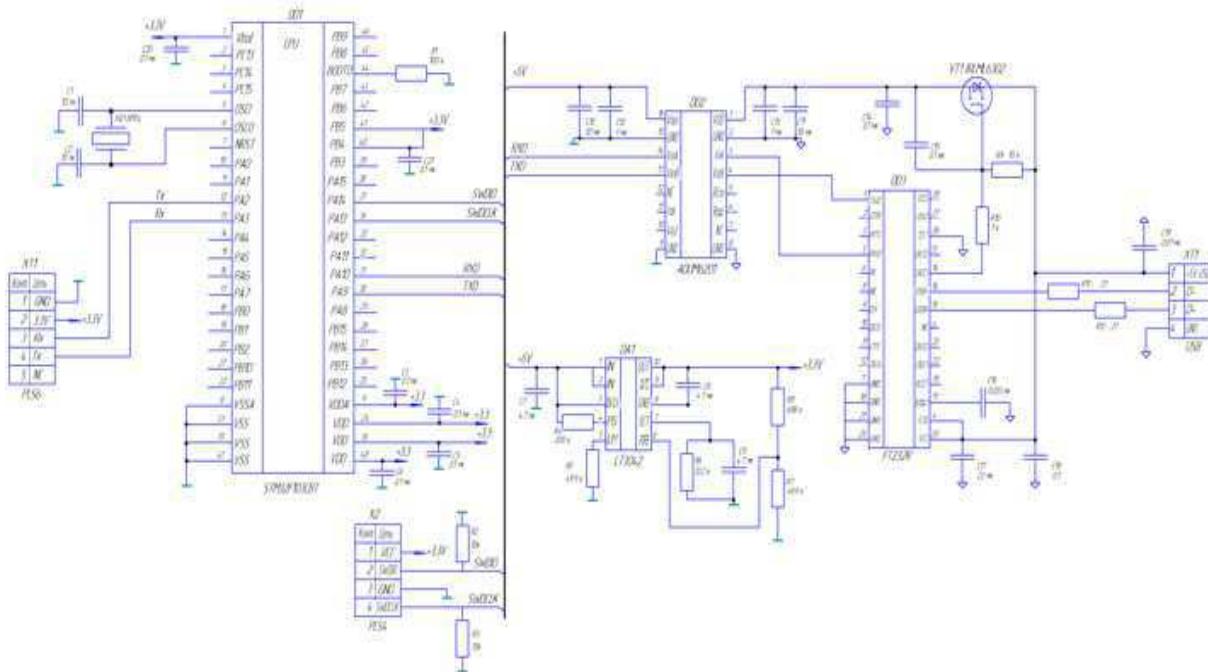


Рисунок 3 – электрическая принципиальная схема модуля

Форма волны капнографии отображает концентрацию CO₂ в дыхании и имеет в целом однородную квадратичную морфологию с постоянной частотой. Частота формы сигнала рассчитывается для определения частоты дыхания. Для здоровых взрослых картина дыхания происходит приблизительно каждые 3-5 секунд, что означает нормальную частоту дыхания между 10-20 вдохов в минуту (рисунок 4) [6, 9].

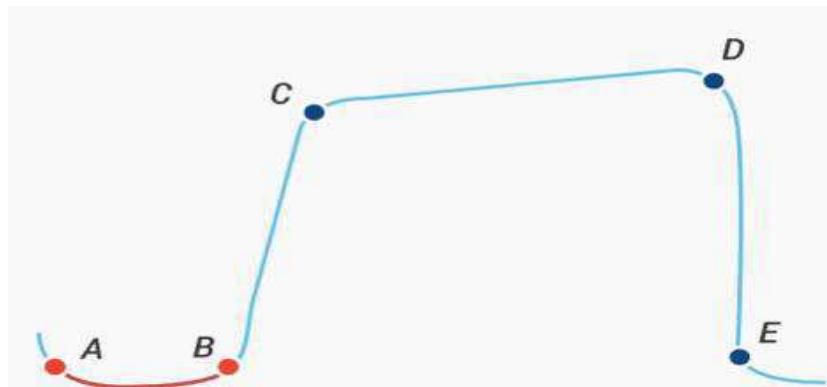


Рисунок 4 – Вид нормальной капнограммы с разделением на фазы А, В, С, Д, Е

Базовая линия формы сигнала обычно равна нулю, это связано с тем, что вдуваемый воздух содержит очень мало CO₂ (менее 0,5 %). Есть четыре фазы сигнала, по завершении каждого цикла дыхания волна должна вернуться к базовой линии.

Для нормального здорового пациента амплитуда волны должна составлять 35-45 мм. рт. ст. в пике, и этот пик является показателем окончания приливного CO₂ (etCO₂) [6]. Фазы капнограммы одного цикла дыхания представлены в таблице 2).

Таблица 2 – описание фаз капнограммы одного цикла

Фаза	Длительность	Процесс
Фаза I - (А-В): Исходный уровень	0,5 – 1 с	Выдох начинается с воздуха, выходящего из трахеи, задней глотки, рта и носа. Газ, который выдыхается из этих больших проводящих дыхательных путей, содержит незначительную концентрацию CO ₂ .
Фаза II - (В-С): экспираторный ход	0,5-0,8 с	Находясь в фазе подъёма, воздух, богатый CO ₂ , из альвеол начинает достигать верхней дыхательной системы и смешивается с воздухом мёртвого пространства. CO ₂ выделяется в выдыхаемом воздухе и определяется постепенным подъёмом горизонтальной линии между окончанием фазы I и началом фазы III.
Фаза III - (С-Д): Альвеолярное плато	2-3,2 с	Кривая концентрации двуокиси углерода остаётся относительно постоянной, так как в первую очередь выдыхается альвеолярный газ, который известен как альвеолярное плато. Альвеолярное плато плоское, с небольшим восходящим наклоном к концу.
Фаза III - (Д): Конец выдоха		Содержит самую высокую концентрацию CO ₂ , которая обозначается как CO ₂ в конце прилива.
Фаза IV – (Д-Е): Начало вдоха	0,4-0,5с	Кислород заполняет дыхательные пути, и уровни CO ₂ быстро снижаются до нуля (базовый уровень). Возвращение к базовой линии называется фазой 0.

Для анализа данных, получаемых капнографом, был разработан алгоритм обработки сигнала. В ходе обработки сигнал фильтруется цифровым ФНЧ Баттервортса с частотой среза 2 Гц, полученной из анализа спектра сигнала, и частотой дискретизации 25 Гц, запрограммированной датчиком.

Затем, с помощью пиковых значений производной сигнала происходит поиск отсчетов начала вдоха и начала выдоха в сигнале. Данные найденные отсчеты позволяют рассчитать необходимые для диагностики параметры: амплитуду дыхания, частоту дыхания, а также длительность дыхательных циклов и их отношения. Для оценки параметров получаемого сигнала данным алгоритмом были обработаны 30 сигналов с установленными диагнозами. Полученные результаты были усреднены и сгруппированы по патологиям. Таким образом, при обработке сигнала с неизвестной патологией, врач может на начальном этапе анализа не рассматривать виды заболеваний, показатели которых сильно разнятся с полученными (таблица 3).

Таблица 3 – сгруппированные и усреднённые данные патологических сигналов

Сигнал	Амплитуда, кПа	ЧД	Длительность вдоха, с	Длительность выдоха, с	Отношение длительности вдоха к длительности цикла дыхания
Нормальный	5.50 ± 0.38	9.78 ± 2.54	4.54 ± 1.12	2.1 ± 0.49	2.24 ± 0.67
Гипервентиляция	5.20 ± 0.37	11.04 ± 2.91	3.71 ± 0.67	2.03 ± 0.4	1.84 ± 0.07
Обструкция	6.01 ± 0.57	8.58 ± 0.94	4.52 ± 0.56	2.53 ± 0.29	1.78 ± 0.02
Сердечные колебания	5 ± 0.43	8.25 ± 0.5	5.8 ± 0.57	1.57 ± 0.08	3.71 ± 0.54
Увеличенное мертвое пространство	4.58 ± 0.22	15.88 ± 3.63	2.74 ± 0.38	1.24 ± 0.52	2.52 ± 0.74

В дальнейшем рассматриваются перспективы развития алгоритма прибора до возможности самостоятельной классификации приходящих капнографических сигналов по группам патологий. Разработанный модуль диагностирует концентрацию углекислого газа в выдыхаемом воздухе, а также производит расчёты частоты дыхания, амплитуды сигнала и средней длительности вдохов и выдохов пациента, что даёт информацию врачу о возможных патологиях. Разработанный прибор позволяет расширить набор выходных параметров при этом, не увеличивая его сложность конструкции. Отдельным преимуществом является мобильность и малые габариты устройства. Разработанное изделие может применяться как при мониторинге состояния пациента при ИВЛ, анестезиях, во время операций, в кабинетах реанимации, в бодиплетизографах, так и самостоятельно для определения ранних симптомов нарушения дыхательной деятельности, а также при выраженных патологиях, таких как бронхиальная астма, обструкция, апноэ и прочие заболевания дыхательной систем [5].

Библиографический список

1. Глобальная стратегия диагностики, лечения и профилактики хронической обструктивной болезни легких. (пересмотр 2014); М.: Российское респираторное общество, 2014. — 92 с.
2. Городкова, М. С. Исследование параметров ультразвукового распыления жидкых лекарственных препаратов для ингаляции дыхательных путей / М. С. Городкова, И. А. Аполовнова, А. П. Николаев // Биомедицинская радиоэлектроника. 2015. № 7. С. 64-70.
3. Журавлев, А. К. Вегетативный тонус и регуляция системы кровообращения у спортсменов при стрессовых ситуациях и профилактика аритмий / А. К. Журавлев, Г. И. Семикин, Ю. Ю. Голубев, Г. Ю. Голубева, Ю. В. Нечушкин // Живая психология. 2017. Т. 4. № 3. С. 231-240.
4. Ильин, А. В. Современные методы диагностики бронхиальной астмы (обзор литературы). // Бюллетень физиологии и патологии дыхания, № 43, 2012. 116-123 с.
5. Лысова, И. А. Оценка общей физической подготовленности студентов. Монография. / И. А. Лысова, А. В. Блинова, Ю. В. Нечушкин // Москва. Издательство: Московский гуманитарный университет. 2012. 201 с.
6. Писарева, А. В. Характеристика степени влияния зон экологического неблагополучия на здоровье человека (на примере Орловской области) / А. В. Писарева, Л. П. Степанова, Е. В. Яковleva, А. И. Мышкин // В сборнике: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМ'2016 Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией. 2016. С. 327-329.
7. Филиппович, Г. В. Эволюция в технологиях капнометрии. Микроструйная капнометрия (microstream technology) — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: http://okontur.narod.ru/art/monitor_2/monitor2.html (дата обращения 12.02.2017)
8. Шмелев Е. И., Шмелева Н. М. Современные возможности противовоспалительной терапии в пульмонологии // Врач. 2012. № 2. С. 1–8.
9. Шурыгин, И. А. Мониторинг дыхания: пульсоксиметрия, капнография, оксиметрия. СПб.: "Невский Диалект"; М.: "Издательство БИНОМ", 2000.- 301 с.
10. Щербакова, Е. М. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:

<http://demoscope.ru/weekly/2017/0721/barom02.php> (дата обращения 17.04.2017);

11. Barnes P.J. Immunology of asthma and chronic obstructive pulmonary disease // *Nat. Rev. Immunol.* 2008. № 8 (3). P. 183–192.
12. Culpitt S. V., de Matos C., Russell R. E., Donnelly L. E., Rogers D. F., Barnes P. J. Effect of theophylline on induced sputum inflammatory indices and neutrophil chemotaxis in chronic obstructive pulmonary disease // *Am. J. Respir. Crit. Care. Med.* 2002. № 165 (10). P. 1371–1376.
13. Global strategy for the diagnosis, management, and prevention of chronic obstructive pulmonary disease // Updated. 2013. 76 p.
14. Ikari J., Michalski J.M., Iwasawa S. et al. Phosphodiesterase 4 inhibition augments human lung fibroblast VEGF production induced by PGE2 // *Am. J. Respir. Cell Mol. Biol.* 2013. May 8. [Epub ahead of print].
15. Michael, B. Jaffe Infrared Measurement of Carbon Dioxide in the Human Breath: “Breathe-Through” Devices from Tyndall to the Present Day, Vol. 107, No. 3, September 2008, 2008 International Anesthesia Research Society
16. Samyshkin Y., Kotchie R. W., Mörk A. C., Briggs A. H., Bateman E. D. Cost-effectiveness of roflumilast as an add-on treatment to long-acting bronchodilators in the treatment of COPD associated with chronic bronchitis in the United Kingdom // *Eur. J. Health. Econ.* 2013. Feb 8. [Epub ahead of print].
17. Samyshkin Y., Schlunegger M., Haefliger S., Ledderhose S., Radford M. Cost-effectiveness of roflumilast in combination with bronchodilator therapies in patients with severe and very severe COPD in Switzerland // *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2013. №8. P. 79–87. doi: 10.2147/COPD.S37486.
18. Soler-Cataluña J.J., Cosío B., Izquierdo J.L., López-Campos J.L., Marín J.M., Agüero R., Baloira A., Carrizo S., Esteban C., Galdiz J.B., González M.C., Miravitles M., Monsó E., Montemayor T., Morera J., Ortega F., Pece-Barba G., Puente L., Rodríguez J.M., Sala E., Sauleda J., Soriano J.B., Viejo J.L. Consensus document on the overlap phenotype COPD-asthma in COPD // *Arch Bronconeumol.* 2012. №48(9). P. 331–337.
19. Wang D., Cui X. Evaluation of PDE4 inhibition for COPD // *Int. J. Chron. Obstruct. Pulmon. Dis.* 2006. №1(4). P. 373–379.
20. White W.B., Cooke G.E., Kowey P.R., Calverley P.M., Bredenbröker D., Goehring U.M., Zhu H., Lakkis H., Mosberg H., Rowe P., Rabe K.F. Cardiovascular safety in patients receiving roflumilast for the treatment of chronic obstructive pulmonary disease // *Chest.* 2013. Feb 14. doi: 10.1378/chest.12-2332. [Epub ahead of print].
21. Yang I.A., Fong K.M., Sim E.H., Black P.N., Lasserson T.J. Inhaled corticosteroids for stable chronic obstructive pulmonary disease // *Cochrane Database Syst. Rev.* 2007. № 2. CD002991.

DEVELOPMENT OF THE MODEL OF CAPNOGRAPHY FOR BODYPLETHYMOGRAPH

Nemtsov A. S., Pisareva A. V., Nikolaev A. P., Vilkova D. I., Nikolaenko A. O.

Federal state budgetary educational institution of higher education

"Moscow state technical University named after N. E. Bauman»

(national research University), a.s.nemtsova@gmail.com, pavpav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru, dariakandyba@yandex.ru, aesgt@yandex.ru

The capnography method, based on the estimation of the level of carbon dioxide in the exhaled air, which can be useful not only in working ventilating ventilation systems (ALV), but also for the detection of early respiratory lung diseases, is considered in the article, especially in cases where changes indices with standard diagnostic methods for spirometry are absent, in which it is difficult to detect an obstruction of small bronchi and local violations of bronchial patency. Therefore, it is so important to conduct functional diagnostics of external respiration while monitoring pathological conditions. Presented in the domestic market capnographs offer a small number of diagnosed parameters for evaluation, and more information can be obtained from the capnogram. The aim of the work was the development of a capnography module to detect pathological levels of carbon dioxide concentrations in exhaled air in the early stages of COPD development and the possibility of connecting the module to various diagnostic systems to obtain parameters of functional diagnostics by a physician. Development of medical and technical requirements, development of the BTS scheme, justification of the selected project, development of the structural scheme of the system, development of the electrical scheme, selection of the corresponding element base, development of the type of the common for the developed device, and the development of the filtering algorithm and the subsequent processing of the capnogram signals. The developed module diagnoses the concentration of carbon dioxide in the exhaled air, and also calculates the respiration rate, signal amplitude and average duration of inhalations and exhalations of the patient, which gives information to the doctor about possible pathologies. The developed device allows to extend the set of output parameters without increasing its complexity. A particular advantage is the mobility and small size of the device. The developed product can be used both for monitoring the patient's condition during ventilation, anesthesia, during operations, in resuscitation rooms, in bodimentamographs, and independently to determine early symptoms of respiratory diseases, as well as in severe pathologies such as bronchial asthma, obstruction, apnea and other diseases of the respiratory system.

РАЗРАБОТКА МЕТОДА КОРРЕКЦИИ ДОЗИРОВКИ ПРЕПАРАТА ПРИ ИНФУЗИОННОЙ ТЕРАПИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФУЗИОННЫХ НАСОСОВ

Николаенко А. О., Синопальников В. И., Николаев А. П., Писарева А. В., Вилкова Д. И., Немцова А. С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана»

(национальный исследовательский университет), aesgt@yandex.ru, sin-vladimir@rambler.ru, apnikolaev@yandex.ru, pavpav.06@mail.ru, dariakandyba@yandex.ru, a.s.nemtsova@gmail.com

Статья выполнена в рамках научно-исследовательской работы магистра по теме «Разработка метода коррекции дозировки препарата при инфузионной терапии с использованием инфузионных насосов». По данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) нарушение нормальной работы инфузионной системы приводит к ухудшению состояния здоровья более 54 % пациентов отделений интенсивной терапии и реанимации, вплоть до летального исхода [1,4,8]. Частично решить эту проблему позволило внедрение инфузионных насосов – волюметрических и шприцевых. Однако, в них имеются некоторые недостатки, а именно: волюметрический насос, несмотря на встроенные дублирующие системы безопасности, по ряду конструктивных особенностей данный комплекс не способен точно отслеживать объём вливания без использования внешних датчиков [2,4,6].

Парентеральная жидкостная терапия, целью которой является восстановление и поддержание объёма и качественного состава жидкости во всех водных ресурсах человеческого организма, таких как: сосудистых, внеклеточных и клеточных [10,12]. Данный вид терапии предлагается в случаях, когда ограничен или невозможен путь усвоения энтерального усвоения жидкости и электролитов, а также в случаях, когда имеет место существенная кровопотеря, которая требует немедленного замещения [3,8].

В настоящее время, практически каждый инфузионный прибор оснащен датчиками контроля капель в регуляторе, в качестве которых используют оптические датчики света на фоторезисторе либо инфракрасные датчики препятствий (оптопары) [2,10]. Подобные оптические датчики детектируют препятствия за счет освещенности и отражения соответственно. Инфракрасный датчик, считающийся наиболее совершенной системой безопасности и устанавливающийся на большинство инфузионных систем, не может работать при высокой скорости вливания (инфузии) [11,12]. Следует отметить, что современные оптические датчики регистрации капель зачастую требуют специальных фирменных магистралей (например, для модели INFUSOMATFMS фирмы B.Braun) [3,5].

Разработанный аппаратно-программный комплекс может быть установлен на любую систему инфузии и любую магистраль, обеспечивая дополнительную безопасность терапии как при использовании инфузионного насоса, так и без него на любых доступных скоростях вливания (рисунок 1) [4,7].

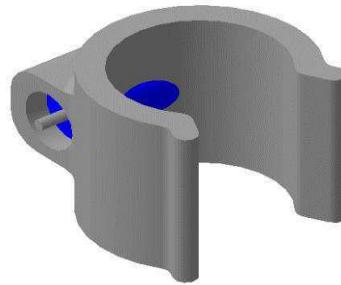


Рисунок 1 – Пластмассовый корпус, крепления и датчик

Рассмотренные нами аналоги датчиков капель инфузионных систем имели возможность работать с воздушным пространством колбы и отслеживали каплю в движении. Исходя из наших исследований, считаем, что целесообразно отследить наличие капель на границе двух сред воздух/раствор и регистрировать возникающие колебания на поверхности жидкости [5,6].

Целью нашей работы стала разработка устройства контроля объема вливания препаратов при использовании волюметрических инфузионных насосов для обеспечения безопасности инфузионной терапии. В ходе работы была определена применимость разрабатываемого устройства в условиях реанимационных палат и палат интенсивной терапии [5]. Работа включает в себя разработку технических требований, разработку схемы БТС, представление структурной схемы, расчеты применимости конструкции, подбор подходящей базы компонентов, и реализацию прототипа устройства для проведения стендовых испытаний [7,10]. Для испытаний был разработан алгоритм, фильтрующий получаемые данные и, после обработки данных, передающий управляющий сигнал.

Устройство состоит из датчика, блока обработки информации и блока передачи сигнала. Цифровой датчик вибраций на базе модуля SW-420 (нормально замкнутый) работает на размыкание цепи от малейших колебаний, которые считываются с поверхности колбы при падении в неё капли. Проводным интерфейсом датчик соединен с блоком обработки информации, в котором происходит фильтрация, анализ данных и выдача

управляющего сигнала на передающий модуль [6,9]. По проводному каналу модуль передаёт сигнал на инфузионный насос, который в свою очередь корректирует параметры инфузии согласно принимаемым данным [6,7]. В разработанном алгоритме предусмотрен сигнал экстренной остановки терапии в случае критического отклонения параметров инфузии от допустимых значений (рисунок 2) [5,7].

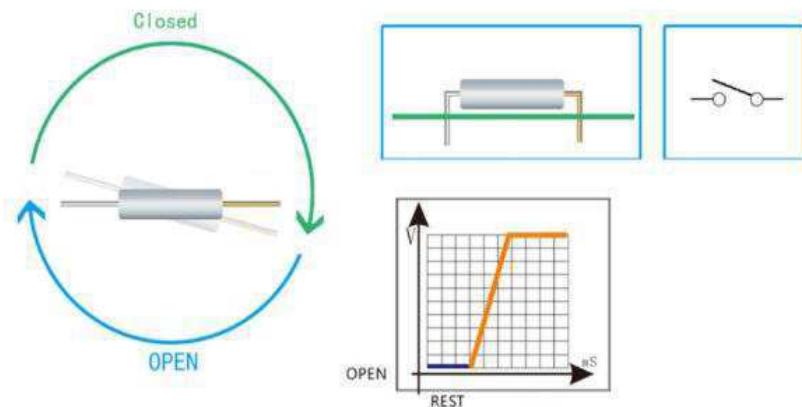


Рисунок 2 - Описание работы датчика SW-420

Кроме этого, разработанный прототип (лабораторный макет) аппаратно-программного комплекса (АПК) позволит обеспечить высокий уровень безопасности пациента при инфузионной терапии, дистанционно уведомляя медперсонал о нарушении установленного режима инфузии [5,7]. Предлагаемая нами система достаточно проста в использовании, так как врач сможет самостоятельно устранить возникшую проблему и в нужный момент привести систему в исходное рабочее состояние. В дальнейшем нами планируется увеличить чувствительность датчика регистрации капель и тем самым, существенно повысить уровень безопасности пациента, который проходит процедуру инфузионной терапии на высоких скоростях вливания препаратов [6].

Электрическая принципиальная схема капельного датчика для инфузионной системы нами представлена в виде модуля SW-420, который построен на основе одноименного датчика вибрации SW-420, изображенного на схеме в виде ключа, конструктивно представляющего из себя два контакта, замыкающиеся металлическими шариками при колебаниях. Датчик работает, передавая данные на микроконтроллер со скоростью 9600 бит/с.

Кроме самого датчика, на модуле установлен операционный усилитель LM393, включенный по схеме цифрового компаратора и оснащенный выводами для смещающего напряжения, осуществляющего смещение характеристики передачи от идеального положения. Важный параметром является гистерезис, то есть разница напряжений входа. Он обусловлен обратной связью положительного значения, предназначенного для уменьшения количества дребезга сигнала выхода и реализации регулировки чувствительности датчика [5]. Цифровой компаратор также относится к арифметическому устройству, так как он производит сравнение двух чисел, чтобы выяснить равны ли они и какое из них больше.

Результат сравнения отображается соответствующим логическим уровнем на выходе. При выборе компаратора использовались такие параметры как: классификация компаратора, диапазон напряжения питания, диапазон входных напряжений, максимальный ток на выходе компаратора и тип выхода. Данный компаратор выбирался из других компараторов общего применения, так как они потребляют небольшую мощность и могут работать при малом напряжении питания. Компаратор LM393 нами рекомендован для работы с датчиками шумов и вибраций, является довольно распространенным операционным усилителем и недорогим по цене [5]. Питание модуля может осуществляться как от 3.3 В, так и от 5 В (входное напряжение гальванической развязки). Питание задействовано от модуля USB или от самого инфузомата [5].

На входе устройства стоит гальваническая развязка ADuM6201, что повышает электробезопасность устройства и поражения пациента электрическим током при питании устройства от сети. Согласно документации, на данную микросхему, она выдерживает как минимум 5 кВ, что удовлетворяет ГОСТ (4 кВ). Выход с датчика имеет тип NC, то есть нормально закрытый (при вибрациях контакт будет размыкаться). На плате установлен подстроечный резистор R6 для регулировки порога срабатывания компаратора, чем больше номинал резистора, тем хуже чувствительность. Также установлены два светодиода для индикации питания датчика и срабатывания датчика (рисунок 3).

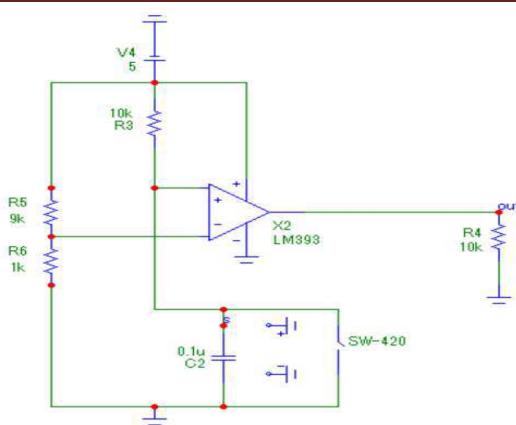


Рисунок 3 – Электрическая принципиальная схема подключения датчика

Для анализа данных, получаемых с датчика, был разработан алгоритм обработки сигнала. Так как датчик цифровой, то наличием или отсутствием капли внутри каплеобразующей колбы является соответственно значение «1» и «0». Также при считывании единиц и нулей происходит их оценка в каждый момент времени, контролирующая поступающий объем препарата в кровь пациента [1,3,4,9]. Если система зафиксировала недостаток препарата (10 %) или же наоборот его переизбыток (15 %), система останавливает свою работу, то есть прекращается подача вещества (рисунок 4).

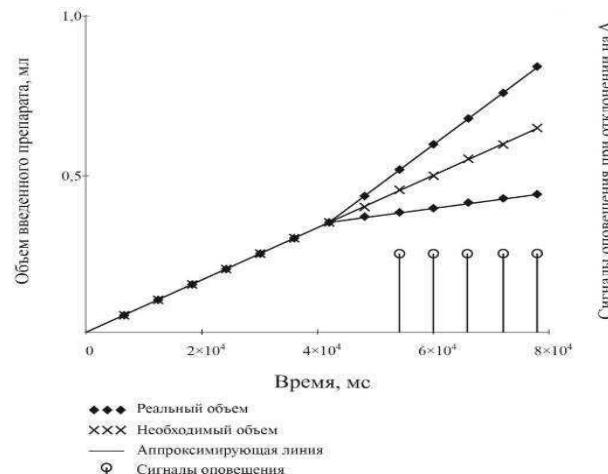


Рисунок 4 - График алгоритма работы датчика капель на сенсоре SW-420

В ходе работы была разработан блок АПК, способный с необходимой точностью регистрировать объем вливаемого препарата. С его помощью успешно производится регистрация капель сенсором SW-420 на разных скоростях инфузии [6]. В связи с цифровым модулем мы приняли уровень «логической единицы» за наличие капли в колбе и соответственно уровень «логического нуля» за ее отсутствие. На рисунке 5 представлена наглядная фиксация капли в каждый момент времени с частотой падения капель 60 ед/мин. Принимаем объем каждой капли одинаковым и равным 0,05 мл [4,5,8].

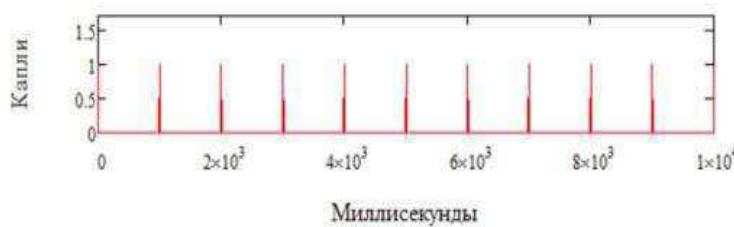


Рисунок 5 – Регистрация капли в течении 1-ой минуты при объеме вливания 1 мл/мин

Нарушение заданного алгоритма поступления препарата пациенту определяется по изменению объема вливания. На рисунке 4 представлена данная ситуация характерная для вливания 0,5 мл/мин. смоделирован случай, когда в результате неисправностей скорость вливания увеличилась вдвое до 1 мл/мин.

Таким образом, разработанный АПК, обеспечивает безопасность пациента и отслеживает поступление препарата в зависимости от объема и скорости инфузии [5,6]. Разработанный нами комплекс предполагает

использование в платах интенсивной терапии, реабилитации, а также при анестезиологии и на сложных и долгих операциях, где необходимо чётко контролировать состояние пациента.

Библиографический список

1. B.Braun. Instructions for use infusomatfmS. Available at: http://www.frankshospitalworkshop.com/equipment/documents/infusion_pumps/user_manuals/B.Braun%20Infusomat%20fmS%20-%20User%20manual.pdf, accessed 24. 02. 2017.
2. Bruce McCormick. Control leaf of WHO - safety of surgical intervention // Update in Anaesthesia. 2009. Vol. 14. P. 5-6.
3. DatasheetLM393. [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://datasheetspdf.com/704553/LM393.html> (дата обращения 19.05.2017)
4. Алёшин и др. Методы решения проблемы дорожно-транспортного травматизма на автомагистралях России с помощью технических средств / Алёшин В.Д., Филиппова Н.А., Матанский С.В., Писарева А.В. // Тенденции развития науки и образования. 2016. № 15-1. С. 5-8.
5. Барышева Е.Ю., Николаенко А.О. Разработка метода контроля объема вливания препаратов для безопасного использования волюметрических инфузионных насосов // Молодежный научно-технический вестник. 2017. № 4. С. 29.
6. Барышева Е.Ю., Николаенко А.О., Кудашов И.А. Метод контроля объема вливания препаратов для безопасного использования инфузионных насосов / Политехнический молодежный журнал. 2017. № 5 (10). С. 1.
7. Васильев и др. Аспекты патогенеза венозных трофических язв и пути коррекции иммунологических нарушений / Васильев И.М., Мурanova А.В., Смирнова Е.С., Богданец Л.И., Синопальников В.И. // Клиническая медицина. 2016. Т. 94. № 11. С. 820-826.
8. ГОСТ Р МЭК 60601-2-24-201. Изделия медицинские электрические. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик к насосам инфузионным и контроллерам. Введ. 2015-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2014. 49 с.
9. ГОСТ Р. Магистрали инфузионные однократного применения. Общие требования к безопасности и совместимости. Введ. 2015-01-01. М.: Изд-во стандартов, 2014. 9 с.
10. Ефремов А.А., Писарева А.В., Николаев А.П. Применение импедансного электрохирургического аппарата в онкохирургии и разработка модуля обратной связи // Тенденции развития науки и образования. 2016. № 15-2. С. 17-19.
11. Журавлёв А.К. и др. Вегетативный тонус и регуляция системы кровообращения у спортсменов при стрессовых ситуациях и профилактика аритмий / Журавлев А.К., Семикин Г.И., Голубев Ю.Ю., Голубева Г.Ю., Нечушкин Ю.В. // Живая психология. 2017. Т. 4. № 3. С. 231-240.
12. Филиппова Н.А. и др. Сравнительный анализ существующих методов мониторинга состояния водителя / Филиппова Н.А., Алёшин В.Д., Матанский С.В., Писарева А.В. // В сборнике: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией. 2016. С. 300-303.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF CORRECTION OF DOSAGE OF THE PREPARATION AT INFUSION THERAPY USING INFUSION PUMPS

Nikolaenko A. O., Sinopalnikov V.I., Nikolaev A.P., Pisareva A.V., Vilkova D.I., Nemtsova A.S.

Bauman Moscow State Technical University (BMSTU), aesgt@yandex.ru, sin-vladimir@rambler.ru, apnikolaev@yandex.ru, paypav.06@mail.ru, dariakandyba@yandex.ru, a.s.nemtsova@gmail.com

The article is devoted to the development of a laboratory model of the hardware-software complex (AIC), which is designed to record droplets in a drop-forming flask through the arising vibrations from each drop. The developed hardware and software complex will ensure the proper safety of the patient during the infusion therapy, notifying medical workers about the violation of the established treatment regimen. The hardware and software complex consists of a vibration sensor on the SW-420 sensor, a signal processing unit and an audio warning system. In the future, it is planned to increase the sensitivity of the sensor, thereby increasing the level of patient safety.

МНОГОМОДАЛЬНЫЙ ИНТЕРФЕЙС КОММУНИКАЦИИ СЕРВИСНОГО МЕДИЦИНСКОГО РОБОТА И ЧЕЛОВЕКА

Рогаткин Д. А., Лапаева Л. Г.

ГБУЗ МО Московский областной научно-исследовательский клинический институт
(МОНИКИ) им. М.Ф. Владимира, d.rogatkin@monikiweb.ru

Введение. Интерфейс общения робота и человека является одним из ключевых элементов при создании автономных мобильных сервисных медицинских роботов (СМР) [1-3]. Анализ литературы показал, что работы по созданию эффективного современного интерфейса общения человека и мобильного СМР необходимо вести в направлении разработки многомодальных интерфейсов [3-5], опирающихся в своей основе на активный речевой диалог, как на наиболее естественный и легко анализируемый для большинства людей, включая маленьких детей, но с дублированием и дополнением всех голосовых функций функциями ввода/вывода параллельной визуальной информации на экран монитора и тактильной информации на соответствующие тактильные устройства: обычная клавиатура, дисплей с функцией touch-screen, клавиатура типа клавиатуры Перкинса, дисплей Брайля и т.п. Это представляется наиболее перспективным для СМР, т.к. в больницы могут приходить пожилые люди, люди с заболеваниями органов зрения, с нарушением слуха и т.д., поэтому для них надо предоставить максимально широкую возможность выбора самых разных способов общения, в т.ч. возможность общения с СМР полностью слепоглухонемому человеку. Соответственно, разрабатываемый интерфейс общения СМР должен содержать все такие возможности и технические компоненты для их реализации. В данной работе рассматривалось одно из возможных идейно-технических решений указанной проблемы.

Идейно-техническое решение. Современный СМР, согласно существующей парадигме, представляет собой мобильную автономную платформу с набором сенсоров и исполнительных органов [6]. Для регистрации подходящих и попадающих в поле зрения робота людей предлагается использовать систему технического стереоизрения, состоящую из двух видеокамер, установленных на платформе на высоте головы человека среднего роста. Ниже камеры на специальной горизонтальной подставке устанавливается видеомонитор с технологией «Touch-Screen» и обычная текстовая клавиатура, совмещенная с клавиатурой в стиле Перкинса и дисплеем типа дисплея Брайля (конкретный внешний вид конструкции зависит от конкретного дизайна робота). Последние два устройства необходимы для общения со слепыми и слепоглухонемыми пациентами.

Определение положения тела человека и слежение за его лицом могут быть реализованы сегодня с помощью стандартных алгоритмов, регистрирующих перемещение небольших естественных маркеров - точек лица (центр верхней губы, кончик носа, переносица, зрачок глаза и др.) в поле зрения камер, что позволяет увеличить рабочесть определения координат собеседника при его быстрых движениях. Для основных процедур регистрации и обработки видеосигнала может применяться библиотека OpenCV, или система технического зрения LabVieW, устанавливаемая на борт робота.

Для фиксирования поступающей аудиоинформации и передачи ее в систему распознавания речи предлагается использовать стереосистему из двух микрофонов. Возможно также применение алгоритма аудиолокализации, основанного на методе взаимной корреляции сигналов (General Cross Correlation — GCC) с применением весовой функции PHAT (Phase Transform).

Базовый сценарий работы СМР в режиме общения (диалога) с человеком, учитывающий действия пользователя, предлагается сформировать из трех основных фаз:

1. Подготовительная фаза: приветствие, начало общения.
2. Рабочая фаза: диалог.
3. Заключительная фаза: завершение общения.

Важно, чтобы робот понимал происходящее в общем контексте общения. Для этого, как показал анализ, наиболее простая стратегия – предоставить роботу возможность активно управлять процессом и самому направлять общение в нужное русло. При этом общение может быть инициировано как самим роботом, если он видит и распознает особое внимание человека к себе (человек близко подходит к роботу, внимательно рассматривает интерактивный экран, пытается что-то сказать роботу, выбрать пункты меню на экране и т.д.), так и человеком. В последнем случае наиболее вероятным первым обращением человека к роботу по аналогии с “OK, Google!” будет какой-либо эквивалентный вариант:

- Эй, робот!
- Здравствуй, робот!
- Привет, робот!
- Скажи, робот, ... и т.п.

Список ключевых возможных слов в обращении к роботу List_initial_phrases={....} должен закладываться в систему распознавания речи на этапе разработки, но может и дополняться по мере обучения робота. Если обращение и внимание к роботу со стороны человека распознано, возникает ситуация, когда робот должен отреагировать на обращение – ответить: «Здравствуйте», взять на себя инициативу в диалоге и предложить варианты дальнейших действий: «Задайте вопрос», «Выберите нужный Вам пункт меню на экране», и т.д. Это позволит роботу далее лучше «понимать» происходящее и направлять общение в нужное русло.

Неважно в каком виде, произнесенная голосом или введенная с экрана путем выбора пунктов меню, вся последующая информация и обращения-запросы, поступающие в интерфейс робота от человека, могут быть, как показали исследования, разделены на три основные категории, влекущие за собой разные действия робота:

1) Команда. Робот получает явную команду от человека и начинает действовать согласно этой команде, например, ему выдается команда найти пациента N на территории клиники и проводить его на процедуры в кабинет №X.

2) Запрос информации (особая разновидность команды выдать информацию). Робот получает запрос на стандартную справочную информацию (указать расположение комнат, подсказать, кто лечащий врач пациента N, и т.д.) и выдает эту информацию голосом или в виде текста на экран из имеющегося списка информационный файлов List_help_information={....} в базе данных справочной информации.

3) Не распознано. Информация и намерения человека не распознаются роботом однозначно. Тогда необходимо уточнение вопроса/команды. В этом случае возникает ситуация «диалог». Наиболее оптимальен тогда возврат на этап начального общения с предложением вариантов действий со стороны робота, возможно, дополненных уточняющими вопросами и повторно озвученными предложениями, синонимично переформулированными согласно ситуации, если человек их в первоначальной формулировке не расслышал или не понял.

В замкнутом виде логическая структура алгоритма такого варианта функционирования интерфейса представлена на рис. 1.

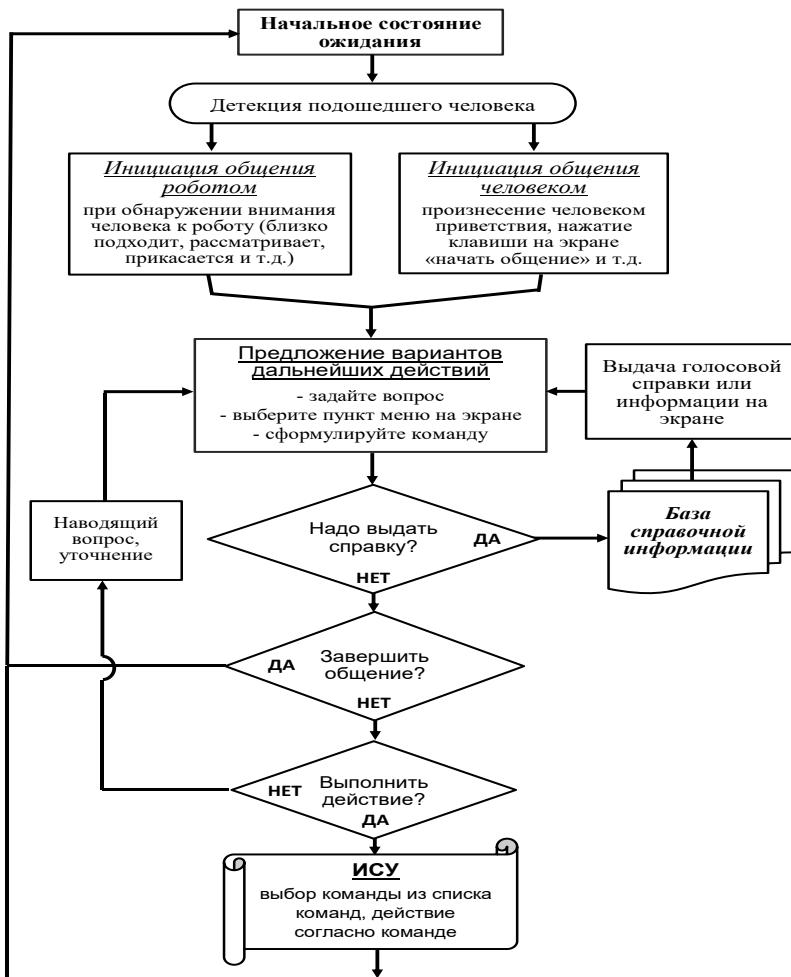


Рисунок 1 - Алгоритм функционирования интерфейса общения робота с человеком

Как легко понять из представленной схемы, во многих случаях возможна ситуация автономного функционирования интерфейса по жестко заданному алгоритму без его связи с интеллектуальной системой управления (ИСУ) СМР, т.к. при общении с человеком и уточнении запросов никаких автономных действий робота не требуется, за исключением, быть может, поворота «лицом» к говорящему, соблюдение доверительной дистанции и т.д., что может быть реализовано в рамках простейших детерминированных алгоритмических процедур, без привлечения какого-либо серьезного машинного «интеллекта». Включение же в работу ИСУ реально необходимо только тогда, когда распознана и подтверждена команда к действию. При этом первое проявление человеком внимания к роботу и обращение к нему также может быть сразу интерпретировано как команда, например, команда «начать общение» (Robot_commands_={start communication,;}).

Любая команда от человека является для робота указанием на какое-либо действие [4]. Для эффективной работы роботу в каждой ситуации требуется команда-целеуказание [7]. Предлагаемый интерфейс в целом функционирует квазиавтономно в режиме выдачи справочной информации и уточнения поступающих запросов. При поступлении конкретной команды от человека и дополнительного подтверждения роботу, что он правильно понял команду и все ее параметры, интерфейс генерирует для ИСУ флаг активизации мотивации к

действию и код распознанной команды, т.е. формирует целеуказание к действию в структуре интерфейса робота.

Соответственно данному алгоритму и разработанной идеологии функционирования интерфейса общения в структурно-функциональную схему интерфейса должны входить:

- сенсоры поступающей информации,
- модуль распознавания поступающей информации (речи и т.п.),
- средства отображения и озвучивания выдаваемой роботом человеку информации,
- речевой процессор для поддержания диалога,
- база справочной информации в виде аудио и видеофайлов,
- блок распознавания команд,
- блок формирования команд действий робота.

Работу интерфейса предлагается реализовать с опорой на лингвистический процессор (Рис. 2). В этом варианте любой сенсор (аудио, видео, тактильный) должен иметь соответствующий контроллер, который после распознавания сигналов будет формировать соответствующий текстовый файл, описывающий поступающие от человека запросы. Этот текстовый файл по списку ключевых слов-обращений далее будет пригоден для распознавания в нем семантического содержания (смысла) современными средствами лингвистических процессоров (анализаторов текста). Такие лингвистические процессоры сегодня известны, например, лингвистический процессор ЭТАП-3 (<http://iitp.ru/tu/researchlabs/922.htm>) или "Semantix" (<http://ipiranlogos.com/ru/Linguistic-1/>). Лингвистические процессоры проводят машинный морфологический, синтаксический и семантический анализ текста и запросов, содержащихся в нем, формируя команды управления роботу. Соответственно, текстового файла, описывающего ситуацию и вопросы (просьбы) человека, будет достаточно для его работы, чтобы обеспечить функционирование алгоритма согласно Рис. 1. Например, ключевые вопросы в файле: «где?», «когда?», «кто?» и др. сформируют команду выдачи наиболее релевантной справки по теме вопроса. Более конкретные команды действий могут быть лингвистическим процессором транслированы далее в ИСУ. Этот же лингвистический процессор может быть использован для синтеза ответных сообщений человеку от робота. В этом случае лингвистический процессор должен сформировать соответствующие текстовые файлы и отправить их устройствам общения (Рис. 2).



Рисунок 2 - Работа интерфейса с опорой на лингвистический процессор

Более сложная ситуация возникает, когда человек-оператор лишен нормального зрения и слуха, что является частой ситуацией в клиниках. Для просто слабовидящих и совсем слепых людей во многом достаточно речевого общения. Клавиатура компьютера для ввода информации при этом должна быть дополнительном снабжена функцией «проговаривать» набираемые символы и озвучивать нажимаемые клавиши. Подавляющее большинство людей сегодня знакомы с клавиатурой ввода/вывода символов, понятиями «ввод», «назад», «стереть символ слева и т.д.», поэтому для слепых людей, особенно имевших раньше зрение, озвучивание функций клавиш, к которым они прикасаются, может оказаться достаточным при общении с компьютером (редкие случаи слепых инвалидов без рук в данной работе не рассматриваются). Для людей же с потерей зрения, и слуха единственное на сегодня массово известное устройство отображения информации – дисплей Брайля. Это устройство вывода и отображения текстовой информации в виде точечных символов (язык Брайля). Брайлевский символ изображается комбинацией рельефных точек высотой 0,6 мм и диаметром 1,4 мм, расположенных в ячейке размером 4,2×7 мм. Расстояние между ячейками составляет 3,75 мм по горизонтали и 5 мм по вертикали. В «традиционном» 6-точечном варианте языка Брайля кодирует 63 символа. Этого, в принципе, достаточно для обозначения букв любого национального алфавита, а также цифр и знаков препинания. Служебные символы указывают, что следующие за ними символы – цифры или заглавные буквы.

Однако на практике их часто опускают, а цифры от букв отличают по контексту. В наше время получил распространение и расширенный 8-точечный вариант, которым можно изобразить до 255 разных символов. В компьютерной сфере применяется именно это представление, и символы шрифта Брайля включены в кодовую таблицу Unicode 6.0 наряду с символами латиницы и национальных алфавитов. В некоторых европейских языках две нижние точки ячейки (точки 7 и 8) используются как часть стандартных для этих языков символов шрифта Брайля. Однако чаще эти точки отводятся под служебную информацию. Например, с их помощью обозначают позицию курсора, прописные буквы, выделение и другие атрибуты текста. Для ввода символов и перемещения курсора совместно с дисплеем Брайля, как правило, используется соответствующая восьмиклавишная клавиатура, подобная брайлевской клавиатуре Перкинса. Комбинация нажатых клавиш на клавиатуре Перкинса однозначно соответствует комбинации отображения 8-точечного символа. В итоге в комбинации клавиатуры в стиле Перкинса и дисплея Брайля не сложно организовать ввод-вывод любой символьной информации для незрячих и одновременно глухих людей, легко компонующийся с идеологией использования лингвистического процессора.



Рисунок 3 - Пример дисплеев Брайля с клавиатурой в стиле Перкинса при работе компьютером

Заключение. Одним из направлений для увеличения функциональности автономных мобильных сервисных медицинских роботов (СМР) является задача разработки эффективного интерфейса общения с человеком. Разрабатываемый интерфейс должен содержать такие возможности и технические компоненты для реализации, чтобы обеспечить активный речевой диалог, как наиболее естественный и легко анализируемый для большинства людей, включая маленьких детей, с параллельным дублированием и дополнением всех голосовых функций функциями ввода/вывода визуальной информации на экран монитора и тактильной информации на соответствующие тактильные устройства: обычная клавиатура, дисплей с функцией touch-screen, клавиатура типа клавиатуры Перкинса, дисплей Брайля и т.п. (многомодальный режим работы). Это необходимо, ибо в больнице могут приходить пожилые люди, люди с заболеваниями органов зрения, слуха и т.д., поэтому для них надо предоставить максимально широкую возможность выбора самых разных способов общения, в т.ч. обеспечить возможность общения с СМР полностью слепоглухонемому человеку. Предложенная концепция позволяет реализовать все эти функции достаточно простыми и имеющимися уже на рынке средствами.

Библиографический список

1. Прищепа М.В., Баранов К.Ю. Особенности разработки пользовательского интерфейса мобильного информационного робота // Изв. Вузов. Серия «Приборостроение», т.55, №11, 2012. - с.46-51.
2. Краевский С.В., Рогаткин Д.А. Медицинская робототехника: первые шаги медицинских роботов. // Технологии живых систем, т.7, №4, 2010, с.3-14.
3. Ющенко А.С. Человек и робот – совместимость и взаимодействие // Робототехника и техническая кибернетика, 2014, 1(2). – с. 4-9.
4. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г. Интерфейс общения с сервисным медицинским роботом // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия "Приборостроение", №1(112), 2017. - с.35-48.
5. Карпов А.А., Ронжин А.Л. Многомодальные интерфейсы в автоматизированных системах управления // Изв. Вузов, Серия «Приборостроение». 2005. Т. 48, № 7. С. 9-14.
6. Рогаткин Д.А., Лапитан Д.Г., Лапаева Л.Г. Концепция автономных мобильных сервисных роботов для медицины // Биомедицинская радиоэлектроника, №5, 2013, с.46-56.
7. Осипов Г.С. Лекции по искусственному интеллекту. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2014.

MULTIMODAL INTERFACE FOR COMMUNICATION BETWEEN SERVICE MEDICAL ROBOT AND PEOPLE

Rogatkin D.A., Lapaeva L.G.

Moscow Regional Research and Clinical Institute "MONIKI"

named after M.F.Vladimirskiy, d.rogatkin@monikiweb.ru

In the article, some specialties of the development and design of the multimodal interface for communication between service medical robot and people are considered. The choice of a variant of a multimodal interface is substantiated. Such interface provides an active voice dialogue, as the most natural and easily analyzed for most people, including small children, with parallel duplication of all voice functions with visual input and output on the monitor screen as well as with tactile input and output of information on the corresponding tactile devices: conventional keyboard, display with touch-screen function, Perkins type keyboard, Braille display, etc.

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА ЭКЗОСКЕЛЕТА ДЛЯ РАБОТЫ НАД ЛИКВИДАЦИЕЙ КАТАСТРОФ

Савченко А. Г., Ятчений О. С., Апоплонова И. А., Писарева А. В.

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, aleksandr.savchenko.95@bk.ru,
olenonok3@mail.ru, apollonova-i@yandex.ru, paupav.06@mail.ru

Робототехника сегодня является одной из самых активно развивающихся отраслей знания. Экзоскелеты, которые предназначены для разгрузки оператора, и которые повторяют его биомеханику, представляют собой одно из наиболее перспективных направлений развития шагающих роботов (ШР). Значительная часть исследований в области создания экзоскелетов и робототехники в целом направлена на исключение человеческого присутствия из мест, в которых от человека требуется выполнение опасных работ, либо же выполняет задачу предоставления человеку ряд силовых преимуществ, нацеленных на повышение безопасности проводимых работ и увеличению полезного действия. Таким образом, становится очевидным приоритетное направление области создания экзоскелетов, а именно выполнение задач, которые связаны с ликвидацией последствий природных или техногенных катастроф, помимо военной и медицинской области [1].

В Российской Федерации в вопросе разработки экзоскелетов наблюдается значительное отставание от западных стран [7]. Наибольшие успехи были достигнуты в работах над проектом Exoatlet в НИИ Механики МГУ им. М.В. Ломоносова [6]. Следствием такого анализа ситуации открывается крайне актуальная задача разработки исполнительного механизма экзоскелета [12].

Использование экзоскелетов в широком и повсеместном масштабе сдерживается отсутствием бортового источника энергии, способного поддерживать автономность исполнительного механизма на должном и продолжительном уровне. Однако результаты исследований [8-10], посвящённых вопросам создания силовых установок мобильных роботов, позволяют надеяться на скорое разрешение данной проблемы. Управление экзоскелета оператором также представляет собой существенную проблему, так как человеческий организм является сложной нелинейной системой с распределёнными параметрами. Некоторые аспекты данного вопроса рассмотрены в работах [1-3].

Области применения экзоскелета капсульного типа

Шагающие роботы, по сравнению с гусеничными или колесными машинами, обладают более высокой проходимостью и малыми энергетическими затратами в условиях передвижения по сильно пересечённой, заваленной обломками местности.

Основными преимуществами является применение экзоскелетов для предупреждения и борьбы с последствиями техногенных и природных катастроф [1]. Возможные сценарии применения экзоскелета капсульного типа приведем ниже.

1. Защита от последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: разбор завалов, доставка средств медицинской помощи, постройка плотин при наводнениях.
2. Пожарная безопасность: тушение пожаров в высотных зданиях, защита от задымления и огня.
3. Безопасность людей на водных объектах: разбор подводных завалов.
4. Медицинское обеспечение в чрезвычайных ситуациях: эвакуация раненых из зоны поражения.
5. Безопасность на объектах ведения горных работ: на исполнительный механизм (ИМ) экзоскелета могут быть установлены газовые анализаторы, позволяющие определить опасную концентрацию газов и вовремя предупредить человека-оператора о необходимости срочной эвакуации [12].

Построение исполнительного механизма экзоскелета

Настоящая работа является продолжением ряда публикаций [1-5], освещающих исследования, направленные на создание исполнительного механизма экзоскелета. Работы [1, 3] посвящена анализу некоторых факторов биомеханики человека, являющегося необходимым этапом проектирования экзоскелета, сделан вывод о целесообразности создания макета исполнительного механизма. В настоящий момент практически отсутствуют методы, которые могли бы позволить синтезировать антропоморфные механизмы. Особенности суставов человеческого тела, представленные, для упрощения в реализации сочленений человека в конструкции исполнительного механизма экзоскелета, в виде цилиндрических либо сферических шарниров, не в полной мере отображают реальную картину движения и поведения. Рассмотрим вариант экзоскелета, в основе которого лежит оснащение электрогидравлическими следящими приводами, которые обладают

высокими энергосберегающими свойствами, а также хорошей динамикой. Принятая модель исполнительного механизма экзоскелета изображена на рисунке (рисунок 1).

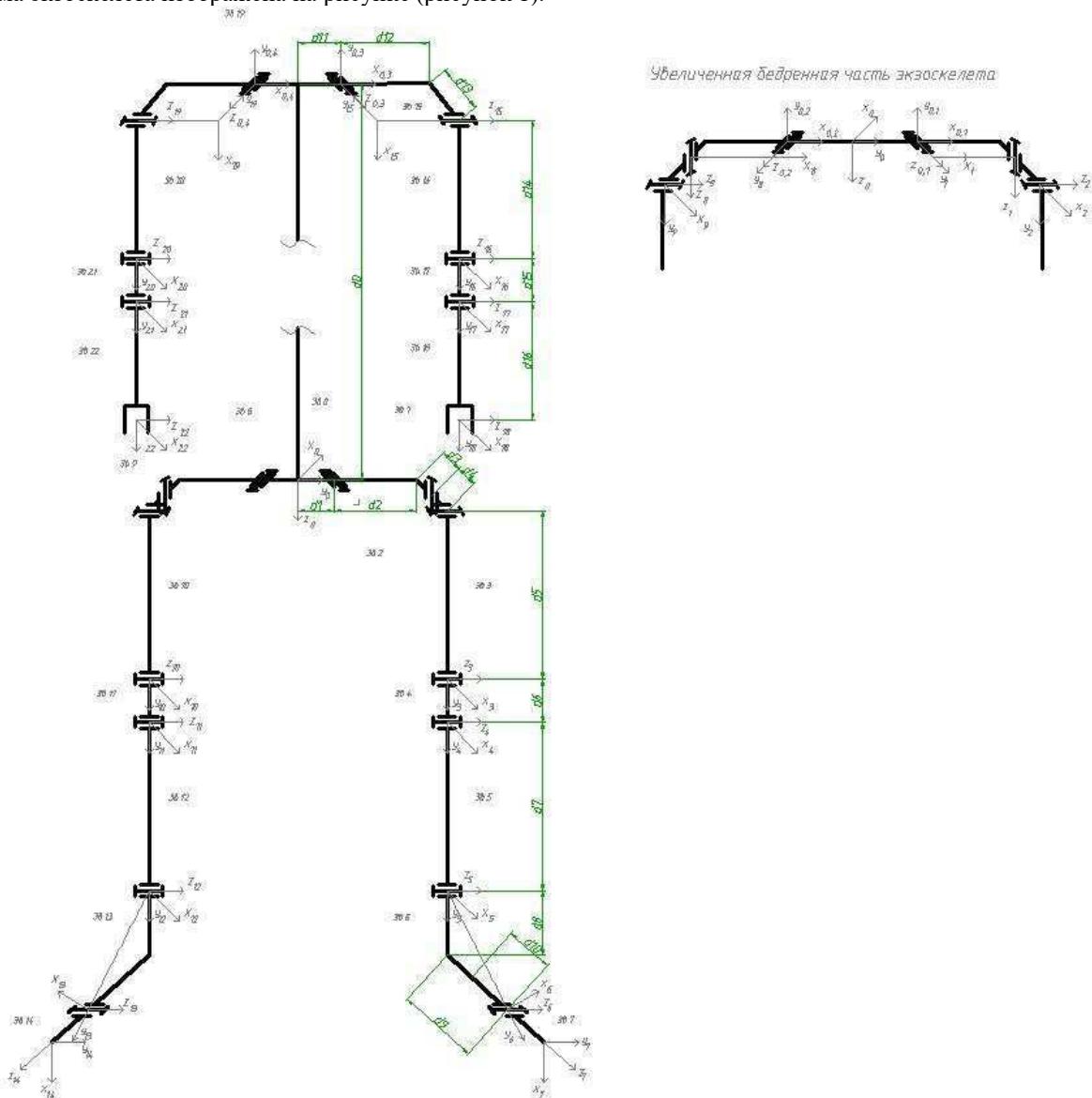


Рисунок 1 – Модель исполнительного механизма (ИМ) экзоскелета

В работе в качестве приводов выбраны именно такие электрогидравлические (основной вариант) и электропневматические (дополнительный вариант) следящие приводы. Последние выбраны в силу того, что движения, реализуемые данным типом приводов, очень близко к антропоморфным, то есть естественным для человека. Такой тип приводов является наиболее экологически безопасным в рабочей среде и представляет дешёвую элементную базу. Главный плюс для использования в экзоскелете капсульного типа в отсутствии необходимости в сложной и габаритной системе кондиционирования рабочей среды. В соответствии с имеющимися данными получены значения мощностей и моментов в сочленениях исполнительного механизма экзоскелета, которые соответствуют ходьбе человека по ровной поверхности.

Исследование динамики ИМ экзоскелета с учетом влияния реакций со стороны опорной поверхности

Математическая модель динамики проектируемого ИМ экзоскелета находится в процессе разработки, поэтому для оценки численных значений моментов и мощностей в сочленениях будем использовать математическую модель версий экзоскелета, описанную в [4,11]. Законы изменения обобщенных координат сочленений исполнительного механизма экзоскелета определим исходя из данных, которые приведены для походки человека [3].

На основании рассмотрения уравнения динамики исполнительного механизма экзоскелета [4] были получены значения моментов и мощностей в сочленениях исполнительного механизма, которые представлены на рисунке (рисунок 2).

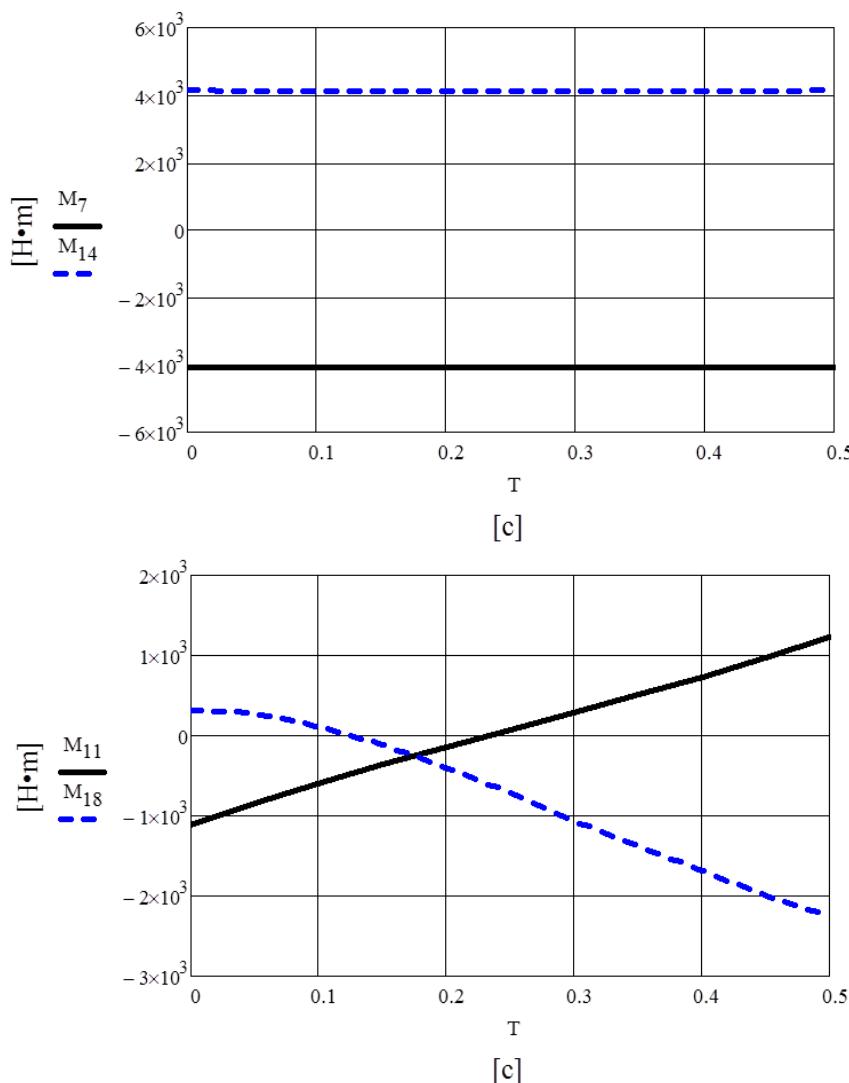


Рисунок 2 – Зависимость от времени моментов в сочленениях 7 и 11

Мощности в сочленениях 7 и 11 равны нулю, такое значение означает отсутствие изменения значения обобщенной координаты, поскольку в [4,11] рассматривается модель упрощенной походки человека.

Потребляемая мощность является определяющим параметром для автономности экзоскелета. Задача по её снижению решается за счёт оптимизации конструкции исполнительного механизма, а также внедрения энергоэффективных приводов и методов управления ими. Применённый метод расчёта энергетических параметров экзоскелета позволяет на протяжении всего процесса разработки изделия с минимальными временными затратами прогнозировать энергетические характеристики приводов, открывая перед разработчиками широкие возможности оптимизации конструкции.

Заключение

Проведён обзор современного состояния проблем, с которыми сталкиваются разработчики при создании антропоморфных шагающих роботов, исходя из чего, определены основные и наиболее перспективные направления развития настоящего проекта. Создан теоретический задел, необходимый для успешного проектирования исполнительного механизма экзоскелета.

Задачами на будущее стоит создание демонстрационного образца пассивного экзоскелета с нижними и верхними конечностями, на котором будут отработаны основные конструкторские и технологические решения. После планируется оснастка образца силовыми электрогидравлическими приводами и компактной силовой установкой. Далее будет проведён процесс испытаний, направленный, главным образом, на отладку системы управления экзоскелетом. Итогом служит создание демонстрационного образца многофункционального автономного экзоскелета.

Библиографический список

1. Алешин, В. Д. Методы решения проблемы дорожно-транспортного травматизма на автомагистралях

России с помощью технических средств / В. Д. Алешин, и др. // Тенденции развития науки и образования. 2016. № 15-1. С. 5-8.

2. Верейкин А. А. Расчёт исполнительных гидроцилиндров экзоскелета // Молодёжный научно-технический вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. – 2013. – №05. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/569290.html> (дата обращения 08.04.15).
3. Верейкин, А. А. Анализ некоторых факторов биомеханики человека как предварительный этап проектирования исполнительного механизма экзоскелета / А. А. Верейкин, и др. // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. – 2015. – №2. – С. 1-11.
4. Верейкин, А. А. Синтез кинематической схемы исполнительного механизма экзоскелета / А. А. Верейкин, и др. // Актуальные вопросы науки. – 2014. – № XIII. – С. 68-76.
5. Жуков, А. А. Архитектура системы управления экзоскелета / А. А. Жуков, и др. // Инженерный вестник. МГТУ им. Н. Э. Баумана. Электронный журнал. – 2015. – №2. – С. 546-553.
6. Ковальчук А.К., Верейкин А.А., Савченко А.Г. Анализ динамики древовидного исполнительного механизма робота-кузнеца с использованием модифицированной системы координат Денавита-Хартенберга // Естественные и Технические науки №1 2017. Входит в список журналов, рекомендованных ВАК РФ.
7. Лавровский Э.К., Письменная Е.В. О регулярной ходьбе экзоскелетона нижних конечностей при дефиците управляющих воздействий // Российский журнал биомеханики. – 2014. – Т. 18, №2. – С. 208-225.
8. Савченко А. Г., Зельцер А. Г. Анализ человеко-машинного взаимодействия на примере активного экзоскелета // Молодежный научно-технический вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал.-02 февраля 2016.– 8 с.
9. Савченко А. Г., Ятчений О. С. Сравнительный анализ особенностей конструкции роботизированных манипуляторов для модификации и андреации в экзоскелете капсульного типа // Инженерный вестник. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электронный журнал. – 04 апреля 2017. - №2. – С. 1-9.
10. Barth E.J, Riofrio J.A. Design of a Free Piston Pneumatic Compressor as a Mobile Robot Power Supply // Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation (18-22 April, 2005, Barcelona, Spain). P. 235-240. DOI: 10.1109/ROBOT.2005.1570125.
11. Raade J.M., Amundson K.R., Kazerooni H. Development of Hydraulic-Electric Power Units for Mobile Robots // Proceedings of IMECE 2005. ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition (5-11 November, 2005, Orlando, Florida USA). ASME, 2005. Paper no. IMECE2005-80138. P. 27-34. DOI: 10.1115/IMECE2005-80138
12. Raade J.M., Kazerooni H., McGee T.G. Analysis and Design of a Novel Power Supply for Mobile Robots // Proceedings of IEEE 2004. International Conference on Robotics & Automation (April, 2005, New Orleans, LA USA). P. 4911-4917.

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF THE ACTUATOR OF THE EXOSKELETON TO WORK ON THE ELIMINATION OF DISASTERS

Savchenko A. G., Atzeni O. S., Apollo I. A., Pisarev A.V.

Moscow state Technical University named after N. Uh. Baumana, e-mail: aleksandr.savchenko.95@bk.ru

Moscow state Technical University named after N. Uh. Baumana, e-mail: olenonok3@mail.ru

Moscow state Technical University named after N. Uh. Baumana, e-mail: apollonova-i@yandex.ru

Moscow state Technical University named after N. Uh. Baumana, e-mail: pavpav.06@mail.ru

The application areas of the capsule-type exoskeleton are disclosed. It is justified to create an executive mechanism that provides the exoskeleton the perception of external loads, and the operator the possibility of protection from external influences. In the paper, the application of cylindrical hinges with turning axes that coincide with the axes of the corresponding joints of the human operator, the exoskeleton, is considered, allowing him to perform typical actions. The kinematic scheme of the executive mechanism, taking into account the basic features of human biomechanics, is presented and allows it to perform typical actions. Studies of the exoskeleton control system have been carried out, and the concepts of exo-skeleton control systems have been proposed. The dynamics of the executive mechanism of the exoskeleton is calculated, the moments and powers of its drives are determined.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ СРЕДЫ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ

Скворцов С. П., Нажем А.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, skvortsov@bmstu.ru

Интенсивность ультразвуковой кавитации обычно определяют по степени выраженности одного из ее эффектов: скорости эрозии материалов, скорости звукохимических реакций, интенсивности сонолюминисценции и др. В медицинских задачах, в частности, при сочетанном действии ультразвука и лекарственных веществ на биоткани, определить и количественно оценить такие эффекты затруднительно. По этой причине в данной работе рассматриваются не эффекты кавитации, а амплитуда давления в ударных

волнах, возникающих при схлопывании пузырьков и порождающих большинство полезных эффектов кавитации [1].

Одним из методов интенсификации кавитационных процессов является поддержание значений температуры и избыточного давления в определенных границах.

Данные различных авторов о влиянии температуры на интенсивность ультразвуковой кавитации противоречивы. Согласно экспериментальным данным, проведенным в [1, 2, 3], интенсивность кавитации с ростом температуры может как увеличиваться, так и уменьшаться более чем в два раза. Избыточное давление, т.е. давление, превышающее сумму атмосферного давления и давления столба жидкости, согласно [1, 4] увеличивает полезные эффекты ультразвуковой кавитации.

В настоящей работе для выявления влияния температуры и избыточного давления применено численное моделирование пульсаций пузырьков на основе уравнения Кирквуда-Бёте и расчет максимума давления в возникающей ударной волне [1]:

$$R\left(1-\frac{U}{c}\right)\frac{\partial^2 R}{\partial t^2} + \frac{3}{2}\left(1-\frac{U}{3c}\right)\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 - \left(1+\frac{U}{c}\right)H - \frac{U}{c}\left(1-\frac{U}{c}\right)R\frac{dH}{dR} = 0, \quad (1)$$

где R - радиус пузырька, м; $U=dR/dt$ - скорость стенки пузырька, м/с; c - локальная скорость звука в жидкости, м/с; t - время, с; H - свободная энталпия на поверхности сферы, Дж/кг.

Свободная энталпия определяется как:

$$H = \frac{n}{n-1} \frac{A^{\frac{1}{n}}}{\rho_0} \left(\left((P_0 + 2\frac{\sigma}{R_0}) \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} - 2\frac{\sigma}{R} + B + P_n \right)^{\frac{n-1}{n}} - (P_0 - P_m \sin(\omega t) + B)^{\frac{n-1}{n}} \right), \quad (2)$$

где n , A и B - безразмерные коэффициенты; ρ_0 - плотность невозмущенной жидкости, м/с; P_0 - гидростатическое давление, Па; σ - поверхностное натяжение, Н/м; R_0 - начальный радиус пузырька, м; P_n - давление насыщенного пара, Па; P_m - амплитуда давления в ультразвуковой волне, Па; γ - показатель политропы; ω - круговая частота, с⁻¹; c - локальная скорость звука в жидкости:

$$c = \sqrt{c_0^2 + (n-1)H}, \quad (3)$$

где c_0 – скорость звука в невозмущенной жидкости, м/с.

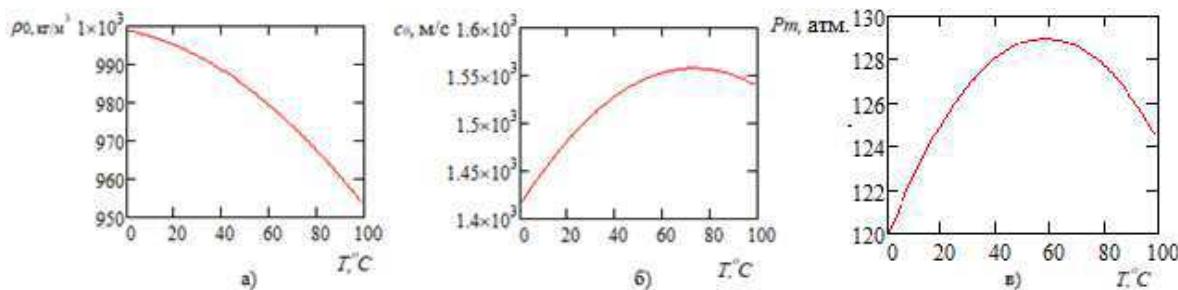
Влияние температуры учитывалось введением в (1)-(3) температурных зависимостей параметров среды и оценивалось по скорости схлопывания, среднему и максимальному радиусу пульсаций кривой $R(t)$. В Табл. 1 представлены диапазоны изменения входных и выходных параметров уравнений (1)-(3), и на рисунках 1,2 – вид зависимостей параметров среды и параметров пульсаций. Частота ультразвуковых колебаний принималась равной 26,5 кГц, амплитуда колебаний излучателя – 51,6 мкм, начальный радиус пузырьков R_0 – 5 мкм. Газ в пузырьках считался совершенным с показателем политропы 4/3.

На полученных данных видно, что наибольшее изменение при увеличении температуры претерпевает полное время схлопывания пузырька, средний и максимальный радиусы пузырька с ростом температуры увеличиваются. Это вызвано, по-видимому, ростом скорости звука c_0 и, соответственно, амплитуды давления в звуковой волне. Следовательно, энергия кавитации, запасаемая в кавитационном пузырьке и выделяющаяся при его схлопывании, также должна увеличиваться. Поэтому с ростом температуры можно ожидать увеличения давления в ударной волне.

Таблица 1. Влияние температуры на входные и выходные параметры уравнения Кирквуда-Бете, $T=0\ldots100^{\circ}\text{C}$

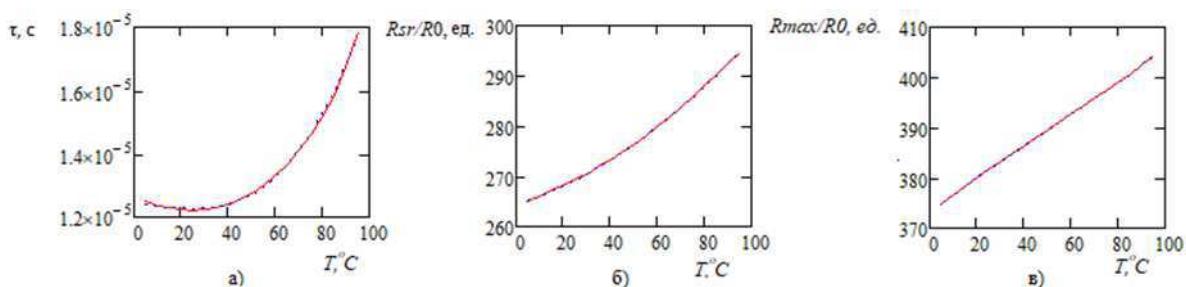
Параметр	Минимальное значение параметра	Максимальное значение параметра	Диапазон изменения значения параметра, %
Плотность невозмущенной жидкости, кг/м ³	953,8	998,9	4,7
Скорость звука в невозмущенной жидкости, м/с	1417,9	1557,6	9,9
Поверхностное натяжение, Н/м	$594,1 \cdot 10^{-4}$	$758,9 \cdot 10^{-4}$	27,7
Амплитуда давления УЗ поля, Па	$121,7 \cdot 10^5$	$130,7 \cdot 10^5$	7,4
Гидростатическое давление, Па	101371,7	101373,9	$2,2 \cdot 10^{-3}$
Давление насыщенного пара, Па	1597,4	91349	$5,6 \cdot 10^3$
Коэффициент n , ед.	5,5	7,3	32,2
Коэффициент A , Па	$3111,7 \cdot 10^5$	$3714,4 \cdot 10^5$	19,4
Коэффициент B , Па	$3110,7 \cdot 10^5$	$3713,4 \cdot 10^5$	19,4

Полное время схлопывания пузырька, с	$1.2 \cdot 10^{-5}$	$1.9 \cdot 10^{-5}$	55,8
Средний радиус пузырька, м	$1.3 \cdot 10^{-3}$	$1.5 \cdot 10^{-3}$	12,1
Максимальный радиус пузырька, м	$1.9 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-3}$	8,7



а) плотность невозмущенной жидкости, б) скорость звука в невозмущенной жидкости, в) амплитуда давления ультразвукового поля

Рисунок 1 - Зависимость входных параметров уравнения Кирквуда-Бете от температуры (амплитуда колебаний излучателя 51,6 мкм, частота 26,5 кГц; дистиллированная вода)



а) Полное время схлопывания пузырька; б) относительный средний радиус пузырька; в) относительный максимальный радиус пузырька.

Рисунок 2 - Зависимость параметров решений уравнения Кирквуда-Бете от температуры (амплитуда колебаний излучателя 51,6 мкм, частота 26,5 кГц; дистиллированная вода)

При схлопывании пузырька в среде возникают сферические волны конечной амплитуды. Расчет для данных волн был произведен с соответствии с [1] путем расчета функции G :

$$G(R, t_R) = R(H + \frac{U^2}{2}), \quad (4)$$

где t_R – момент времени, соответствующий текущему радиусу пузырька R , с, U - скорость на границе радиуса R , м/с, H – свободная энталпия, Дж/кг.

При распространении функции G на некоторое расстояние происходит ее запаздывание на время $t-t_R$, где t_R – время, отсчитываемое в системе отсчета, связанной со стенкой пузырька. Время $t-t_R$ зависит от текущего значения G . Эта зависимость приводит к тому, что решение для давления становится неоднозначной функцией времени. Устранение неоднозначности на основе законов сохранения потока массы, импульса и энергии позволяет определить в пространстве и времени координату фронта ударной волны и давление в ударной волне.

Расчет давления был выполнен для точки, удаленной от центра кавитационного пузырька на расстояние $r=R_{max}$, при этом R_{max} определялась в процессе решения (1)-(3). На рис. 3 представлен результат моделирования давления в ударной волне при амплитуде 51,6 мкм, частоте 26,5 кГц для дистиллированной воды. Как видно, эта зависимость имеет экстремум. По-видимому, на ожидаемый рост давления при увеличении температуры начинает все сильнее влиять быстрый рост давления насыщенных паров, препятствующего сжатию пузырька и приводящего к увеличению времени захлопывания (см. рисунок 2) и падению давления в ударной волне. Наличие максимума позволяет оптимизировать ультразвуковое воздействие по температуре. В медицинских задачах допустимый нагрев не должен превышать 42 °C, при этом давление в ударной волне увеличивается на 5,7% по сравнению с комнатной температурой и достигает 650 атм, а при нагреве до 58 °C – на 7,4%, при этом интенсивность ультразвука при прочих равных параметрах должна быть максимальна.

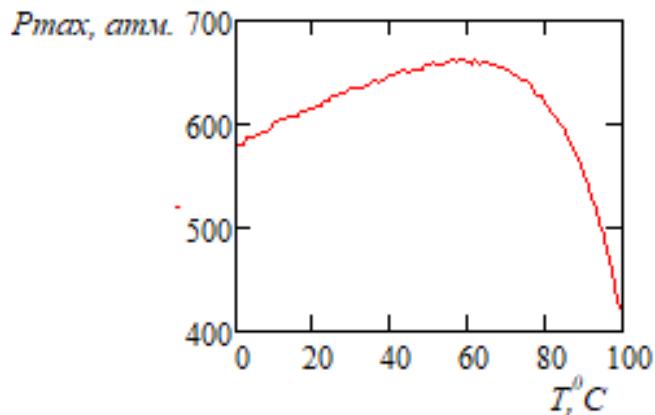


Рисунок 3 - Зависимость максимального давления в точке пространства $r=R_{max}$ от температуры (пояснения в тексте)

Описанный выше подход был применен для получения зависимости давления в ударной волне от избыточного давления в диапазоне от 0 до 90 атм, при этом значения других параметров считались постоянными, температура была равна 40°C . Полученный график представлен на рисунке 4, где по горизонтальной оси отложено избыточное давление, вычисляемое как разность гидростатического давления и атмосферного давления.

Наличие максимумов на этой зависимости не противоречит модели, описанной в [1], объясняющей наличие максимума минимальным газосодержанием в пузырьках. С ростом гидростатического давления часть воздуха переходит из пузырька в жидкость, и его газосодержание уменьшается. Однако наличие нескольких максимумов является неожиданным результатом и связано, по-видимому, с тем, что при увеличении гидростатического давления происходит увеличение времени жизни пузырька, при этом он схлопывается в следующем периоде ультразвука. Увеличение времени жизни пузырька ведет к накоплению в нем большей энергии, которая при схлопывании порождает большие давления в ударной волне.

Полученная зависимость (рисунок 4) показывает, что давление в ударной волне и, соответственно, интенсивность кавитации может изменяться в 17 раз, что требует правильного выбора параметров среды либо контроля интенсивности кавитации в реальном масштабе времени для достижения максимальной эффективности. На практике предпочтительным является второй подход ввиду невозможности одновременного учета всех параметров среды при работе ультразвукового излучателя. В частности, с течением времени происходит дегазация жидкости, в результате которой увеличивается давление в ударной волне, и нагрев жидкости, который может приводить как к увеличению, так и к уменьшению этого давления.

Таким образом, проведенное численное моделирование позволило:

- а) определить диапазон изменения давления в ударной волне при изменении температуры и избыточного давления;
- б) выявить экстремальный характер зависимости давления в ударной волне от температуры и избыточного давления;
- в) обосновать необходимость непрерывного контроля параметров ультразвуковой кавитации в процессе работы излучателя.

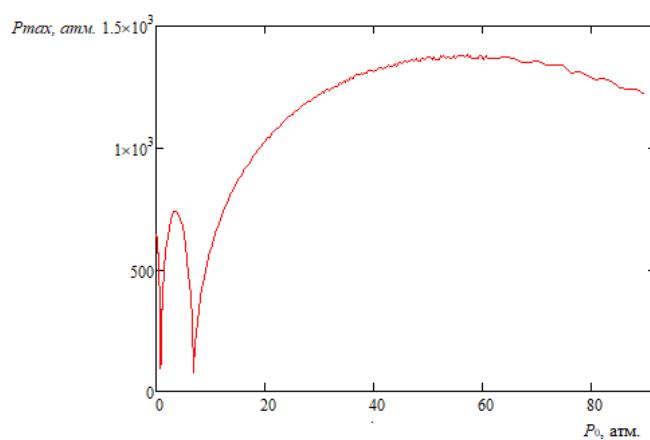


Рисунок 4 - Зависимость максимального давления в точке пространства $r=R_{max}$ от избыточного давления (температура 40°C , амплитуда колебаний излучателя 51,6 мкм, частота 26,5 кГц, дистиллированная вода)

Библиографический список

1. Розенберг, Л.Д. Мощные ультразвуковые поля/ Л.Д. Розенберг – М.:Наука, 1968. – 268 с.
2. Котухов, А.В. Исследование зависимости активности акустической кавитации от температуры жидкости / А.В. Котухов, А.В. Красовский, В.В. Шаплыко, Н.В. Дежкунов // Доклады БГУИР. – 2015. – № 6. – С. 36-40.
3. Iernetti G. // Temperature dependence of sonoluminescence and cavitation erosion in water. *Acustica*. – 1972/ - № 26. – Р. 168-169.
4. Сабельникова, Т.М. Метод ультразвуковой обработки инфицированных ран и устройство для его осуществления / Т.М. Сабельникова, В.В. Сабельников // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. “Приборостроение”. – 2015. - № 6. – С. 103-113.

INVESTIGATION OF WATER PARAMETERS INFLUENCE ON ULTRASOUND CAVITATION ACTIVITY

Skvortsov S.P., Najem A.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, skvortsov@bmstu.ru

The paper deals with low-frequency cavitation activity estimated via peak pressure in shock waves after bubbles collapse. Numerical modelling is resulted in peak pressure dependencies from temperature and from excessive pressure having maximum and minimum values. Analysis proved the necessity of real-time cavitation control during sonication.



ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ УЛЬТРАЗВУКОВОЙ КАВИТАЦИИ

Скворцов С. П., Сляднев Д. П.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, skvortsov@bmstu.ru

Применение низкочастотного ультразвука в медицине в ряде случаев основано на возникновении в жидкости кавитации. Возникающие при этом эффекты оказывают лечебное действие, например, при обработке ран, разрушении тромбов, при импрегнации антикоагулянтов в стенку кровеносного сосуда, а также способствуют предстерилизационной очистке хирургических инструментов, эмульгированию и диспергированию веществ [1-4].

Основными эффектами ультразвуковой кавитации являются ударные волны и локальные повышения температуры при схлопывании кавитационных пузырьков, направленное течение и микротечения вблизи пульсирующих пузырьков [1-5]. Кавитация сопровождается излучением акустического шума в широкой полосе частот и звукохимическими реакциями.

Для количественной характеристики действия кавитации используют понятие интенсивности, или эффективности, кавитации по степени проявления того или иного эффекта. Сам эффект выбирается в связи с особенностями конкретного применения ультразвука или из удобства наблюдения.

Ряд авторов сообщают о наличии максимумов эффективности кавитации [6,7]. В частности, в работе [6] экспериментально обнаружены максимумы проницаемости клеточных мембран при определенных амплитудах звукового давления.

Целью настоящей работы является нахождение на основе численного моделирования пульсаций кавитационных пузырьков наиболее эффективного режима кавитации. В качестве основы в данной работе принято, что на эффективность кавитации преимущественное влияние оказывает давление в ударной волне [5].

Для математического описания процесса пульсаций кавитационного пузырька использована модель Кирквуда-Бёте [5], учитываяющая сжимаемость жидкости:

$$R \left(1 - \frac{\dot{R}}{c_0}\right) \ddot{R} + \frac{3}{2} \left(1 - \frac{\dot{R}}{3c_0}\right) \dot{R}^2 + \left(1 + \frac{\dot{R}}{c_0}\right) H - \frac{\dot{R}}{c_0} \left(1 - \frac{\dot{R}}{c_0}\right) R \frac{dH}{dR} = 0, \quad (1)$$

где c_0 – скорость звука в невозмущенной жидкости, R – радиус кавитационного пузырька, H – свободная энталпия на поверхности сферы:

$$H = \int_{P_0}^{P(R)} \frac{dP}{\rho} = \frac{n}{n-1} \frac{A^{\frac{1}{n}}}{\rho} \left\{ \left[\left(P_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} - \frac{2\sigma}{R} + P_0 + B \right]^{\frac{n-1}{n}} - (P_0 - P_m \sin \omega t + B)^{\frac{n-1}{n}} \right\}$$

$$c = [c_0 + (n-1)H]^{0.5}$$

где A, B, n – постоянные коэффициенты; P_0 – гидростатическое давление в жидкости, $P_{\text{п}}$ – давление насыщенного пара, P_m – амплитуда звукового давления, ρ – плотность, σ – поверхностное натяжение, ω – круговая частота, c – скорость звука.

Уравнение (1) не имеет аналитического решения, его решения получены путем численного интегрирования. На рисунке 1 представлены некоторые типичные зависимости радиуса пузырька от времени, или формы пульсаций – однопериодная, двухпериодная и трехпериодная – соответствующие амплитуде колебаний излучателя 3 мкм, 17 мкм и 38 мкм на частоте 26,5 кГц.

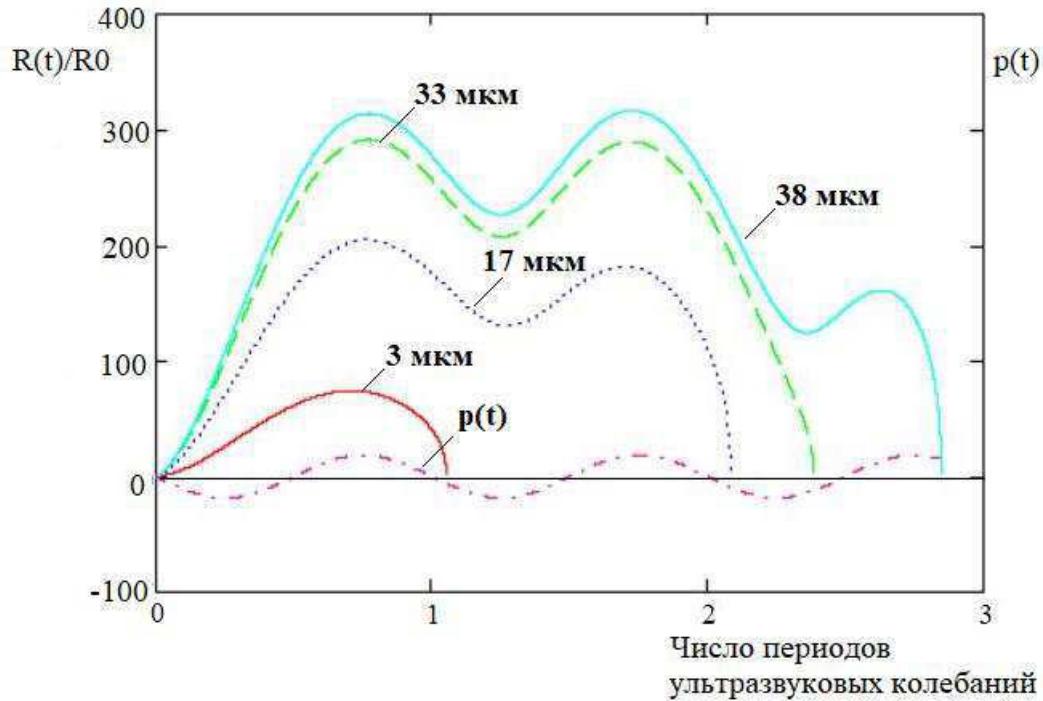


Рисунок 1 - Зависимость радиуса пузырька от времени при различных амплитудах звукового давления, $p(t)$ - закон изменения давления в продольной звуковой волне (частота 26,5 кГц, дистиллированная вода, температура 22 0C)

В момент схлопывания кавитационная полость излучает сферические волны конечной амплитуды, давление в которых определяется как [5]:

$$p = A \left[\frac{2}{n+1} + \frac{n-1}{n+1} \left(1 + \frac{n+1}{r \cdot c_0^2} \cdot G \right)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{2n}{n-1}} - B, \quad (2)$$

где r – координата исследуемой точки, G – функция на поверхности сферы:

$$G = R \left(H + \frac{U^2}{2} \right), \quad (3)$$

где H – свободная энталпия на поверхности сферы и $U = dR/dt$ определяются при решении уравнения (1). В данной работе величина r выбрана равной максимальному значению радиуса кавитационного пузырька при заданной амплитуде колебаний излучателя.

Время, за которое ударная волна достигает исследуемой точки, зависит от функции G и, следовательно, от давления p (2):

$$t = t_R + \frac{2G}{c_0^3} \left[\frac{1+2\beta u}{\beta u(1+\beta u)} - \frac{1+2\beta U}{\beta U(1+\beta U)} - 2 \ln \frac{(1+\beta u)\beta U}{\beta u(1+\beta U)} \right], \quad (4)$$

где t_R – время жизни кавитационной полости,

$$\beta u = \frac{1}{2} \left[\left(1 + \frac{n+1}{r \cdot c_0^2} G \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]$$

$$\beta U = \frac{1}{2} \left[\left(1 + \frac{n+1}{R \cdot c_0^2} G \right)^{\frac{1}{2}} - 1 \right]$$

Такая зависимость приводит к образованию ударных волн, давление и координата фронта которых рассчитывались в соответствии с [5]. На полученной зависимости (рисунок 2) отчетливо видны максимумы и минимумы, соответствующие разным типам пульсаций. Так, точке 1 соответствует двухпериодная пульсация со схлопыванием в конце 2-го периода звуковой волны (17 мкм на рис. 1), точке 2 (33 мкм на рис. 2) – двухпериодная пульсация с моментом схлопывания в середине 3-го периода звуковой волны. Многократное уменьшение давления в ударной волне можно, по-видимому, объяснить тем, что в первом случае на заключительном этапе пульсаций звуковая волна ускоряла сжатие стенки, а во втором – противодействовала сжатию.

Можно заметить, что одни и те же значения давлений могут быть достигнуты при различных значениях амплитуды ультразвукового излучателя (точки 1 и 3 на рис. 2). Это означает возможность достижения одинакового эффекта ультразвуковой кавитации при меньших амплитудах излучателя и, следовательно, с меньшим риском возникновения нежелательных побочных эффектов, например, из-за нагрева жидкости и контактирующих биотканей. Поскольку мощность излучения пропорциональна квадрату амплитуды колебаний излучателя, то мощности в точках 1 и 3 различаются примерно в 4 раза. Также нужно учесть, что повышение температуры изменяет параметры пульсаций самих пузырьков, поэтому уменьшение нагрева приводит к улучшению контроля за процессом ультразвукового воздействия.

Таким образом, зависимость давления в ударной волне от амплитуды колебаний излучателя имеет немонотонный характер, поэтому неконтролируемое увеличение амплитуды может приводить как к повышению, так и к существенному снижению эффективности кавитации, при этом увеличивая нагрев жидкости и риск нежелательных побочных эффектов.

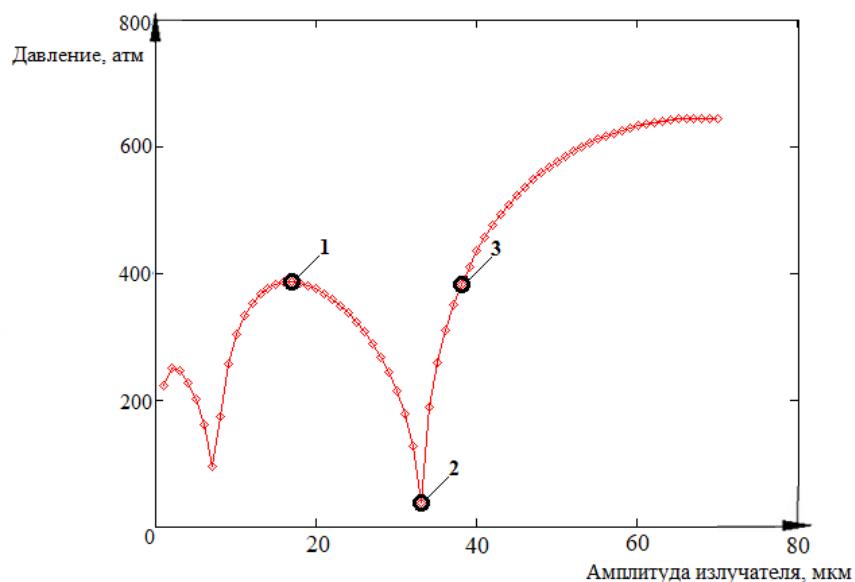


Рисунок 2 - Зависимость давления в ударной волне от амплитуды излучателя (26,5 кГц, 22 °C, дистиллированная вода)

Таким образом, проведенное численное моделирование:

- подтвердило предположение о существовании оптимальных параметров воздействия, соответствующих максимальным значениям давления в ударной волне;
- показало возможность снижения риска нежелательных побочных эффектов путем уменьшения амплитуды колебаний излучателя при одной и той же амплитуде давления в ударной волне;
- доказало необходимость контроля амплитуды ультразвукового излучателя и других параметров воздействия;
- позволило определить диапазон изменения давления в ударной волне (около 600 атм при частоте 26,5 кГц, 22 °C в дистиллированной воде).

Библиографический список

- Николаев Г.А., Лошилов В.И. Ультразвуковая технология в хирургии. – М.: Медицина, 1980.
- Акопян Б.В., Ершов Ю.А. Основы взаимодействия ультразвука с биологическими объектами / под ред. д.т.н., проф. С.И. Щукина. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. 224 с.
- Hill C.R. Physical Principles of Medical Ultrasonics. Chichester, UK, Ellis Horwood Limited, 1986.–282p.
- Бэйли М.Р., Хохлова В.А., Сапожников О.А., Каргл С.Г., Крам Л.А. Физические механизмы воздействия терапевтического ультразвука на биологическую ткань. (Обзор) // Акустический журнал. 2003. Т. 49, № 4. С. 437-464.
- Физика и техника мощного ультразвука. В 3 т. Т. 2. Мощные ультразвуковые поля / под ред. Л.Д. Розенберга. М.: Наука. 1968. 267 с.

6. Forbes M.M. The role of ultrasound contrast agents in producing sonoporation / M.M. Forbes. – University of Illinois at Urbana-Champaign, 2009. – 146 p.
7. Монахов В.Н., Пешковский С.Л., Попович А.С., Фомичев Б.И., Чиняков И.П., Яковлев А.Д. К вопросу о втором пороге ультразвуковой кавитации в воде // Акустический журнал. 1975. Т. 21, № 3. С. 432-435.

ULTRASOUND CAVITATION OPTIMUM REGIMENS INVESTIGATION

Skvortsov S.P., Slyadnev D.P.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, skvortsov@bmstu.ru

The paper deals with numerical modelling of shock waves after ultrasound bubble collapse. The dependence of shock wave pressure from vibrations amplitude has distinctive maximums and minimums corresponding to maximum and minimum cavitation effectiveness respectively. The results give quantitative approach to evaluate cavitation effectiveness and to optimize sonication process.



АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ КОРРЕКЦИИ СОСТОЯНИЯ ЧЕЛОВЕКА И АДАПТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОСТУРАЛЬНОЙ НАГРУЗКОЙ

^{1,2}Суворов Н. Б., ¹Сергеев Т. В., ^{1,2} Белов А. В.

¹ФГБНУ «Институт экспериментальной медицины»,

²Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ», nbsuvorov@yandex.ru

Технология биологической обратной связи (БОС) – это комплекс профилактических и лечебных психофизиологических процедур, в ходе которых пациенту (испытуемому) посредством внешней цепи обратной связи предъявляется информация о динамике собственных колебательных физиологических процессов. Сочетание стандартной терапии с адаптивным биоуправлением имеет большие перспективы в профилактической, амбулаторной медицине и реабилитации. Сеансы БОС нормализуют управляемую функцию и благоприятно влияют на другие функциональные системы организма. Отсутствие фармакологических воздействий и неинвазивность БОС отмечены в многочисленных публикациях.

Эффективность БОС приравнивается к возможности управления заданной функцией, величине выработанных сдвигов, их устойчивости во время и после исследования, возможности произвольного их воспроизведения без сигналов обратной связи, к клиническим результатам. Устойчивость и длительное сохранение достигнутых эффектов тренировок является одной из основных целей биоуправления.

В основе БОС лежит колебательный характер физиологических функций. Особое внимание обращено на функцию дыхания и её взаимодействие с сердечно-сосудистой системой. У здоровых людей молодого возраста в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами имеет место кардиореспираторная синхронизация (КРС) – при вдохе частота пульса растёт, при выдохе – падает. С возрастом эта согласованность между ритмами необратимо утрачивается. Практика работы с системами БОС убеждает в том, что этот важный механизм может быть устойчиво восстановлен, если будет нормализована функция дыхания.

В ФГБНУ «ИЭМ» разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) с обратной связью по сердечному ритму. В адаптивном программном модуле на основании анализа кардиоритма формируются параметры периодической целевой функции (ЦФ). ЦФ и кардиоритмограмма испытуемого предъявляются на мониторе, с помощью дыхания испытуемый модулирует свой кардиоритм, синхронизируя его с ЦФ [1].

Результаты исследований доказали возможность за 10–15 получасовых сеансов восстановить феномен КРС. Положительные результаты, полученные при реабилитации больных (возраст от 16 до 62 лет), сохраняются в течение года и более. Технологии БОС применимы в любом сознательном возрасте.

Исследования операторов управляющих систем, водителей и др. показали, что кратковременная тренировка ускоряет восстановление ритмов сердца и дыхания после физических упражнений, физиотерапевтических процедур, тренировок и соревнований, напряжённых вахт. Восстановление КРС способствует нормализации активности головного мозга. Если экстремальные факторы имеют систематический характер, то адаптивное биоуправление приобретает профилактический смысл, – при этом накопленные нарушения своевременно компенсируются. Помочь, оказанная посредством курса процедур управляемого дыхания с БОС («мобилизационное биоуправление»), не только желательна, но и необходима.

Знакопеременный кардиореспираторный тренинг (КРТ) – это психофизиологическая коррекция кардиоритма за счёт периодической смены активации и торможения управляемой функции в пределах индивидуальной нормы. Биоуправление с адаптивной обратной связью осуществляет тренировку симпатических и парасимпатических механизмов. Обычно используются зрительные и слуховые стимулы, которые в ряде случаев ограничивают применение кардиотренинга: невозможность предъявления сигналов обратной связи пациентам с нарушениями зрения или слуха; пациент во время КРТ находится в положении сидя, поэтому методы не показаны лежачим больным; не у всех пациентов удается создать необходимую мотивацию для выполнения заданий по биоуправлению; затруднено проведение сеансов у больных, вынужденных соблюдать строгий постельный режим; невозможно заниматься с детьми ранних возрастов и

пациентами со сниженными интеллектуальными способностями. При использовании этой технологии надо лишь объяснить пациенту, на какой фазе движущегося ложа следует делать вдох и на какой – выдох.

Цель – расширение сферы применения КРТ – разнообразие вариантов сигналов БОС, реализуемых с помощью поворотного ложа, на котором лежит испытуемый, позволяет осуществлять управляемые от параметров сердечного ритма колебательные постуральные воздействия (ПВ) орто- и антиортостатического характера. Колебания ложа задают испытуемому последовательность дыхательных движений.

Эффективность КРТ с ПВ состоит: в нормализации состояния пациентов; в восстановлении утраченного по разным причинам природного паттерна дыхания; в повышении вариабельности сердечного ритма; в восстановлении эффекта кардиореспираторной синхронизации; в тренировке кардиоваскулярной системы за счёт умеренной знакопеременной орто- и антиортостатической нагрузки с углами по отношению к горизонтальному положению до ± 15 градусов.

Изменения положения тела в пространстве вызывают гравитационное перераспределение внутренних сред и оказывают действие на весь организм. Постуральные воздействия влияют на вариабельность сердечного ритма (BCP), параметры дыхания и артериального давления [2-4 и мн. др.]. Перевод тела из ортостатического положения в антиортостатическое приводит к увеличению длительности вдоха, снижению частоты дыхания. Литературные данные свидетельствует о скоординированных перестройках в работе дыхательной мускулатуры, позволяющих сохранить резерв инспираторных мышц человека при воздействии антиортостаза. Приведённые сведения позволили применить ПВ с биологической обратной связью, реализуемой дыханием в ритме колебаний ложа.

Аппаратная часть комплекса состоит из датчиков физиологических параметров испытуемого, блока обработки сигналов датчиков, блока анализа физиологических данных и формирования периода колебаний ложа, системы контроля физиологических параметров, контроллеров электромеханических приводов, механизмы изменения положения ложа. В качестве поворотного ложа использован «Стол массажный с изменяемым положением ложа» со специальными средствами дистальной фиксации [5].

Период колебаний определяется путём спектрального анализа кардиоритмограмм (КРГ) испытуемого, – выделяется гармоника с максимальной амплитудой в диапазоне дыхательных волн с периодом 4–12 с. Для этого используется аппаратно-программный комплекс [6] (рис. 1).

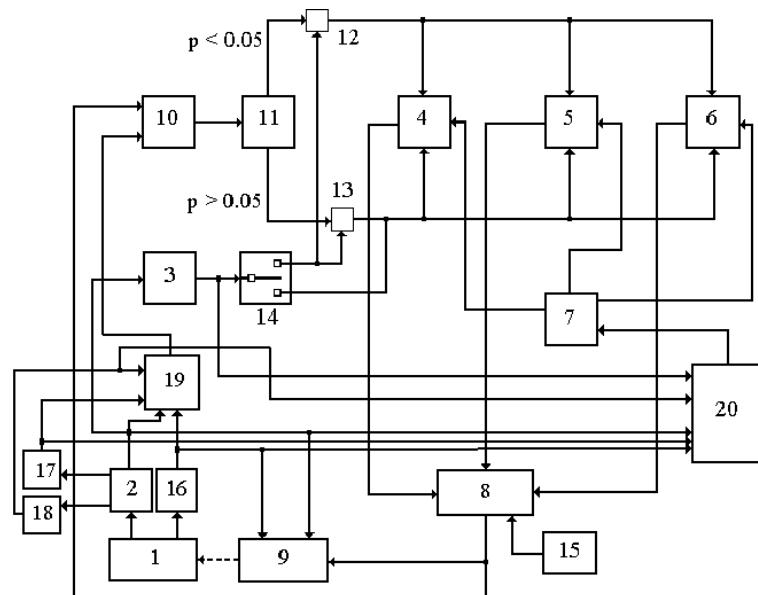


Рисунок 1 – датчик дыхания и датчик кардиосигнала, установленные на испытуемом, который является неотъемлемой частью БТС, так как его биологическая активность является регулятором в цепи сигналов БОС, 2

– блок усилителя кардиосигнала и формирования кардиоритмограммы (КРГ), 3 – блок статистического и спектрального анализа КРГ, 4 – блок определения периода колебаний ложа в диапазоне быстрых и медленных волн, 5 – блок определения амплитуды колебаний, 6 – блок определения постоянной составляющей колебаний, 7 – блок нормативных физиологических значений параметров сердечного ритма и дыхания человека, 8 – блок

генерации сигналов управления колебаниями ложа, 9 – монитор, 10 – блок вычисления коэффициента кросскорреляции между КРГ, колебаниями ложа, функцией дыхания, огибающей амплитудной модуляции R-зубцов электрокардиосигнала и частотной модуляции длительности кардиоинтервалов электрокардиосигнала, 11 – блок сравнения коэффициента кросскорреляции с табличным значением при уровне значимости различий

0.05, 12 и 13 – электронные ключи, 14 – переключатель режимов работы (исходные пассивные пробы –

положение ключа вниз, тренировочные активные пробы – положение вверх), 15 – блок управления длительностью фаз орто- и антиортостатических перемещений, 16 – блок усилителя функции дыхания, 17 – блок выделениягибающей амплитудной модуляции R-зубцов электрокардиосигнала, 18 – блок выделения

огибающей частотной модуляции длительности кардиоинтервалов электрокардиосигнала, 19 – блок переключения сигналов, 20 – блок динамической многомерной базы индивидуальных данных состояний пациента.

С него информация о периоде колебаний передаётся в блок управления движением ложа, который отрабатывает соответствующие колебания в течение двух минут (длительность пробы в сеансе). АПК позволяет регистрировать у пациента огибающие амплитудной и частотной модуляции электрокардиосигнала, функцию дыхания, кардиоритмограмму, оценивает среднюю ЧСС и спектральные характеристики сердечного ритма – значение периода и амплитуды максимальной гармоники КРГ в исходных пробах в состоянии расслабленного бодрствования с закрытыми глазами в положении лёжа, и во всех тренировочных (активных) пробах, для чего устройство содержит блок статистического и спектрального анализа КРГ. В блоке вычисления коэффициента кросскорреляции между собственной КРГ и колебаниями ложа определяется степень успешности выполнения задания по совмещению обеих функций после каждой тренировочной активной пробы, и соответственно меняются амплитудно-частотные параметры ЦФ. В блоке динамической многомерной базы данных состояний каждого пациента аккумулируется информация о результатах всех предыдущих и о текущей пробе КРТ (с разделением по пробам, сеансам и циклам). Эта информация сравнивается с обобщёнными нормативными данными по контролируемым физиологическим функциям с учётом возраста, пола, антропометрических параметров и т.д., хранящимися в блоке нормативных физиологических значений сердечного ритма и дыхания пациента, и формируется индивидуальная норма по каждому пациенту. На её основе происходит адаптивное формирование параметров ЦФ. В базе содержатся персональные данные о кардиоваскулярной системе пациента, результаты анализа исходных, тренировочных, контрольных проб, конечный результат, и графическое представление результатов. Параметры ЦФ изменяются после каждой пробы на 5 % в сторону усложнения, если предыдущая пробы была успешной, или упрощаются, если пробы не удалась [7]. 5-процентное изменение испытуемых не замечают, что не вызывает отрицательных реакций. Им даётся возможность самостоятельно за счёт модуляции КРГ дыханием в ритме колебаний ложа индивидуально прийти к адекватным параметрам ЦФ. Таким образом, автоматический адаптивный режим значительно повышает объективность принятых решений и их адекватность текущему состоянию человека. Ранее такие структурные схемы в подобных устройствах не применялись.

Реализовано несколько вариантов реализации ЦФ в форме колебаний ложа. Вдох испытуемый делает при движении ложа, на котором он расположен, вверх в сторону ортостатического положения, выдох – при движении в сторону антиортостатического положения; вдох – при движении в антиортостатическое положение, выдох – при движении в ортостатическое положение; вдох – при движении из горизонтального в ортостатическое положение, выдох – при движении из ортостатического в горизонтальное положение; вдох – при движении из ортостатического в горизонтальное положение, выдох – при движении из горизонтального в ортостатическое положение; вдох – при движении из антиортостатического в горизонтальное положение, выдох – из горизонтального в антиортостатическое положение; вдох – при движении из горизонтального в антиортостатическое положение, выдох – при движении из антиортостатического в горизонтальное положение.

Указанные варианты синхронизации дыхания с колебаниями ложа применяются как по отдельности, так и в их комбинациях (сочетания, перестановки) в сеансе или цикле КРТ в соответствии с состоянием пациента. Если угловая скорость колебаний в соответствии с условиями проведения КРТ задана постоянной ($\pm 0,017$ рад/с или ± 1 градус/с), то угол отклонения от горизонтального положения будет зависеть от периода колебаний (от $\pm 0,07$ до $\pm 0,21$ рад или ± 4 до ± 12 градусов). Если фиксирован угол ($\pm 0,174$ рад или ± 10 градусов), то скорость колебаний поворотного ложа будет варьировать от $\pm 0,044$ до $\pm 0,014$ рад/с или $\pm 2,5$ до $\pm 0,83$ градус/с.

Сеанс КРТ продолжается до нормализации состояния кардиоваскулярной системы, оцениваемого показателями вариабельности сердечного ритма во временной и частотной областях, устойчивого восстановления биоритмологической структуры сердечного ритма, гемодинамических параметров пациента и КРС как благоприятного диагностического признака.

Для оценки степени напряжения испытуемого во время пробы реализован метод и алгоритм С.В. Божокина, позволяющий вычислять его динамический индекс [8]

$$CSn(t) = \frac{\langle RRNN \rangle_A \langle SDNN \rangle_A}{\langle RRNN \rangle_n \langle SDNN \rangle_n}$$

, где $\langle \rangle$ означает усреднение по определённому интервалу времени, A – стандартное статистическое усреднение по этапу покоя (опорная), t – время наблюдения, n – процедура усреднения по окну, ширина которого составляет n отсчётов. Для расчёта $CSn(t)$ необходимо вычислить нелинейное среднее значение $\langle RRNN \rangle_n$ за n отсчётов (тренд зависимости изменяющихся RR-интервалов), а также найти отклонение $\langle SDNN \rangle_n$ от этого локального среднего. В расчётах $CSn(t)$ n составляет не менее 11 кардиоинтервалов.

Программное обеспечение включает также расчёт фрактальных коэффициентов (или коэффициентов формы) скатерограмм. В диагностике нарушений сердечного ритма форме скатерограмм придаётся большое значение, которую мы оцениваем следующим образом [9]

$$F = K \times \frac{L}{2\sqrt{\pi \times S}}, \text{ где } L \text{ – периметр внешнего контура скатерограммы, } S \text{ – её площадь. Для круга } F = 1.$$

На рис. 2 и 3 демонстрируется два разных вида колебаний ложа, применённого в разных сеансах кардиореспираторного тренинга.

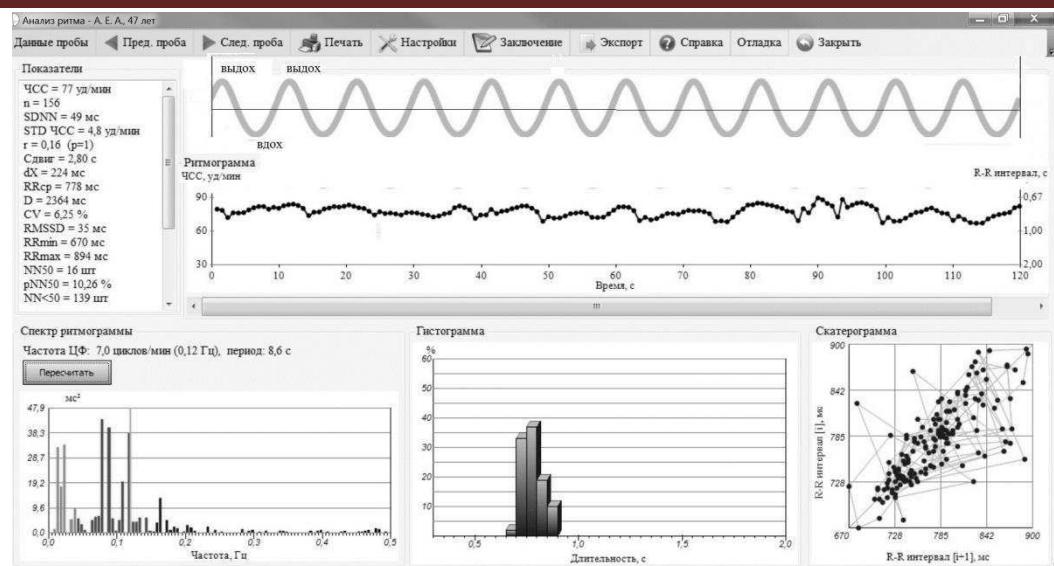


Рисунок 2 – Screenshot с оценками ряда параметров кардиоваскулярной системы испытуемого в активной пробе с периодом колебаний поворотного ложа около 8,5 с.

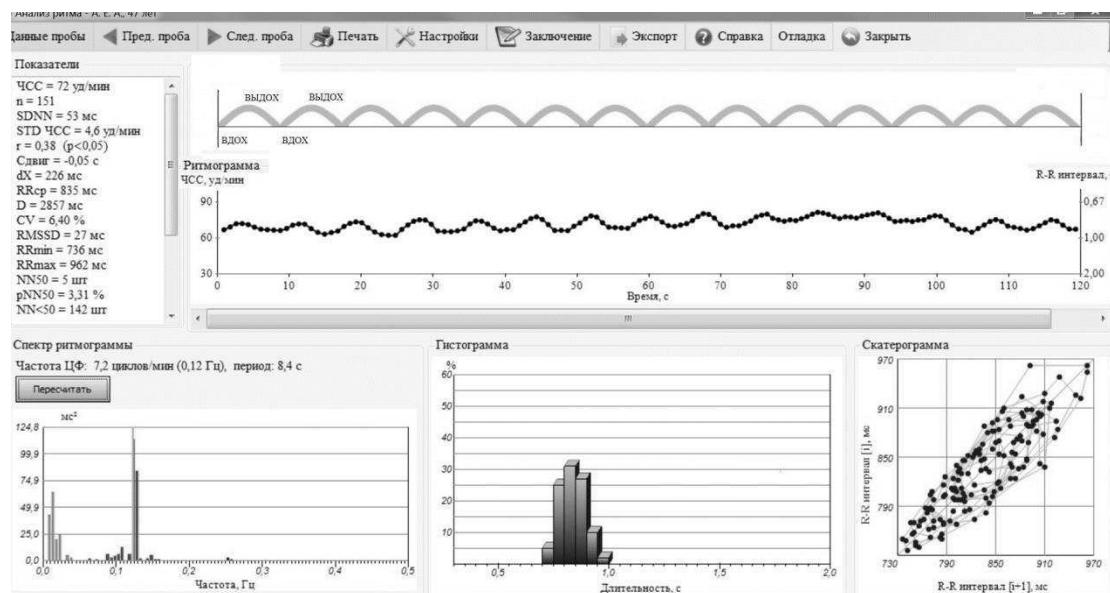


Рисунок 3 – Screenshot с оценками ряда параметров кардиоваскулярной системы испытуемого в активной пробе с периодом колебаний поворотного ложа около 8,5 с.

На рис. 2 отчётливо видна синхронизация кардиоритмограммы с колебаниями ложа (кардиореспираторная синхронизация) – коэффициент кросскорреляции между ними $r = 0,38$ ($p < 0,05$).

Исследования показали, что применение АПК для циклов биоуправления не повышает риск развития возможных осложнений для текущего заболевания – круг противопоказаний максимально сужен. Технология БОС, использующая разработанный АПК, может применяться как самостоятельно, так и как средство психофизиологической поддержки стандартных схем лечения, а также в целях профилактики, реабилитации, тренировки, предстартовой подготовки лиц для работы в экстремальных условиях.

Библиографический список

1. Suvorov N. Psychophysiological Training of Operators in Adaptive Biofeedback Cardiorhythm Control // The Spanish Journal of Psychology. – 2006. – V. 9. – №. 2. – P. 193-200
2. Осадчий Л. И. Постуральные реакции // Физиология кровообращения: Регуляция кровообращения. – Л.: "Наука". – 1986. – С.317-334
3. Montano N., Guecchi R. T., Porta A., Lombardi F., Pagani M., Malliani A. Power spectrum analysis of heart rate variability to assess the changes in sympathovagal balance during graded orthostatic tilt // Circulation. – 1994. – Vol. 90. – P. 1826-1831
4. Софронов Г.А., Суворов Н.Б., Толкачёв П.И., Сергеев Т.В. Влияние постуральной коррекции

гемодинамики на параметры сердечного ритма // Медицинский академический журнал. – 2014. Т. 14. – № 3. – С. 38-51

5. Стол массажный с изменяемым положением ложа // Сертификат соответствия ГОСТ Р федерального агентства по техническому регулированию и метрологии. – № РОСС RU.HM35Н00067

6. Суворов Н.Б., Сергеев Т.В., Белов А.В., Пуликов Д.Г. Устройство для осуществления функциональной психофизиологической коррекции состояния человека // Патент РФ № 168975. Бюллетень изобретений №7 от 28.02.17

7. Суворов Н.Б., Ярмош И.В., Болдуева С.А. Способ коррекции вегетативного баланса у больных инфарктом миокарда // Патент РФ № 2434575. Бюллетень изобретений № 33 от 27.11.11

8. Суворов Н.Б., Божокин С.В., Яфаров А.З., Сергеев Т.В. Программа для определения динамического индекса напряжения кардиоваскулярной системы «CARDSTRESS» // Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2017614309. 12 апреля 2017 года

9. Суворов Н. Б. Информационная составляющая в биоуправлении функциональным состоянием человека // Информационно-управляющие системы. – 2002. – № 1. – С. 57-64

HARD- AND SOFTWARE COMPLEX FOR CORRECTION OF HUMAN STATE AND FOR ADAPTIVE CONTROL OF POSTURAL LOAD

^{1,2}Suvorov N.B., ¹Sergeev T.V., ^{1,2}Belov A.V.

¹Institute of Experimental Medicine, ²University of Electrical Engineering «LETI», S.-Petersburg,
nbsuvorov@yandex.ru

Intellectual adaptive complex with biofeedback (BFB) is used as a means of psychophysiological support of standard treatment, as well as in preventive medicine, diagnostics and other states. This device consists of electronic nodes and a dynamic multidimensional database of the patient's condition. Database as a part of the biometric information system for BFB cardiorespiratory training takes into account the results of all previous training cycles in the formation of the periodic target function parameters. This ensures high efficiency of the correction of the human condition.



СПОСОБ ИЗМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Тарасова М.А., Хорьков К.С., Кочуев Д.А., Иващенко А.В.

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,
trsvmargarita@gmail.com

Введение

Изменение распределения интенсивности в поперечном профиле лазерного пучка представляет большой интерес для применения в различных областях лазерных технологий, в частности в медицине. Одним из практических приложений использования данного устройства является перераспределение мощности лазерного излучения, что может использоваться в стоматологии при селективном лазерном спекании и плавлении. Путем изменения распределения интенсивности в поперечном сечении лазерного излучения, возможно создание необходимых условий, способствующих обеспечению необходимых технологических режимов лазерной обработки. Использование многолучевого излучения, позволяет обеспечить мультирежимное воздействие в течение одной технологической операции, например, обеспечить оплавление легкоплавких порошковых компонентов в порошковой системе, что позволит обеспечить лучший теплообмен компонентов смеси при проходе основного лазерного луча непосредственно формирующего слой материала.

Существующие методы предполагают использование сложных, многокомпонентных оптических элементов, либо нескольких источников лазерного излучения. Предлагаемое решение позволяет создать оптический модуль, обладающий заданными распределением интенсивности лазерного излучения в пучке путем формирования протяженных структур в виде матрицы показателей преломления. Данному подходу близок принцип создания фотонных кристаллов методом прямой записи волноводных структур. Отличие заключается в использовании явления филаментации ультракоротких лазерных импульсов, способствующее протяженной локализации лазерного излучения. Таким образом, возможно получение равномерных протяженных каналов, характер расположения которых, в объеме заготовки, позволит осуществлять перераспределение интенсивности в поперечном сечении пучка.

Локализация структур в объеме образца

Принцип создания оптического модуля основывается на явлении пространственно-временной локализации энергии мощного лазерного импульса в протяженной нити – филаменте. Локализация излучения в филаменте обусловлена керровской самофокусировкой, которая вызывает рост интенсивности и, как следствие, увеличение концентрации электронов в лазерной плазме при многофотонной ионизации в сильном световом поле нелинейного фокуса [1].

Динамический баланс керровской самофокусировки и плазменной дефокусировки приводит к стабильности параметров в протяженном филаменте фемтосекундного импульса [2]. Данному явлению посвящено множество работ [например, 3-6]. При создании условий образования филаментов происходит перераспределение энергии, формирование протяженного канала в объеме прозрачной среды. При увеличении мощности возможно образование двух, трех и более каналов, обеспечивающих перераспределение обрабатывающего фемтосекундного лазерного излучения внутри этих каналов. При прохождении интенсивного лазерного излучения через прозрачные среды возможно развитие различных процессов от образования люминесценции до раскола участка среды. В нашем случае, режим воздействия подбирается таким образом, чтобы происходило изменение показателя преломления обработанного участка в результате локального оплавления среды. Таким образом, формируя протяженные участки с отличным показателем преломления от основной среды, формируется система волноводов, осуществляющая перераспределение энергии в соответствии с геометрией расположения образованных каналов.

Описание эксперимента

В качестве источника лазерного излучения использовался иттербийовый фемтосекундный лазер ТЕТА-10, обладающий следующими параметрами: длина волны излучения $\lambda = 1033 \text{ нм}$, длительность импульса излучения $\tau = 280 \text{ фс}$, частота повторения импульсов $f = 10 \text{ кГц}$, энергия в импульсе $E_{max} = 150 \text{ мДж}$. Поляризация лазерного излучения – линейная. В качестве оптического модуля использовался образец из кварцевого стекла марки КУ-1 с геометрическими размерами $5 \times 5 \times 20 \text{ мм}$.

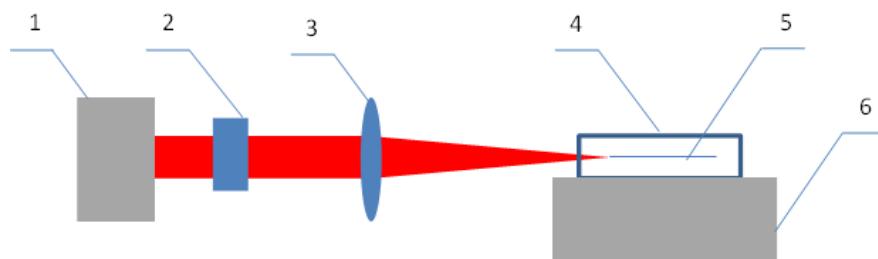


Рисунок 1 – Схема проведения обработки: 1 – лазерная система; 2 – поляризационный ослабитель; 3 – фокусирующая система; 4 – обрабатываемый образец; 5 – область распространения филамента; 6 – трехкоординатный линейный транслятор

Для фокусировки лазерного излучения использовалась сферическая линза с фокусным расстоянием 150 мм. Поляризационный ослабитель использовался для регулировки диапазона мощности лазерного излучения, в целях предотвращения разрушения обрабатываемого образца. Оптический модуль крепился на трехкоординатном моторизованном трансляторе, что позволяло перемещать его относительно области обработки. В данном случае фокус был расположен за задней гранью оптического модуля. Фоторегистрация зоны филаментации проводилась с помощью камеры и микрообъектива, которые располагались на трехкоординатном прецизионном столике.

На рис. 2 представлен процесс роста филаментов с течением времени. Также в процессе проведения эксперимента наблюдалось локальное свечение области воздействия, что свидетельствует о структурных изменениях среды.

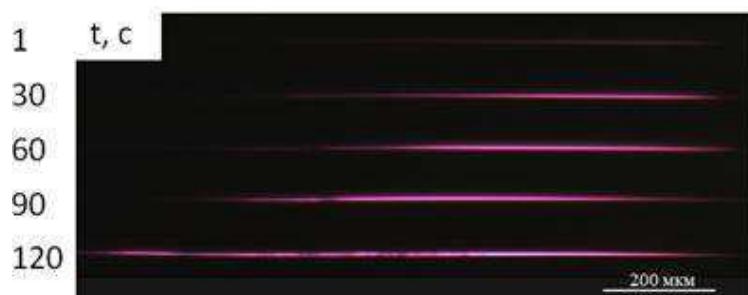


Рисунок 2 – Филаментация в плавленом кварце КУ-1

Для установления факта образования структурных изменений в местах самокализации лазерного излучения была собрана экспериментальная установка, позволяющая наблюдать дефекты в высокопрозрачных средах, обладающих низким контрастом (см. рис. 3).

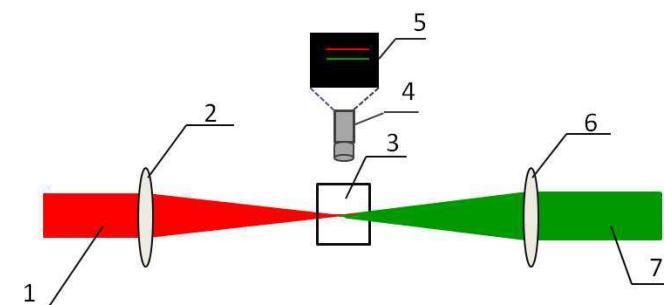


Рисунок 3 – Экспериментальная схема с использованием вспомогательного лазера:

1 – излучение основного лазера; 2 – фокусирующая линза; 3 – образец; 4 – система наблюдения; 5 – поле наблюдения; 6 – фокусирующая линза; 7 – излучение вспомогательного лазера

В качестве способа повышения контраста применялся дополнительный источник лазерного излучения с длиной волны 532 нм, мощностью 5 мВт. Лазерное излучение фокусировалось сферической линзой с фокусным расстоянием 140 мм соосно с излучением основного лазера, которое также фокусировалось линзой с фокусным расстоянием 150 мм. Длина волны вспомогательного лазера подбиралась исходя из потребности в максимальной спектральной чувствительности используемой оптики (оптика просветлена на видимый диапазон излучения 400–750 нм) и матрицы регистрирующей камеры (максимум чувствительности расположен на длине волны 530 нм). При прохождении вспомогательного лазерного излучения через образец траектория луча не видна, однако при попадании в область дефектов наблюдается слабовыраженное рассеяние. Наглядно это продемонстрировано на рис. 4.

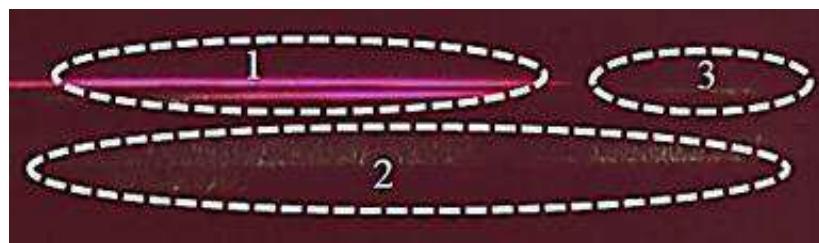


Рисунок 4 – Рассеяние излучения вспомогательного лазера на дефектах

Область 1 (см. рис. 4) представляет собой область формирования филаментов при помощи излучения основного лазера, она находится в фокусе системы наблюдения и подсвечивается излучением вспомогательного лазера. Область 2, подсвещенная излучением вспомогательного лазера, находится вне зоны фокусировки. Область свечения 3, подсвещенная излучением вспомогательного лазера, находится в зоне фокусировки.

Общий шум вызван длительной экспозицией и высоким усилением сигнала с матрицы камеры. Наблюдение подобных дефектов возможно лишь при соосной схеме их подсветки сфокусированным лазерным пучком.

Таким образом, зафиксировано формирование локальных структурных изменений, в местах прохождения лазерного излучения, представляющих собой своеобразные каналы с измененным показателем преломления, на которых в дальнейшем происходит формирование филаментов. Управляя пространственным распределением локальных структурных изменений в оптическом модуле, можно добиться получения конкретно заданного распределения интенсивности в поперечном профиле пучка.

На рис. 5 продемонстрировано перераспределение интенсивности на обработанных образцах. На рис. 5а имеется базовый пучок с гауссовым распределением интенсивности, который выходит из лазерной системы. На рис. 5б и 5в происходит изменение распределения интенсивности в поперечном профиле пучка, идет формирование нескольких локальных максимумов. Таким образом, используя один пучок можно получать распределение интенсивности, соответствующее многолучевому излучению.

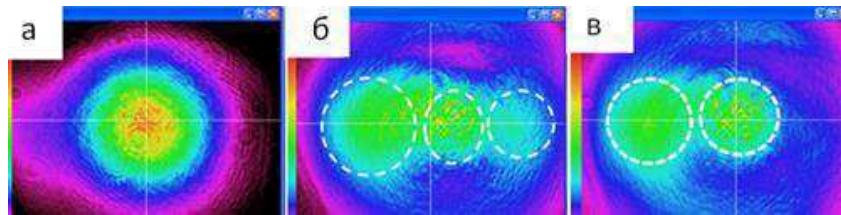


Рисунок 5 – Распределение поперечного профиля интенсивности лазерного пучка:

а – исходный пучок; б – образец, формирующий три максимума; в – образец формирующий два максимума

Заключение

Таким образом, основным процессом способствующим созданию оптического модуля изменения распределения интенсивности в поперечном профиле пучка является процесс филаментации фемтосекундного лазерного излучения. Данное явление позволяет формировать протяженные структуры в строго определенном месте образца. При прохождении лазерного излучения через среду в местах самолокализации лазерного излучения происходит формирование структурных изменений, представляющих собой участки с измененным показателем преломления, которые в дальнейшем являются каналами, по которым происходит формирование филаментов, и соответственно происходит перераспределение энергии на несколько локальных максимумов. Так, управляя пространственным положением локальных структурных изменений в образце, получаем оптический модуль с заданным распределением интенсивности. Описанный подход может найти широкий круг практического применения, например, в области стоматологии при селективном лазерном спекании порошка и дальнейшем изготовлении коронок и мостовидных протезов. Таким образом, создаются необходимые условия для лазерных технологических операций.

Работа была выполнена в рамках государственного задания ВлГУ 3.5531.2017/8.9 ГБ-1106/17 и грантов РФФИ №№ 16-32-00760, 16-08-01226.

Библиографический список

1. Чекалин С.В., Компанец В.О., и др. Световые пули и спектр суперконтинуума при филаментации фемтосекундного импульса в условиях аномальной дисперсии групповой скорости в плавленом кварце // Квантовая электроника. – 2013. – Т. 43. – №4. – С. 326–331.
2. Кандидов В. П., Шленов С. А., Косарева О. Г. Филаментация мощного фемтосекундного лазерного излучения // Квантовая электроника. – 2009. – Т. 39. – №3. – С. 205–228.
3. Чекалин С. В., Кандидов В. П. От самофокусировки световых пучков – к филаментации лазерных импульсов // Успехи физических наук. – 2013. – Т. 183. – №2. – С. 133–152.
4. Алексимов Д. В., Букин О. А. и др. Филаментация в воздухе сфокусированного импульса Ti:Sapphire лазера на двух гармониках// Прикладная физика. – 2012 . – № 6. – С. 14–22.
5. Кандидов В. П., Косарева О. Г., Шленов С. А. и др. Динамическая мелкомасштабная самофокусировка фемтосекундного лазерного импульса // Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35. – №1. – С. 59–64.
6. Хорьков К.С., Кочуев Д.А., Абрамов Д.В. и др. Динамика распределения интенсивности лазерного излучения при множественной филаментации в прозрачной среде // Динамика сложных систем – XXI век. – 2015. – Т.9. – №4. – С. 23–28.

METHOD FOR CHANGING THE SPATIAL DISTRIBUTION OF LASER RADIATION INTENSITY

Tarasova M.A., Khorkov K.S., Kochuev D.A., Ivashchenko A.V.

Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletovs, trsvmargarita@gmail.com

This article describes an approach of local processing of quartz glasses that forms matrices of regions with different refractive indexes, which allows spatial variation of intensity distribution in the transverse profile of a laser beam. The phenomenon of filamentation of ultrashort laser pulses in the volume of a transparent dielectric is used as a tool for creating extended structures with a modified refractive index. The paper deals with the processes occurring during the interaction of femtosecond laser radiation with a dielectric high-transparent medium, which ensure the formation of the necessary structural changes. The results of processing a sample of quartz glass KU-1.

РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПОРТАТИВНОГО КИСЛОРОДНОГО КОНЦЕНТРАТОРА

Тимченко Е.С., Апоплонова И. А.

МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра «Медико-технический менеджмент», katevtim@gmail.com, apollonova_i@bmsyu.ru

В рамках данной статьи рассмотрена актуальность проблемы, преимущества разрабатываемого портативного устройства и технические характеристики. В связи с распространенностью заболеваний органов дыхания у российского населения, возрастают потребность в приобретении портативных кислородных концентраторов. Актуальной является проблема повышения доступности получения поддерживающей кислородотерапии за счет снижения стоимости портативных кислородных концентраторов (ПКК).

Кислородный концентратор – единственная возможность для облегчения самочувствия пациента с заболеваниями дыхательной системы, так как обеспечивает требуемое поступление кислорода с целью предотвращения развития гипоксии органов и тканей.

Портативный кислородный концентратор имеет ряд преимуществ, в сравнении со стационарными аналогами, так как обеспечивает мобильность пациентов, имеет небольшой вес (от 2 кг), является практически

бесшумным (<50 Дб), обладает возможностью длительного использования без подключения к сети питания (наличие аккумуляторных батарей), тем самым улучшает качество жизни пациентов. Сегодня портативные концентраторы кислорода могут производить кислород как постоянно, так и в пульс-дозовом режиме, а также в обоих режимах в зависимости от настроек. Для того, чтобы жизненно необходимое устройство стало доступно большему числу пациентов, требуется разработка современного переносного кислородного концентратора, стоимость которого окажется в три раза ниже рыночной. Развитие собственного российского производства высокотехнологичного современного оборудования, осуществляющегося в рамках государственной программы по импортозамещению, поэтому требуется разработка отечественного устройства, не уступающего по своим характеристикам зарубежным аналогам.

Принцип работы концентратора кислорода основан на непосредственном производстве кислорода из воздуха путем разделения газов методом абсорбции, с помощью цеолитовых фильтров и при высоком давлении. В результате чего вырабатывается 95% кислородная смесь [1].

Воздух, нагнетаемый безмасляным компрессором, проходит через фильтры, блоки регуляции и через распределительный клапан поступает в первую колонку, заполненную цеолитом, где происходит его абсорбция, затем через односторонний клапан, кислород поступает в накопитель, и после регуляции давления и увлажнения подается пациенту через носовую канюлю или дыхательную маску. Небольшое количество кислорода, проходя через отводной канал, поступает во вторую цеолитовую колонку и вместе с десорбированными газами выбрасывается в воздух [2].

Обзор цен на существующие аналоги ПКК на российском рынке медицинской техники указывает на их высокую стоимость для среднестатистического жителя РФ, от 100000 до 400000 рублей. Единственными производителями данных медицинских приборов на рынке РФ являются следующие страны: США, Германия, Китай, среди которых США занимает лидирующие позиции, так как предлагают широкий ассортимент с высокой производительностью и лучшими техническими характеристиками. Исходя из обзора существующих аналогов ПКК на рынке РФ можно сказать, что необходима разработка импортозамещающего концентратора кислорода.

Разрабатываемый прибор будет иметь технические характеристики, не уступающие зарубежным аналогам, и цена устройства будет снижена до 43 000 рублей, путем подбора более дешевой элементной базы прибора и его составляющих, с учетом оптимизации габаритов. В качестве прототипа взят ПКК Invacare XPO2, страна производитель Германия.

Устройство состоит из следующих основных составных частей: компрессор, емкости с цеолитом, электромагнитные клапаны, датчики давления, вентиляторы, понижающие преобразователи напряжения, LCD дисплей, микроконтроллер, кнопки управления, модуль заряда аккумуляторной батареи, аккумуляторная батарея, сетевой блок питания.

Основные технические параметры разрабатываемого изделия:

- насыщенность потока кислородом, % 90 +/-3%
- уровень шума, Дб ≤55
- производительность кислорода, л/мин ≤5
- габаритные размеры аппарата мм×мм 155×91×218
- потребляемая мощность, Вт ≤95
- рабочее напряжение, от 100 до 240 В / 12 В, 50/60Гц
- вес аппарата, кг ≤4
- вес аккумуляторной батареи, кг ≤0,8

Путем подбора элементной базы для разрабатываемого ПКК удалось снизить ее стоимость в три раза (с 32131 до 10795 рублей) по сравнению с прототипом Invacare XPO2.

Перечень главных компонентов элементной базы разрабатываемого устройства и их технические параметры:

– Аккумулятор: сборка из 12 Li-ion аккумуляторов Panasonic ncr18650b подключённых последовательно по 4 штуки в три линии. Время полной зарядки составляет 3.5 часа, максимальный ток заряда 4.5А при напряжении 16.8В, вес батареи составит 582 грамма.

– Контроллер заряда аккумуляторной батареи: плата CF-4S10A-A. Максимальный ток разряда 10А, заряда 10А, напряжение заряда 16.8В, напряжение срабатывания защиты от переразряда 2.7В, перезаряда 4,15В, защита от короткого замыкания, рабочая температура -40 до + 85°C.

– Сетевой блок питания: Hewlett-Packard hstnn-la09. Напряжение на входе: 100..240В 40-65 Гц, выходное напряжение: 19В, мощность на выходе: 150Вт, защита от короткого замыкания, превышения температуры, вес: 0,8кг.

– Микроконтроллер: ATmega328P. Рабочее напряжение - 5В. Цифровые линии ввода/вывода - 14 (из них 6 – выводы ШИМ модулятора), аналоговые входы (АЦП) – 6, максимальный ток на выводах - 20 мА, тактовая частота - 16 МГц, максимальное энергопотребление – 10мА.

– Компрессор: диафрагменный компрессор Grimmsky 0142HA-12-60

– Датчики давления: MPX5200DP и MPX5010DP. Диапазон измерения датчика высокого давления: +-200кПа, диапазон измерения датчика низкого давления: ±10кПа.

– Понижающий преобразователь: IR3838MTR1PBF семейства SupIRBuck POL производства компании International Rectifier. Стабильное выходное напряжение, выходные токи до 14 ампер, рабочая частота: 250кГц - 1,5Мгц, рабочая температура: -45 - 90°C [3].

Таким образом, на основании выбранной элементной базе разработана структурная электрическая схема для осуществления дальнейшей разработки электрической принципиальной схемы и сборочного чертежа устройства

Новый портативный концентратор кислорода поможет людям с заболеваниями дыхательной системы вести нормальную жизнедеятельность за счет своей компактной конструкции, технологичности, а также станет доступным для большего количества пациентов.

Библиографический список

1. Шумяцкий Ю. И. Промышленные адсорбционные процессы / Ю. И. Шумяцкий. — М.: Колос, 2009. — 183 с.
2. Алексина М. Б., Конькова Т. В. Цеолиты для адсорбционных генераторов кислорода. Вестник ВГУ, Серия: Химия. Биология, 2011, № 2.
3. AnalogDevices [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.analog.com/ru/index.html>. – (Дата обращения: 15.04.2018)

DEVELOPMENT OF BIOTECHNICAL SYSTEM OF PORTABLE OXYGEN CONCENTRATOR

Timchenko E. S., Apollonova I. A.

MSTU them. N. Uh. Bauman, Department "Medical technology management", katevtim@gmail.com, apollonova-i@bmsyu.ru

Within the framework of this article, the urgency of the problem, advantages of the developed portable device and technical characteristics are considered. Due to the prevalence of respiratory diseases in the Russian population, there is a growing need to purchase portable oxygen concentrators. The problem of increasing the availability of supportive oxygen therapy by reducing the cost of portable oxygen concentrators (PACs) is topical.



РАЗРАБОТКА АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ИССЛЕДОВАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ТОЧЕК ЧЕЛОВЕКА

Тихонравова Е. В., Ахмедов М. Н., Исаков Р. В.

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, tikhonravova.elizaveta@mail.ru, maksim_ahmedov@mail.ru, irv-vlsu@mail.ru

Одной из наиболее актуальных задач современной медицины является разработка новых и совершенствование существующих методов оценки эффективности проводимой терапии. Среди множества существующих лабораторных и инструментальных методов наибольшую ценность приобретают методики, не оказывающие негативного влияния на организм человека, имеющие непродолжительное время исследования и отличающиеся доступностью. Основной проблемой является сложность выбора неинвазивного метода, дающего моментальную информацию о состоянии организма в целом, его отдельных органов и систем для оценки эффективности проводимой терапии.

Этим требованиям может соответствовать применение метода электропунктурной диагностики (ЭПД) для исследования электрических свойств биологически активных точек (БАТ) человека с применением устройств, работающих на постоянном токе разной полярности. Данный метод основан на корреляции между электрокожными характеристиками отдельных биологически активных точек (БАТ) и состоянием внутренних органов и систем человека [6, 1, 7]. БАТ имеют повышенную электропроводность по отношению к окружающим их участкам кожи. Точки акупунктуры имеют собственный электрический потенциал. При воздействии измерительным током на точку акупунктуры в случае нормального ее энергетического состояния возникает равновесие между подаваемым и противостоящим возбуждением. Результатом этого воздействия является устойчивое показание прибора в диапазоне 50-65 условных единиц, имеющего шкалу в 100 условных единиц [1]. Главным достоинством метода электропунктурной диагностики является то, что заболевания органов приводят к снижению электропроводности БАТ еще до того, как заболевание обнаружится лабораторными и клиническими исследованиями [2].

Ряд специалистов, придерживающихся рефлекторной теории, считают связь между функционально близкими БАТ сформирована посредством нейрогуморальной системы [5]. Учитывая вышеизложенные данные, справедливо предположить, что параметры БАТ также будут меняться при медикаментозном и немедикаментозном лечении пациента. Следовательно, отслеживание динамики изменений данных параметров при проведении лечения может позволить дать оценку эффективности проводимой терапии.

Главной целью научно-исследовательской работы является разработка аппаратно-программного комплекса исследования биологически активных точек человека.

Задачами данной научно-исследовательской работы являются:

1. Разработка экспериментальной установки регистрации электропроводности биологически активных точек;
2. Отслеживание динамики изменения показателей электропроводности биологически активных точек в процессе лечения заболевания: «пиелонефрит» и ее сравнение с динамикой здорового человека;
3. Выявление недостатков разработанной установки, исходя из проведенного исследования;
4. Разработка аппаратно-программного комплекса исследования биологически активных точек человека.

Для проведения научно-исследовательской работы была сконструирована экспериментальная установка регистрации электропроводности биологически активных точек. Принципиальная схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1.

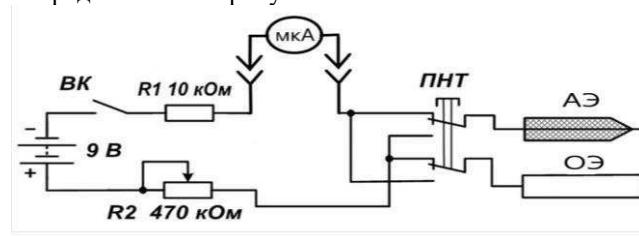


Рисунок 1 – Принципиальная схема экспериментальной установки

Конструктивное исполнение прибора представлено на рисунке 2.

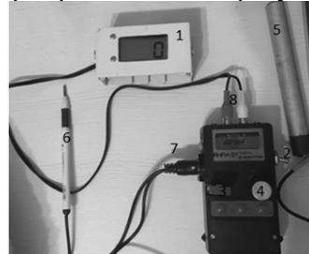


Рисунок 2 – Конструктивное исполнение прибора. 1 – цифровой микроамперметр; 2 – тумблер вкл./выкл. прибора; 3 – кнопка смены полярности; 4 – тумблер для регулировки тока; 5 – пассивный электрод; 6 – активный электрод; 7 – вывод для пассивного и активного электродов; 8 – выводы для подключения цифрового микроамперметра

Основными техническими характеристиками экспериментальной установки являются: номинальное напряжение питания – 9 В, шт.– 1; максимальная сила тока воздействия – 100 мА; элемент питания прибора – 9В, шт.– 1; элемент питания цифрового микроамперметра:– 3В, шт. – 1.

Методика исследования с помощью данного прибора заключается в следующем: для начала необходимо включить экспериментальную установку. Затем следует откалибровать прибор до показания микроамперметра – 100. Далее необходимо в одну руку исследуемым человеком взять пассивный электрод, а человеку, проводящему исследование, следует приложить активный электрод к месту, где находится исследуемая точка. Затем эксперимент повторяется для других исследуемых точек. После проделанной работы экспериментальную установку необходимо выключить [4].

В ходе исследования человека, заболевавшего пиелонефритом, были получены данные электропроводности биологически активной точки, представленной на рисунке 3. БАТ отвечает за мочеточечник [3].

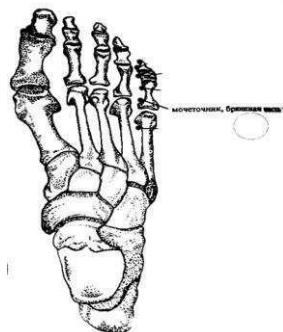


Рисунок 3 – Биологически активная точка, отвечающая за мочеточечник

Динамика полученных данных электропроводности биологически активной точки заболевавшего человека представлена на рисунке 4.

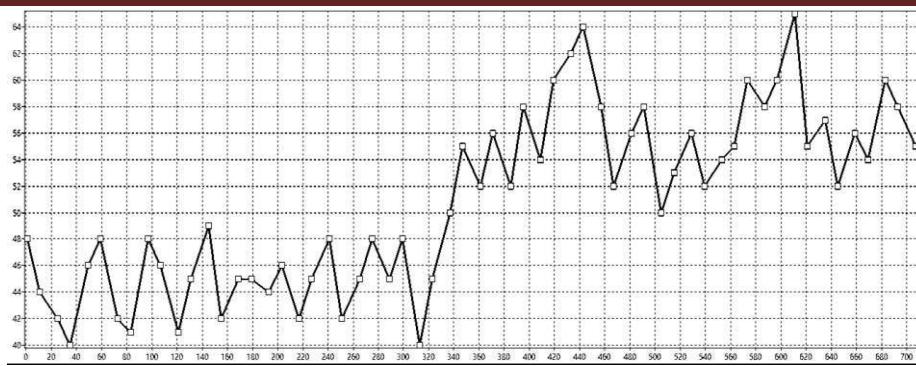


Рисунок 4 – Динамика электропроводности биологически активной точки заболевавшего человека

Динамика полученных данных электропроводности биологически активной точки здорового человека представлена на рисунке 5.

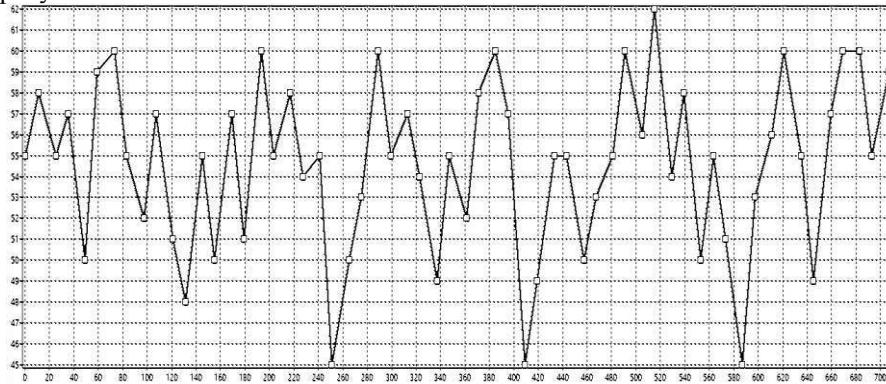


Рисунок 5 – Динамика электропроводности биологически активной точки здорового человека

При сравнении полученных динамик было установлено, что у заболевавшего человека по мере выздоровления динамика показателей электропроводности БАТ приобретает положительную динамику, а у здорового человека наблюдается стабильная динамика показателей электропроводности БАТ в пределах нормы.

В ходе проведения исследования были выявлены недостатки разработанной экспериментальной установки регистрации электропроводности БАТ, которые представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Недостатки экспериментальной установки регистрации электропроводности биологически активных точек

Недостаток	Решение
Трудность выявления БАТ	Программный контроль пробоя точки
Длительное время измерений	Создание программы на ПК и подключение прибора к нему с помощью микроконтроллера
Запись данных на бумагу	Запись данных в программу на ПК

Чтобы избавиться от выявленных ранее недостатков прибора, было принято решение: разработать аппаратно-программный комплекс исследования биологически активных точек человека. Схема электрическая принципиальная аппаратно-программного комплекса представлена на рисунке 6.

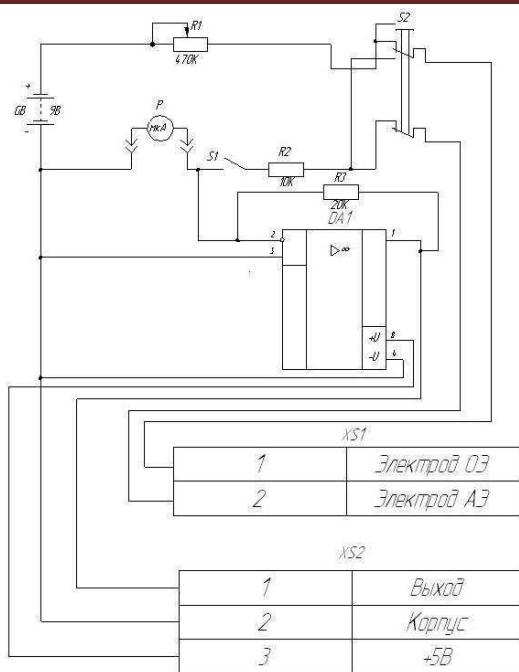


Рисунок 6 – Схема электрическая принципиальная аппаратно-программного комплекса

Схема электрическая структурная аппаратно-программного комплекса представлена на рисунке 7.

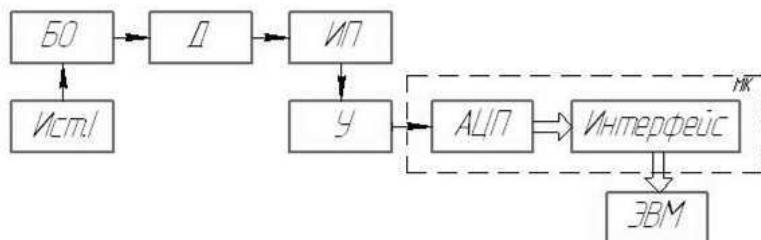


Рисунок 7 – Схема электрическая структурная аппаратно-программного комплекса

Конструктивное исполнение аппаратно-программного комплекса исследования БАТ представлено на Рисунке 8.

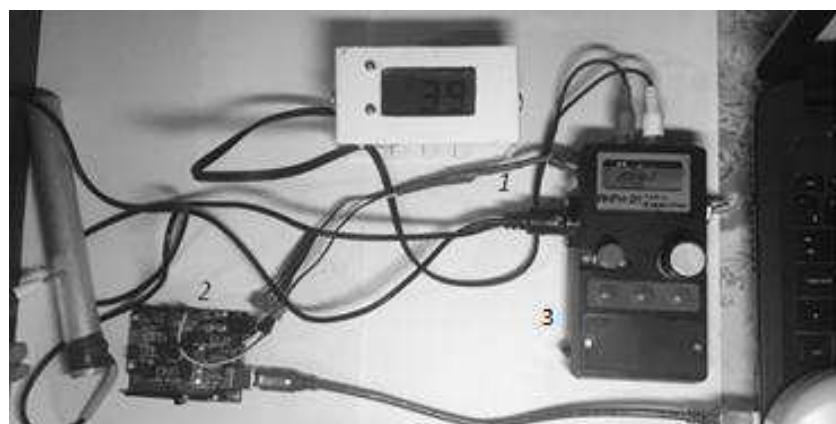


Рисунок 8 – Конструктивное исполнение аппаратно-программного комплекса исследования БАТ. 1 – выводы к цифровому блоку: черный – сигнал, желтый – +5В, синий – общий провод; 2 – Arduino Uno, 3 – аналоговый блок

В ходе научно-исследовательской работы была создана экспериментальная установка регистрации электропроводности БАТ, проведено исследование, в ходе которого были выявлены недостатки экспериментальной установки, создан и протестирован аппаратно-программный комплекс исследования БАТ. В дальнейшем планируется уменьшить габариты данного устройства.

Библиографический список

1. Лупичев, Н.Л. Электропунктурная диагностика, гомеотерапия и феномен дальнодействия[Текст]/ Н.Л. Лупичев. – Москва: Ириус, 1990. - 124 с.
2. Леднев И.А. Электропунктурная нейротерапия[Текст]: практическое пособие/И.А.Леднев. – Обинск: ЦИПК,1991. – 311 с.
3. Александров, Э. Новый Атлас Леднева (расширенный) [Текст]/Э. Александров. – Москва: Эледия, 2007. - 301 с.
4. Электропунктурная диагностика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bestreferat.ru/referat-290137.html> / Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 03.03.2017).
5. Дуринян Р.А. Методический и физиологический анализ проблемы точек, меридианов и энергии в рефлексотерапии. // Теория и практика рефлексотерапии. Кишинев. – 1981. – С. 3-11.
6. Калмыков С.В., Сагалеев А.С., Цыбиков А.С. Диагностика функционального состояния организма на основе электропунктурного метода Фолля // Вестник Бурятского государственного университета. – 2010. – Вып. 13. – С. 177–185.
7. Nakatani Y. Ryodoraku Akupuncture / Y. Nakatani, K. Yamashita. – Tokyo, 1977.

DEVELOPMENT OF HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX FOR THE STUDY OF BIOLOGICALLY ACTIVE POINTS OF THE PERSON

Tikhonravova E. V., Akhmedov M. N., Isakov R. V.

Vladimir State University named after A. G. and N. G. Stoletovs, tikhonravova.elizaveta@mail.ru,
maksim_ahmedov@mail.ru, irv-vlsu@mail.ru

One of the most urgent tasks of modern medicine is the development of new and improvement of existing methods of assessing the effectiveness of the therapy. Among the many existing laboratory and instrumental methods, the most valuable methods are those that do not have a negative impact on the human body, have a short study time and are characterized by accessibility. The main problem is the difficulty of choosing a non-invasive method, which gives instant information about the state of the body as a whole, its individual organs and systems to assess the effectiveness of the therapy. These requirements may correspond to the application of the method of electro-diagnosis to study the electrical properties of biologically active points of the person with the use of devices operating on direct current of different polarity. That is why the hardware and software complex for the study of biologically active points was created and tested.



ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СПИРОМЕТРА С ЖИДКОКРИСТАЛЛИЧЕСКИМ АНАЛИЗАТОРОМ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Андрянова А.А., Логинов Н.И., Торчинская А.В.

Физико-технологический институт ФГБОУ ВО "Московский технологический университет",
torchinav@rambler.ru

Профилактика заболеваний дыхательной системы направлена на предупреждение патологий органов дыхания и нормализацию их функций. Основным методом функциональной диагностики дыхательной системы является спирометрия. Ежегодно в Европе заболевания легких являются причиной летального исхода почти 700 тысяч человек. В целях первичной профилактики требуется постоянный мониторинг функционального состояния организма, который мог бы осуществлять сам пациент и при необходимости обращаться к специалисту.

Из множества спирометров, работающих по принципу действия первичного измерительного элемента, распространены преобразователи потока на основе дифференциального манометра [1]. Наибольшей чувствительностью в области малых потоков обладают приборы с преобразователем воздушного потока на основе трубы Флейша. Однако, они имеют высокое пневматическое сопротивление.

Все спирометры должны отвечать ряду требований. Среди них можно выделить такие, как минимальное сопротивление дыханию, высокая чувствительность при низком уровне собственных шумов, способность регистрировать малые изменения потоков и др.

Процедурой, проверяющей точность прибора и осуществляющей коррекцию показаний, является калибровка. Чаще всего калибровка проводится путем пропускания через спирометр известного объема воздуха с помощью воздушного калибровочного шприца объемом 3л [2]. Для проведения калибровки требуется совершать несколько равномерных движений поршнем шприца, от одного крайнего положения до другого. Производители спирометров рекомендуют, чтобы перемещение поршня осуществлялось в течение 1-2 с.

Для разработки новых технологий можно использовать современные материалы, к которым относятся жидкие кристаллы (ЖК) [3]. Это органические соединения, сочетающие свойства текучести и наличия ориентационного порядка. При этом проявляется анизотропия оптических, механических, электрических и вязкоупругих свойств макроскопического объема вещества через изменение положения преимущественной

направленности молекул (директор \mathbf{n}) вдоль поля или потока относительно исходной их ориентации, стабилизированной поверхностями. Кроме того, чувствительные элементы, созданные на основе ЖК, обладают малыми массогабаритными характеристиками и малым энергопотреблением, что позволяет создавать автономные устройства, способные регистрировать перепады давления в пределах 1 Па. Перечисленные факторы определили задачу работы по исследованию динамического отклика ЖК на комбинированное воздействие переменного перепада давления и стабилизирующего электрического поля для определения режимов работы чувствительного ЖК элемента - датчика дыхания.

Для решения поставленной задачи была создана экспериментальная установка, представленная на рисунке 1, включающая оптическую и механическую системы, систему подачи управляющего напряжения на ЖК ячейку и систему регистрации и обработки данных.

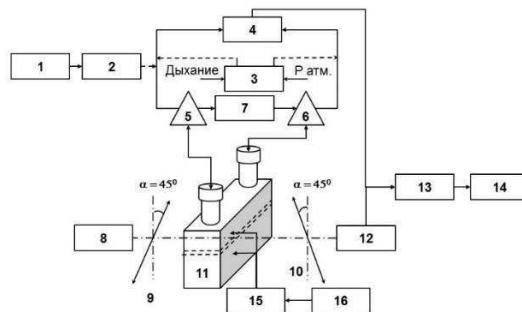


Рисунок 1 – Блок-схема экспериментальной установки: 1 – выпрямитель и двигатель с редуктором, 2 – система преобразования вращательного движения в поступательное, 3 – аналог трубки Флейша, 4 - датчик давления МРХ2010, 5,6 – переходники, 7 – сбрасывающий капилляр, 8 – лазер, 9,10 – поляроиды, 11 – ЖК ячейка, 12 – фотоприемник, 13 – АЦП, 14 – ПК, 15 – делитель напряжения, 16 – источник питания

Оптическая система предназначена для исследования малых изменений структуры ЖК, вызванных воздействием внешних факторов. При этом на выходе системы возникает аналоговый сигнал, амплитуда которого прямо пропорциональна изменению интенсивности света, прошедшего через ячейку. Механическая система необходима для подачи избыточного давления на ЖК ячейку, изменяющегося по гармоническому закону, стабильного по амплитуде и частоте. Дифференциальный датчик 4 преобразует мгновенный перепад давления в электрический сигнал, который затем поступает в систему регистрации и обработки данных. Регистрация сигналов оптической и механической систем происходит синхронно. Система электрического питания обеспечивает стабильность подачи электрического напряжения U на каждый сегмент ЖК ячейки. В системе регистрации и обработки данных осуществляется преобразование электрических сигналов в цифровую форму и их запись в память ПК [4].

Жидкокристаллическая ячейка, представленная на рисунке 2, выполнена из стеклянных пластин, а токопроводящие слои реализованы в виде прозрачных электродов, нанесенных на внутренние поверхности. К слою ЖК подводится управляющее электрическое напряжение частотой $f = 1000$ Гц в диапазоне $20 \div 60$ В. Знакопеременное течение Пуазеляя, возникшее под действием сформированного перепада давления Δp_m , вызывает отклонение директора от исходной гомеотропной ориентации. Гомеотропная ориентация создавалась с помощью тонкой пленки ориентанта 1%-ного раствора хлорокомплексной соли хрома и стеариновой кислоты в изопропиловом спирте (хромолана). Внутри ячейки с помощью прокладок был сформирован прямоугольный капилляр с зазором $d=85\text{мкм}$, длиной $\Delta x=19\text{мм}$ и шириной $\Delta y=9\text{мм}$. Приложенное к капилляру, заполненному жидким кристаллом, комбинированное воздействие электрического напряжения и механического возмущения позволило управлять ориентацией директора и получать информацию о структурных изменениях с помощью оптического отклика ячейки.

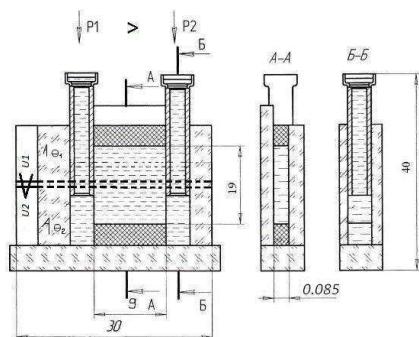


Рисунок 2 – Эскиз экспериментальной ЖК ячейки

При проведении эксперимента использовался жидкокристаллический материал – ЖК-616, который является нематической смесью с положительной анизотропией диэлектрической проницаемости $\Delta\epsilon=3,4$. Выбор исследуемого объекта обоснован тем, что смесь образует нематическую фазу в широком интервале температур ($-15^{\circ}\text{C} \div 72^{\circ}\text{C}$) и обладает высокой химической стойкостью, что обеспечивает необходимую стабильность и повторяемость при проведении измерений. Вязкоупругие свойства ЖК-616 детально исследованы в независимых экспериментах [5].

К открытым торцам жидкокристаллической ячейки прикладывалась разность давления (Δp), изменявшаяся со временем согласно закону:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{m}} \sin(2\pi f \cdot t) \quad (1)$$

Данная разность давления вызывала периодическое движение анизотропной жидкости. Индуцированное потоком движение директора регистрировалось в поляризованном лазерном свете ($\lambda = 0,65 \text{ мкм}$), проходящем по нормали через ЖК ячейку и анализатор (угол α между вектором \vec{E} световой волны и направлением потока составлял $\pi/4$), что впоследствии и называлось оптическим откликом ЖК устройства. Таким образом, выражения для разности фаз (Φ) между обыкновенным (o) и необыкновенным (e) лучами, а также интенсивности света, прошедшего ЖК ячейку:

$$\Phi = \frac{2\pi}{\lambda} \int_{-d/2}^{d/2} \Delta n dZ \sim (\theta)^2 d = \frac{d}{3} \left(\frac{16\pi\alpha_2 G(t) d^3}{\eta_1 \Delta\epsilon U^2} \right)^2 \quad (2)$$

$$I = I_0 * \sin^2 \left(\frac{\Phi}{2} \right) \quad (3)$$

где Δn – оптическая анизотропия, $\Delta n = n_e - n_o$ – показатели преломления обыкновенного и необыкновенного лучей, I_0 – входная интенсивность света, θ – угол ориентации директора относительно нормали между стеклянными пластинаами, $G(t) = \Delta p(t)/\Delta x$ – градиент давления, η_i – коэффициенты сдвиговой вязкости Месовича, α_i – коэффициенты Лесли, α_2 – коэффициент Лесли, обеспечивающий связь между полями скоростей [$V_x(Z)$] и ориентации $\theta(Z)$.

Для определения зависимости угла ориентации как функции координат времени можно использовать систему линейных гидродинамических уравнений НЖК [5].

$$\rho \frac{\partial V_x}{\partial t} = - \frac{\partial P}{\partial x} + \eta_2 \frac{\partial^2 V_x}{\partial z^2} + \alpha_2 \frac{\partial^2 \theta}{\partial z \partial t} \quad (4)$$

$$k_{33} \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} = \alpha_2 \frac{\partial V_x}{\partial z} + \gamma_1 \frac{\partial \theta}{\partial t} + \epsilon_0 \Delta \epsilon E^2 \theta \quad (5)$$

где ρ – плотность, V_x – скорость потока, E – напряженность электрического поля, γ_1 – коэффициент вращательной вязкости, k_{33} – модуль упругости Франка.

Первым инерциальным членом в уравнении (4) можно пренебречь вплоть до частот порядка 1кГц. В этом приближении решение данной системы для жесткого сцепления директора с границами может быть записано в следующем виде:

$$\theta(\tilde{Z}, \tilde{t}) = \theta_r(\tilde{Z}) \cos \tilde{t} + \theta_i(\tilde{Z}) \sin \tilde{t} \quad (6)$$

где $\tilde{t} = \omega t$ и $\tilde{Z} = Z/d$ – безразмерные параметры.

Как было показано в работе [4] в случае квазистационарного режима экспериментальные зависимости находятся в соответствии с выводами линейной теории в диапазоне $0 < \Phi < 10$ рад.

В экспериментальных исследованиях изучался оптический отклик ЖК ячейки при подаче на слой ЖК переменного градиента давления и электрического поля. В соответствии с задачей работы, параметры экспериментальной установки варьировались в следующих пределах:

1) Амплитуда перепада давления: $\Delta p_m = 150 \div 700 \text{ Па}$

2) Частота осцилляции давления $F = 0.199 \text{ Гц}$

3) Переменного напряжения, подаваемого на ЖКЯ: $U = 20 \div 60 \text{ В}$

4) Толщина жидкокристаллической ячейки $d = 85 \text{ мкм}$

5) Также при анализе использовались следующие данные материальных параметров для ЖК-616: $\Delta n = 0.238$, $k_{33} = 10.6 \cdot 10^{-12} \text{ Н}$, $\gamma_1 = 0.152 \text{ Па}\cdot\text{с}$, $\eta_1 = 0.178 \text{ Па}\cdot\text{с}$, $\eta_2 = 0.24 \text{ Па}\cdot\text{с}$, $\eta_{12} = -0.125 \text{ Па}\cdot\text{с}$

На рисунке 3 показан пример экспериментальных кривых. Общей закономерностью для зависимостей $I(t)$ является сохранение монотонного отклика, соответствующего синусоидальному закону изменения подаваемого на ячейку перепада давления до некоторого значения амплитуды Δp_m . При дальнейшем увеличении амплитуды давления вид зависимостей оптического отклика изменяется, о чём свидетельствует появление локальных экстремумов. Наличие делителя напряжения позволило расширить методику исследований и разработать широкодиапазонный чувствительный элемент, созданный на основе ЖК.

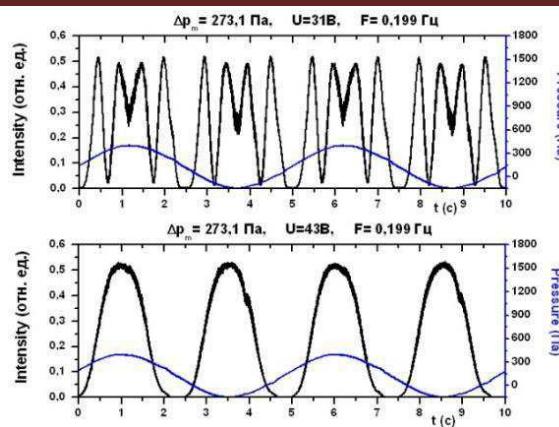


Рисунок 3 – Экспериментальные кривые изменения оптического отклика жидкого кристалла и сигнала изменения давления, полученные при условиях: $d = 85$ мкм; $U_1 = 31$ В, $U_2 = 43$ В; $F = 0,199$ Гц; $\Delta p_m = 273,1$ Па

Представленные зависимости демонстрируют стабилизирующее влияние электрического поля, приложенного к капилляру. В частности, при увеличении уровня приложенного напряжения к ЖКЯ характер динамического изменения интенсивности упрощается.

Далее, в соответствии с формулой 3 были проанализированы все экспериментальные оптические зависимости $I(t)$. Анализ экспериментальных зависимостей проводился в графоаналитическом редакторе Origin. Результатом анализа являются амплитудные значения динамической разности фаз между обычным и необыкновенным лучами. Распределение амплитудных значений оптической разности фаз при комбинированном воздействии электрического напряжения и механических возмущений на капилляр, заполненный ЖК-616 показаны на рисунке 4.

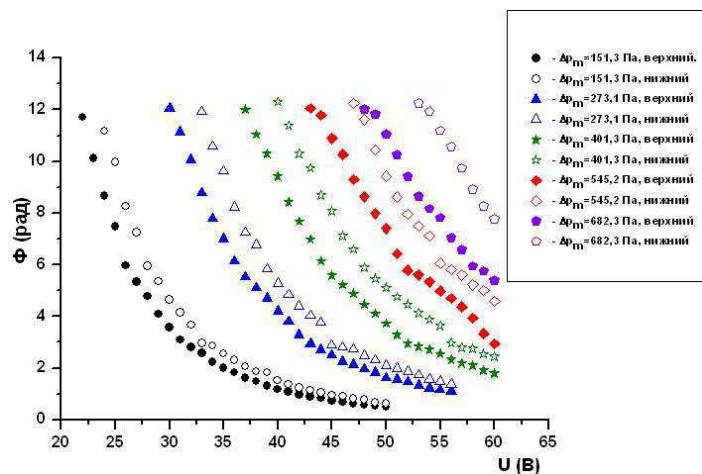


Рисунок 4 – Распределение амплитудных значений оптической разности фаз для двух сегментов ЖК ячейки в зависимости от приложенного напряжения при действующем механическом возмущении

Представленное изображение наглядно демонстрирует комбинации значений действующих факторов, способных управлять оптической чувствительностью жидкокристаллического элемента.

В соответствии с алгоритмом преобразования оптического отклика ЖК чувствительного элемента, представленного в [6] и формулой 2, по рисунку 4 также можно определить нормирующие коэффициенты пропорциональности оптической разности фаз между обычным и необыкновенным лучами и перепадом давления, что позволяет преобразовывать оптическую характеристику в механическую. При этом сравнение преобразованных параметров можно проводить с показаниями датчика давления 4 на рисунке 1, конечно в рамках эксперимента. Нормирующие коэффициенты, описывающие эквивалентность $\Phi(t) = a(U) * \Delta p^2(t)$, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормирующие коэффициенты связи оптической разности фаз и перепада давления

U(B)	$a(U) * 10^{-6}$	Chi^2	U(B)	$a(U) * 10^{-6}$	Chi^2	U(B)	$a(U) * 10^{-6}$	Chi^2
37	74,40	0,0030	45	36,06	0,0394	53	18,57	0,1033
39	63,70	0,0103	47	30,95	0,0179	55	16,70	0,0094
41	51,96	0,0095	49	25,80	0,0362	57	14,25	0,0149
43	41,11	0,0562	51	21,17	0,1625	59	11,84	0,1010
44	38,95	0,0539	52	19,89	0,0354	60	11,12	0,0900

По рисунку 4 также можно выделить амплитудные значения разности фаз между обычным и необыкновенным лучами, соответствующие условию $\Phi < 2\pi$ и, установить соответствие амплитуд формируемых перепадов давлений между расширительными емкостями ЖК ячейки и управляющих электрических напряжений. Выполнение данного условия необходимо для облегчения обработки оптического отклика ЖК ячейки. Именно таким образом определяются рабочие режимы жидкокристаллического чувствительного элемента, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Определение рабочих режимов жидкокристаллического датчика дыхания

Параметры		Величины			
Δp _m , Па		151,3	273,1	401,3	545,2
F, Гц				0,199	
U, В	верхний сегмент	26÷36	33÷43	38÷52	45÷55
	нижний сегмент	28÷38	39÷52	46÷60	54÷60
T, °C		25			

Результатом проведенного анализа является подтверждение возможности разработки чувствительного широкодиапазонного ЖК элемента, осуществляющего измерение параметров дыхания.

Библиографический список

- Стручков П.В. Спирометрия: рук. для врачей / П.В. Стручков, Д.В. Дроздов, О.Ф. Лукина – М.: ГЭОТАР – Медиа, 2015 – 96 с.
- Квайнер Ф. Легочные объемы и форсированные вентиляционные потоки. Доклад рабочей группы по стандартизации легочных функциональных тестов ЕССУ/ Ф. Квайнер, Дж Таммелинг, Дж Коутс и др. // Пульмонология (приложение). 1993 – 45 с.
- Блинов Л.М. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. – М.: Наука, 2013, – 384с.
- Торчинская А.В. Осциллирующий поток Пуазеля в нематическом жидкокристалле, ориентированным электрическим полем. Кандидатская диссертация. – М.: 2002, – 194 с.
- Pasechnik S.V., Chigrinov V.G., Shmeliova D.V. Liquid Crystals: Viscous and Elastic Properties. – WILEY-VCH Verlag GmbH&Co.KGaA, Weinheim, 2009, – 425 p.
- Андрянова А.А., Комякова К.Б., Торчинская А.В. Измерения функции внешнего дыхания человека с помощью чувствительного жидкокристаллического преобразователя воздушного потока // МНТК ФТИ, 2017. С. 354-357.

THE STUDY OF THE MODES OF OPERATION OF THE SPIROMETER LCD INVERTER AIR FLOW

Andriyanova A.A., Loginov N.I., Torchinskaya A.V.

Moscow technological university, physico-technological institute, torchinav@rambler.ru

The paper presents materials on the study of the dynamic response of a liquid crystal cell - sensing element to the combined effect of the variable pressure drop and the control electric field to determine the operating modes of the airflow transducer - the breathing sensor in spirometers.

БИОТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ КОГНИТИВНЫХ И ЭМОЦИОНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ²

Филатова Н.Н., Шемаев П.Д., Сидоров К.В., Бодрина Н.И., Ребрун И.А.

ФГБОУ ВО «Тверской государственный технический университет»,
nfilatova99@mail.ru, pshemaev@rambler.ru, bmisidorov@mail.ru

Мониторинг эмоционального состояния является актуальным для прогнозирования поведения и оценки работоспособности человека. Важным направлением исследований в данной области является определение степени влияния эмоций на когнитивную деятельность. Исследователи зачастую рассматривают данные процессы по отдельности. Это скорее всего связано с высокой сложностью получения и интерпретации информации от различных подсистем организма человека, отражающих эмоциональное состояние и

² Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 17-01-00742.

мыслительную деятельность. В связи с этим возникает необходимость в расширении инструментария исследователей.

Чаще всего для решения подобного рода задач используются биоэлектрические потенциалы головного мозга. Так, например, в работе [1] данная задача решается с применением методов связанных с событиями потенциалов (ССП). В качестве стимулов, вызывающих эмоциональную реакцию, авторы используют изображения. Отмечается, что наличие стимула оказывает влияние на мыслительную деятельность и это отражается на компонентах ССП.

В другой работе [2] для анализа влияния эмоциональной окрашенности изображений на результативность решения мnestических заданий используются спектры электроэнцефалограмм. Авторы отмечают, что валентность стимула может воздействовать на результативность выполнения поставленных задач, однако одного лишь ЭЭГ может быть недостаточно, поскольку четкого разделения сигналов, отражающих эмоциональное состояние и когнитивную деятельность, не установлено.

Ещё в одном исследовании [3] рассмотрен вопрос взаимодействия эмоций и когнитивно-моторной подсистемы человека, отвечающей за скорость и точность выполнения определенных движений. Установлено, что эмоционально окрашенные изображения оказывают существенное влияние на скорость реакции.

Но, помимо ЭЭГ, существует большое количество инструментов, которые могут быть использованы для анализа эмоциональной и мыслительной активности. Среди них можно выделить, электрокардиографию, миографию, магнитно-резонансную томографию и др. Цель исследований в данной области состоит в том, чтобы подобрать оптимальный набор средств для решения поставленных задач. Применяя несколько каналов регистрации, мы повышаем точность работы создаваемых на их основе интерпретаторов.

В своей работе мы попытались создать биотехническую систему (БТС), включающую электроэнцефалографию и электромиографию, которые позволяют получать объективную информацию о психофизиологическом состоянии в виде электрической активности мозга и регистрации мышечных потенциалов. Предположено, что сигнал ЭМГ лучше передает эмоциональную реакцию испытуемого, поскольку для наблюдения могут использоваться независимые группы мышц, отдельно для положительных и отдельно для отрицательных эмоций. ЭЭГ, в свою очередь, отвечает за информацию, связанную с мыслительной деятельностью.

БТС включает в себя 2 канала регистрации ЭМГ и блок регистрации ЭЭГ с 19 отведениями. Схема экспериментов приведена на (рис. 1).

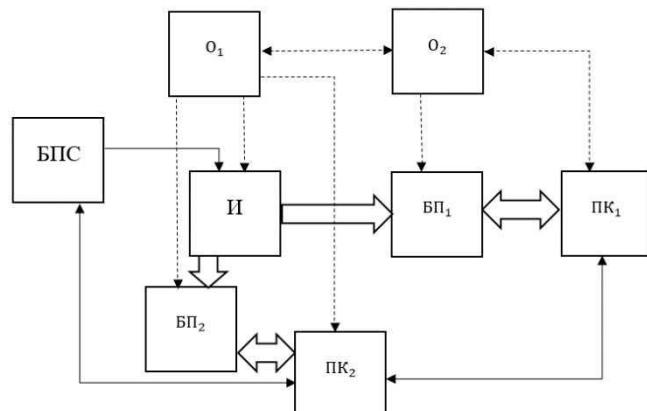


Рисунок 1 – Схема БТС, предназначеннной для мониторинга эмоций и когнитивной деятельности

Обозначения на схеме (см. рис. 1):

БПС – блок предъявления стимулов (монитор, ПК, проектор, динамики);

И – испытуемый (находится в удобном положении, на нем закреплены электроды ЭЭГ и ЭМГ);

БП₁ – блок пациента (блок регистрации ЭЭГ);

БП₂ – блок пациента (блок регистрации ЭМГ);

ПК₁ – ПК осуществляющий запись ЭЭГ, контроль за регистрацией данных;

ПК₂ – ПК осуществляющий запись ЭМГ, контроль за регистрацией данных;

О₁ – оператор, осуществляющий контроль за записью ЭМГ предъявлением стимулов и состоянием электродов, комфорта испытуемого;

О₂ – оператор осуществляющий контроль за записью ЭЭГ, состоянием блока пациента (БП₁).

Регистрация проводилась на: 1) электроэнцефалографе ЭЭГА-21/26 «Энцефалан-131-03» по международной системе отведений «10-20» (19 ЭЭГ-отведений, частота дискретизации 250 Гц) при использовании комплекта ЭЭГ-электродов КЭ-ЭЭГ-10/20 «Энцефалан-КЭ»; 2) электронейромиографе «Нейро-МВП-4» по 2 каналам с частотой дискретизации 1000 Гц (параметры усилителя: входной диапазон 60 мВ, нижняя частота полосно-пропускающего фильтра (ФНЧ) 20 Гц, верхняя частота (ФВЧ) 500 Гц).

Электроды для ЭМГ располагались в точках, выбранных исходя из наибольшей активности мимических мышц с левой стороны лица испытуемого в соответствии с методикой “Fridlund and Cacioppo” [4]. Точка,

расположенная над бровью, где находится мышечная группа “corrugator supercilii”, отвечает за негативные эмоции, такие как злость, грусть, страх и т.д. Вторая точка регистрации “zygomaticus major” связана с работой большой скуловой мышцы, которая оттягивает угол рта при улыбке.

Для проведения исследования разработана методика, в которой сочетаются эмоциональная стимуляция и выполнение мыслительных задач. В эксперименте испытуемым предлагалось решить задания на вычисление. Они предъявлялись на экран монитора, расположенного на расстоянии в 1 м от лица участника эксперимента. Предварительно, в течение первых 60 секунд испытуемый сидел с закрытыми глазами, затем следующие 60 секунд регистрировались с открытыми глазами при предъявлении нейтрального стимула (зеленый квадрат). Далее, на экран выводились два примера заданий с ответами. После инструктажа оператор запускал контрольные задания. Они последовательно предъявлялись на экран монитора блоками по 10 слайдов, в каждом из которых было по 10 примеров. Итого, общее количество заданий 300 штук. Оператор регистрировал ответы, при невозможности решить пример испытуемому давалось ещё две попытки. После двух блоков заданий или в том случае, если общее время эксперимента превысило 40 минут, делалась пауза и предъявлялись позитивные видео юмористического характера. Эмоциональные стимулы были отобраны предварительно самим испытуемым таким образом, чтобы интенсивность сохранялась приблизительно на одном уровне в течение всей стимуляции (15-20 минут). Затем возобновлялось предъявление когнитивных задач. Длительность исследования составляла от 60 до 90 минут.

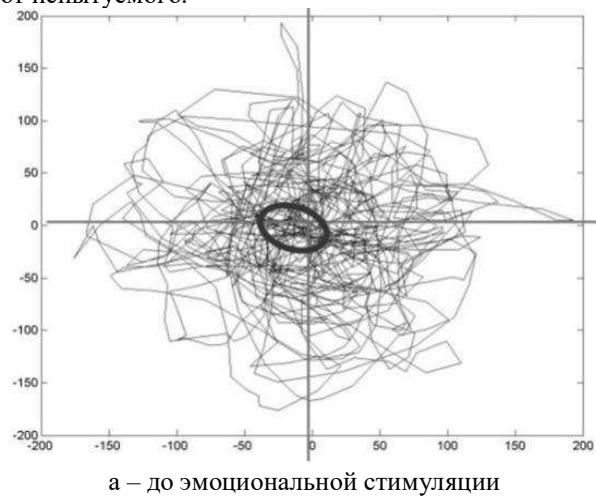
Данные ЭЭГ разбивались на отрезки, соответствующие временным интервалам между началом и концом предъявления стимула (когнитивного и эмоционального). Далее, отсеивались участки, связанные с периодом восприятия текста задачи (500 мсек от начала фрагмента.), затем выделяются отрезки свободные от помех и анализируются с помощью программных средств и разработанных алгоритмов.

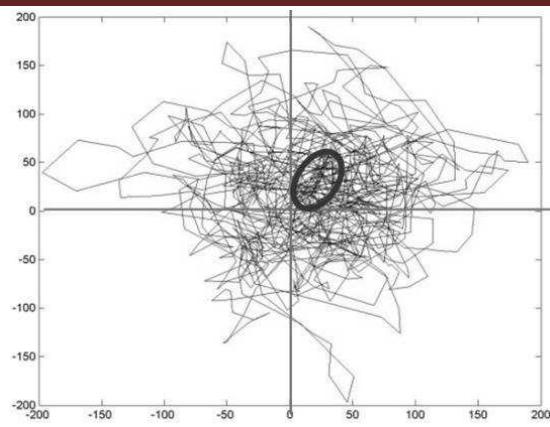
Для анализа сигналов ЭЭГ используется процедура реконструкции аттрактора по каждому отрезку сигнала, следовательно, анализ сигналов сводится к изучению свойств аттракторов [5]. Для описания свойств аттракторов предложены дискретные признаки, отражающие распределение плотности точек проекции аттрактора. Также для оценки свойств сигналов ЭЭГ и ЭМГ использовался спектральный анализ сигнала. Проведенные эксперименты подтверждают, что дискретные признаки аттрактора связаны с изменением эмоционального состояния испытуемого [6, 7]. Также были замечены характерные изменения свойств аттрактора при выполнении когнитивных задач, отмечено смещение областей максимальной плотности от центра аттрактора при выполнении арифметических задач (рис. 2).

В результате спектрального анализа фрагментов сигнала, зарегистрированного в процессе предъявления слайдов с примерами, отмечена закономерность, заключающаяся в усилении дельта ритма при возникновении трудностей у испытуемого. Это характерно, как для левого, так и для правого полушария и особенно сильно проявляется в лобных F-отведениях.

Анализ данных ЭМГ показал значительные отличия в сигналах при эмоциональной стимуляции. Амплитудные спектры, рассчитанные для ЭМГ “corrugator supercilii” при позитивном стимуле, совпали с теми, которые были записаны при нейтральном зеленом квадрате. Отметим также, что во время предъявления когнитивных задач интенсивность сигнала в данной области была значительно выше, что может свидетельствовать о проявлении негативных эмоций. Данное явление наблюдалось в частотном диапазоне от 20 до 100 Гц. В свою очередь, спектры, рассчитанные для ЭМГ “zygomaticus major” при положительном стимуле, демонстрируют характерное усиление на интервале от 20 до 200 Гц.

На рис. 3 представлены графики изменения среднего значения амплитудного спектра $fEMG$ на частотах от 20 до 200 Гц, рассчитанного для скользящего временного окна продолжительностью 5 секунд. Для анализа взяты фрагменты ЭМГ-сигнала, записанные до и после предъявления стимула. В результате мониторинга ЭМГ реакции установлено сохранение признаков эмоциональной активности после окончания стимуляции, о чем свидетельствует нисходящий график «После стимуляции», однако длительность данного явления может варьироваться в зависимости от испытуемого.





б – после эмоциональной стимуляции

Рисунок 2 – Аттракторы 2-х фрагментов ЭЭГ-сигналов:

(абсцисса – значения временного ряда ЭЭГ, мкВ;

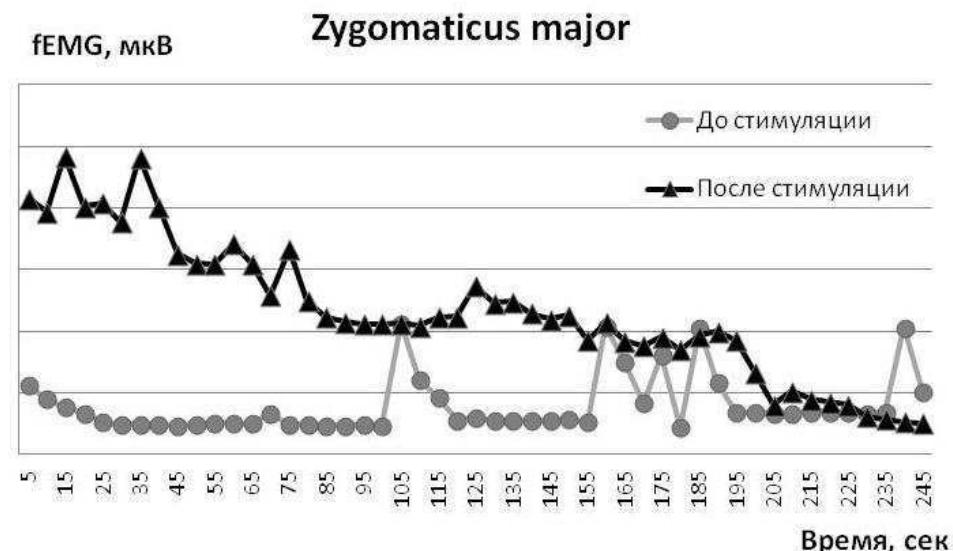
ордината – значения временного ряда ЭЭГ, взятые с задержкой τ , мкВ)

Рисунок 3 – Графики изменения усредненного амплитудного спектра ЭМГ

до и после позитивного стимула

Таким образом, предложенная система и методика позволяют получать и анализировать объективную информацию о психофизиологическом состоянии человека в процессе когнитивной деятельности, а также исследовать влияние эмоциональной стимуляции на процесс его мышления и принятия решений.

Библиографический список

1. Крутенкова, Е.П. Влияние эмоциональных изображений на решение когнитивных задач / Е.П. Крутенкова, Е.А. Есипенко, М.К. Рязанова, М.Ю. Ходанович // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2013. № 1 (21). С. 129-145.
2. Grissmann, S. Electroencephalography based analysis of working memory load and affective valence in an n-back task with emotional stimuli / S. Grissmann, J. Faller, C. Scharinger, M. Spüler, P. Gerjets // Frontiers in Human Neuroscience. 2017. V. 11, Article 616.
3. Lu Y. Valence and arousal of emotional stimuli impact cognitive-motor performance in an oddball task / Y. Lu, K.J. Jaquess, B.D. Hatfield, C. Zhou, H. Li // Biological Psychology. 2017. № 125, Pp. 105–114.
4. Fridlund A. J., Cacioppo J. T. Guidelines for human electromyographic research // Psychophysiology. 1986. Vol. 23, Pp. 567–589.
5. Filatova N.N., Sidorov K.V., Terekhin S.A., Vinogradov G.P. The system for the study of the dynamics of human emotional response using fuzzy trends // Proceedings of the First International Scientific Conference on Intelligent Information Technologies for Industry. 2016. Vol. 2, No. 3. Pp. 175–184.
6. Филатова Н.Н., Сидоров К.В. Интерпретация характеристик эмоций с помощью анализа аттракторов, реконструированных по ЭЭГ-сигналам // Нечеткие системы и мягкие вычисления. 2016. Т. 11, № 1. С. 57–76.
7. Филатова Н.Н., Сидоров К.В., Ханеев Д.М. Классификация знака эмоций человека по ЭЭГ и речевым

сигналам при аудиовизуальной или обонятельной стимуляции // XVIII Международная научно-техническая конференция «НЕЙРОИНФОРМАТИКА-2016». Ч. 3. М.: НИЯУ МИФИ, 2016. С. 183–193.

BIOTECHNICAL SYSTEM FOR INTERACTION RESEARCH BETWEEN COGNITIVE AND EMOTIONAL PROCESSES

Filatova N.N., Shemaev P.D., Sidorov K.V., Bodrina N.I., Rebrun I.A.
Tver State Technical University, nfilatova99@mail.ru

The article suggests the model of biotechnical system designed to explore relationships between emotional state of a subject and cognitive activity. This direction is not often covered in scientific publications, but it can become very relevant for developing methods of improving labor productivity. To obtain information about emotional state and changes in the brain's functioning of subject during cognitive task solution, it is proposed to use two channels: electroencephalography and electromyography. As a cognitive load, we used arithmetic examples with multiplication. Emotional stimuli consists of short videos with humorous content with approximately the same level of intensity, according to the subject's rating.

For EEG signals analysis we used method of attractor's reconstruction, which has proved itself in previous studies involving biomedical signals. The conducted experiments confirmed that the discrete attributes of attractor are associated with changes in subject's emotional state. It is also noted displacement of the maximum density regions from attractor's center during arithmetic task performing.

In addition, the spectral characteristics of EEG and EMG were compared before and after the presentation of emotional stimulus. The spectra calculated for EMG recorded from large zygomatic muscle during positive stimulus show a significant raise in 20 to 200 Hz range. In addition, the analysis of amplitude spectrum's average values, for a 5 seconds sliding time window, showed the preservation of emotional state signs after end of stimulation.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ КАК МЕТОД ОБЪЕКТИВНОЙ АУДИОМЕТРИИ

Филиппцев Д. А., Писарева А. В., Николаев А. П.
МГТУ имени Н.Э. Баумана, НУК РЛМ, кафедра медико-технического менеджмента, filipcev2@gmail.com,
pavprav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru

Снижение остроты слуха может привести к серьёзным последствиям для человека [3, 6]. По данным ВОЗ, около 360 миллионов человек живут с нарушениями слуха, которые классифицируются как приводящие к нетрудоспособности [9]. Из этих 360 миллионов – 32 составляют дети. По данным исследователей сенсоневральная тугоухость в России является одним из наиболее распространенных заболеваний [3, 9]. Следует отметить, что оно плохо поддается лечению, а в большинстве случаев приносит не только физические, но и моральные страдания в том числе и студентам с нарушением слуха [4]. Такие больные имеют много общесоматических и неврологических жалоб, это еще больше ухудшает их качество жизни. Аудиометрия как метод оценки чувствительности слуха является субъективным. Поэтому предлагается рассмотреть новый метод объективизации аудиометрии – метод биологической обратной связи по спектрофотометрическому сигналу [10, 17]. Во-первых, если заболевание оказалось серьёзным, то есть шанс потерять способность слышать речь других людей и как следствие перестать общаться посредством речи [7]. Во-вторых, лишение возможности общения может оказать сильное психоэмоциональное воздействие [1, 3, 5, 8]. И не надо забывать о важности наличия хорошего слуха у людей, чьи профессии, например, пилот самолёта, связаны с ответственностью за жизнь многих [6, 18]. На сегодняшний день самый распространённый метод диагностики остроты слуха – аудиометрия. Эта методика является чисто субъективной, что в некоторых случаях, если пациент ребёнок или пожилой человек, является недостаточным для корректной оценки и постановки диагноза [1, 2, 14, 19, 22]. Для более точной оценки чувствительности слуха необходимо воспользоваться объективными методиками [10, 12, 19]. На сегодняшний день существует несколько наиболее распространённых методов объективизации аудиометрии: динамическая импедансометрия (тимпанометрия) барабанной перепонки и регистрация слуховых вызванных потенциалов [11, 16]. Однако эти методы имеют свои недостатки. Поскольку зондирующий звук, используемый при тимпанометрии, «определяет» величину импеданса акустической системы уха, важным представляется правильный его частоты и амплитуды (интенсивности) [10, 15, 23]. Однако, именно в этом вопросе не существует единого мнения. Разные авторы предлагают «свои» параметры тестирующего звука – от 220 Гц до 500 Гц и 600 Гц, что, естественно, не способствует унификации оценки результатов исследования [2, 10, 15, 16, 23]. Аналогичные противоречия существуют и в предположениях по величинам барометрического давления, искусственно изменяемого в наружном слуховом проходе (НСП). Поскольку величина этого давления соизмеряется сдавлением в барабанной полости (БП), то одни авторы предлагают применять положительное по отношению к последнему давление в НСП, другие – отрицательное [2, 15, 23]. Методика регистрации слуховых вызванных потенциалов сходна с методикой регистрации электроэнцефалографических (ЭЭГ) сигналов с той лишь разницей, что первые есть сигналы специфические, возникающие в структурах головного мозга (ГМ) при действии стимула определённой модальности [4, 10]. В нашем случае это звук. Этот метод является прямым в том плане, что он даёт представление именно о нейронной активации слуховых

центров ГМ, к которым поступает потенциал действия (ПД) от внутренних волосковых клеток [2, 4, 15, 23]. Однако, как и ЭЭГ, метод слуховых вызванных потенциалов имеет малое временное разрешение относительно предлагаемому в данной работе спектрофотометрическому методу объективизации аудиометрических данных [3, 19]. Также существует методика, основанная на выявлении слуховых рефлексов [4, 11, 18]. Было отмечено, что при частоте звукового раздражителя 1000 Гц интенсивности 10, 20 и 30 дБ и 6000 Гц интенсивности 20 и 30 дБ наблюдаются сосудистые реакции: увеличение кровенаполнения или спазм, например, сосудов кистей [5, 16]. Причём характер реакций зависит от пациента. Метод электрокохлеографии основан на анализе биоэлектрических потенциалов улитки [1, 10, 22]. Однако, по утверждению Б. М. Сагаловича, электрическая активность улитки не может служить электрофизиологическим эквивалентом слуха в целом [1, 4, 9, 14, 16]. Она лишь отражает деятельность периферических нервных образований, обеспечивающих трансформацию механической энергии в биоэлектрическую, процессы кодирования информации и подготовки её к дальнейшей трансляции по нервным трактам [2, 20]. Последний, не получивший клинического распространения метод – акустическая рефлексометрия. С его помощью оценивается сократительная способность мышц БПо и проводится диагностика нарушений в слуховой системе на уровне первого нейрона [2, 4, 24]. Поэтому, нами предложено рассмотреть новую методику объективизации исследования чувствительности слуха: оптическое воздействие спектрофотометром или тканевым оксиметром на слуховую зону коры ГМ и регистрация изменения гемодинамики в ней при параллельной подаче тестового аудиосигнала в уши пациента через наушники (воздушный или трансмиссионный тип звукопроведения) [4, 13, 20, 24]. Также важно зарегистрировать зависимости получаемого сигнала от толщины височной кости черепа, а также от людей с различными слуховыми патологиями. Однако, первичной задачей является рассмотрение отклика в изменении гемодинамики в слуховой зоне коры головного мозга при подаче тестового аудиосигнала заведомо хорошо слышащему человеку [5, 18, 21]. Спектрофотометрия в красном и ближнем инфракрасном (К-БИК) диапазонах длин волн оптического воздействия на исследуемый участок является неинвазивным методом исследования деятельности мозга при помощи измерений изменения оптического поглощения в тканях головного мозга [4, 15, 23]. Данный метод имеет много преимуществ по сравнению с другими методами нейровизуализации, так как он позволяет с достаточно высоким временным разрешением измерять изменения степени оксигенации крови, связанные с нейронной активацией [2, 10, 15, 16]. Этот метод может рассматриваться как отдельно, так и в качестве экспертного подтверждения слуховых вызванных потенциалов потому, что изменение гемодинамики является непосредственным следствием нейронной активации в слуховой коре головного мозга [14, 15, 22]. Во время проведения эксперимента необходимо было одновременно подавать тестовое аудиовоздействие и регистрировать изменение гемодинамики в слуховой зоне коры головного мозга. Аудиосигнал генерировался компьютерной программой SweepGen 3.7.6, распространяемой бесплатно в сети Интернет (рисунок 1).

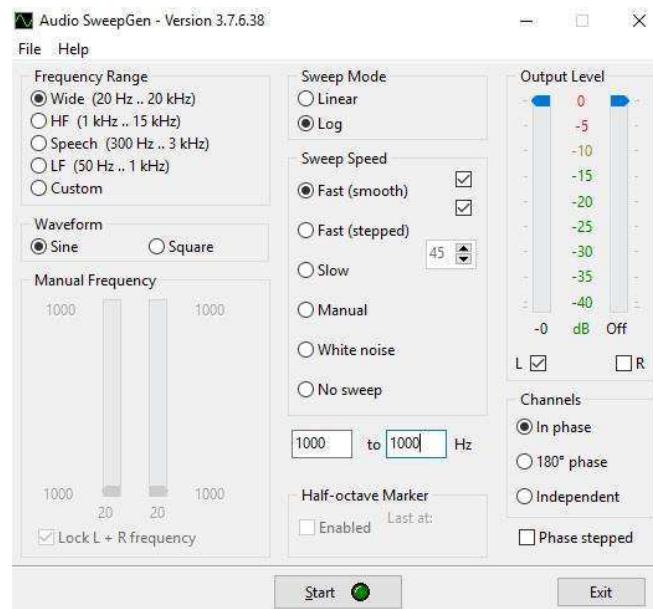


Рисунок 1 – Вид окна программы SweepGen 3.7.6

Изменение гемодинамики регистрировалось спектрофотометром Oxiplex-TS. Спектрофотометрические датчики были наложены на проекцию слуховой зоны коры ГМ между точками Т3-Т5, которые были взяты из системы «10-20» наложения электродов при ЭЭГ и крепились с помощью эластичного бинта, обмотанного вокруг головы (рисунок 2).

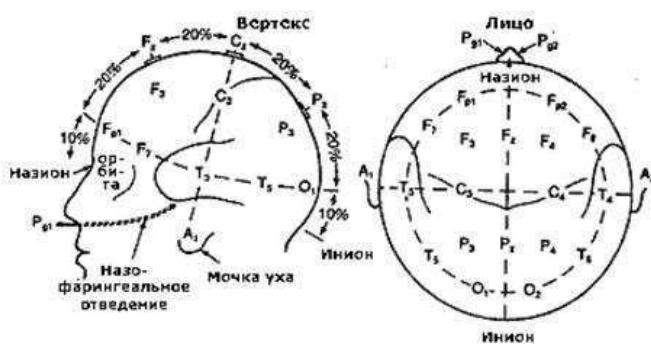


Рисунок 2 – Схема наложения электродов ЭЭГ по системе «10-20» [10]

Тестовый аудиосигнал подавался сначала в левый канал (A), затем в правый (B). Частота сигнала равнялась 1 кГц, интенсивность – 0 дБ. Периоды воздействия: 30 секунд подавался сигнал, затем 30 секунд отдыха. Суммарно в один канал подавалось воздействие 3 раза и 2 раза производилась фаза отдыха. После этого подача производилась в правый канал наушников. Далее, в среде Matlab, был обработан полученный сигнал и применялась функция корреляции с опорным пилообразным сигналом (рисунки 3-18).

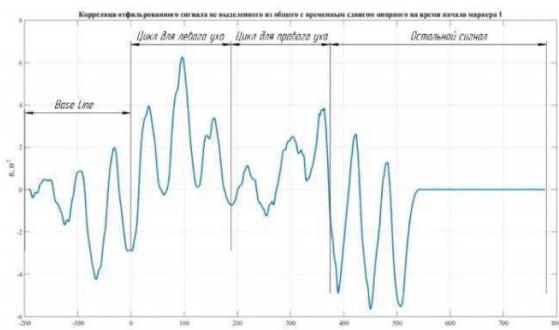


Рисунок 3 – Корреляция сигнала, снятого с канала А первого диода

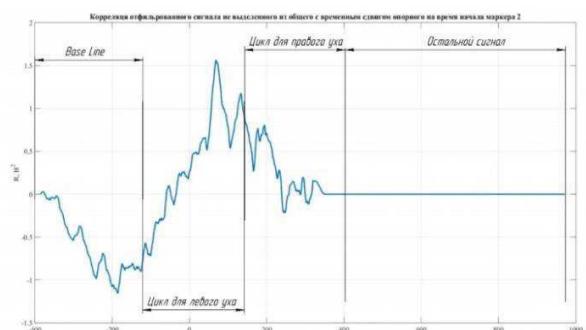


Рисунок 4 – Корреляция сигнала, снятого с канала В первого диода

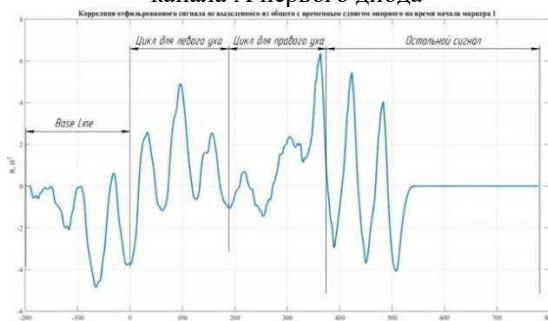


Рисунок 5 – Корреляция сигнала, снятого с канала А второго диода

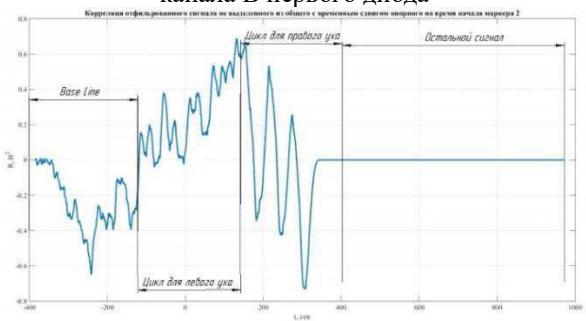


Рисунок 6 – Корреляция сигнала, снятого с канала В второго диода

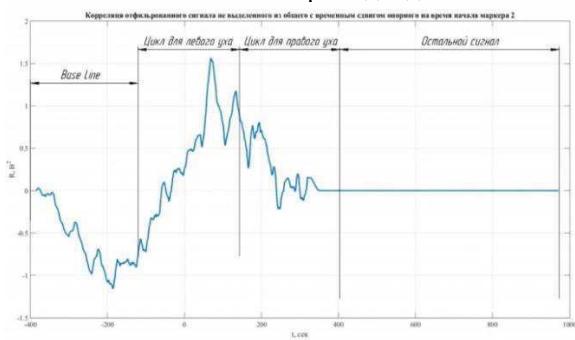


Рисунок 7 – Корреляция сигнала, снятого с канала А третьего диода

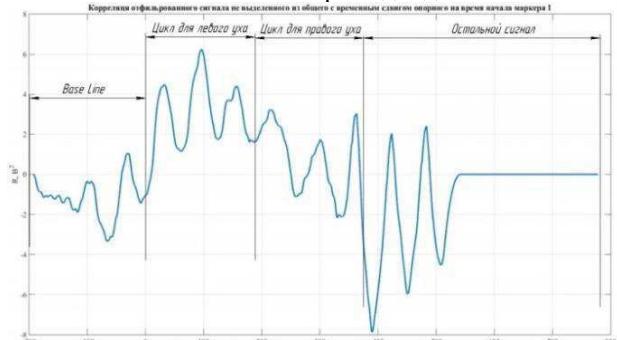


Рисунок 8 – Корреляция сигнала, снятого с канала В третьего диода

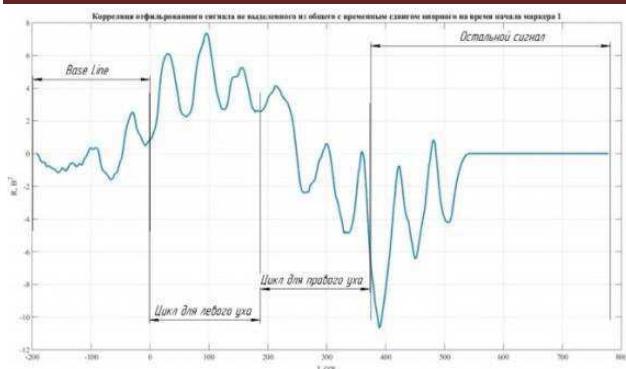


Рисунок 9 – Корреляция сигнала, снятого с канала А четвёртого диода

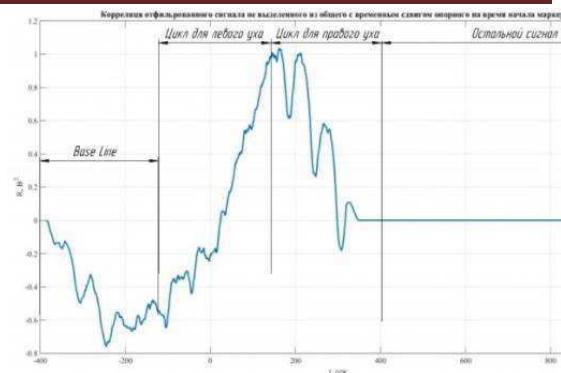


Рисунок 10 – Корреляция сигнала, снятого с канала В четвёртого диода

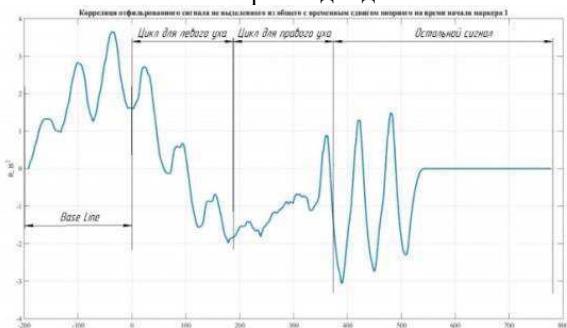


Рисунок 11 – Корреляция сигнала, снятого с канала А пятого диода

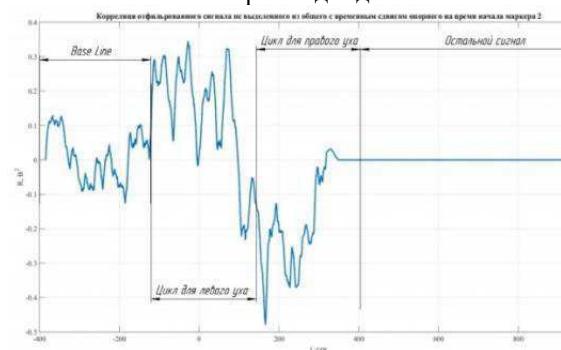


Рисунок 12 – Корреляция сигнала, снятого с канала В пятого диода

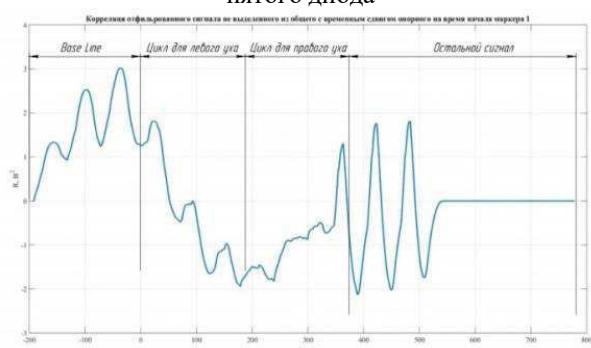


Рисунок 13 – Корреляция сигнала, снятого с канала А шестого диода

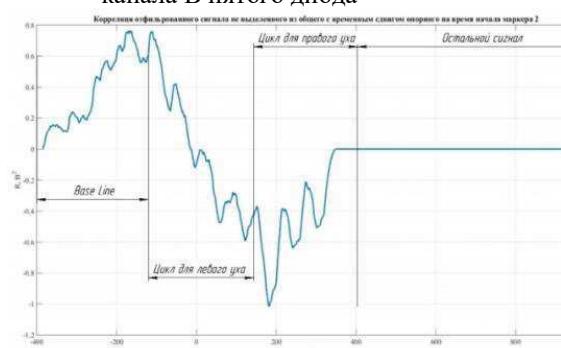


Рисунок 14 – Корреляция сигнала, снятого с канала В шестого диода

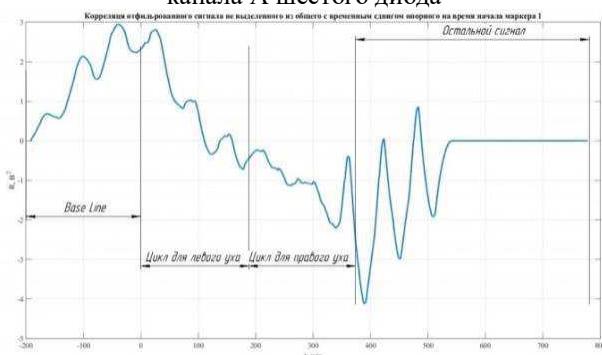


Рисунок 15 – Корреляция сигнала, снятого с канала А седьмого диода

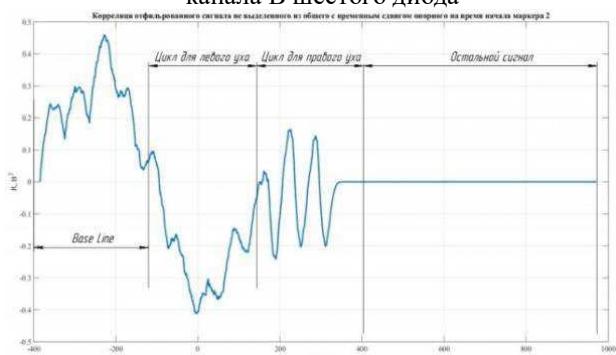


Рисунок 16 – Корреляция сигнала, снятого с канала В седьмого диода

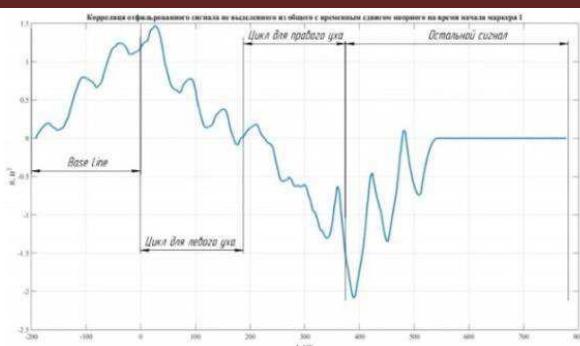


Рисунок 17 – Корреляция сигнала, снятого с канала А восьмого диода

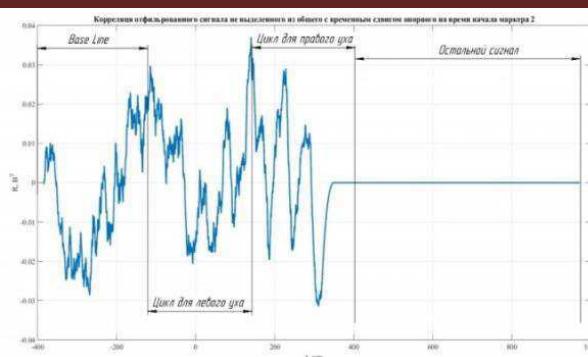


Рисунок 18 – Корреляция сигнала, снятого с канала В восьмого диода

Расположение электродов (каналов) было следующим: канал А располагался в зоне проекции слуховой зоны коры ГМ с левой стороны, канал В-с правой стороны [10]. Диоды с первого по четвёртый испускали оптическое излучение с длиной волны 834 нм, с пятого по восьмой – 692 нм [11]. Из рисунков можно увидеть, что при испускании спектрофотометрическими датчиками оптического излучения с длиной волны 834 нм, можно наблюдать заметное изменение гемодинамики во время действия тестового аудиосигнала. Спад во время фаз «циклов подачи для разных ушей» обосновывается тем, что после корреляционного пика, свидетельствующего о завершении тридцатисекундного воздействия, идёт фаза отдыха. Пик третьей волны в циклах находится ниже остальных, что свидетельствует о «привыкании» слухового анализатора к тестовому сигналу, поэтому изменение гемодинамики меньше. Канал А, как уже оговаривалось выше, регистрировал сигнал с левой стороны во время подачи воздействия в левое ухо [20, 24]. Во время фазы «цикла для правого уха» наблюдается также нарастание гемодинамики, но меньшее. Объясняется это эффектом «переслушивания» левым ухом сигнала, подающегося в правое, так как уши не «маскировались» белым шумом. Для канала В ситуация аналогична.

Из рисунков, которые соответствуют оптическому излучению спектрофотометрических датчиков с длиной волны 692 нм, подобной зависимости, как для 834 нм не наблюдается на любой глубине зондирования. Это объясняется тем, что при длине волны 692 нм происходит большее рассеяние в тканях головного мозга и регистрации гемодинамики не происходит. Фаза «Остальной сигнал» не является информативным, так как звукового воздействия не подавалось [2, 16, 24]. Таким образом, можно говорить о том, что при аудиометрическом исследовании можно использовать биологическую обратную связь по спектрофотометрическому сигналу, регистрирующую изменение гемодинамики в слуховой зоне коры головного мозга.

Библиографический список

1. Арутюнян А. Г. Улитковая тугоухость: иммунологические аспекты диагностики, лечения и профилактики: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – Ереван, 1997. – 39 с.
2. Бабияк, В. И. Нейрооториноларингология / В. И. Бабияк, В. Р. Гофман, Я. А. Накатис // Руководство для врачей. Санкт-Петербург, Гиппократ, 2002. 727 с.
3. Беличева Э. Г. Острая и внезапная сенсоневральная тугоухость: этиология, клиника, диагностика, эффективность ранней этиопатогенетической терапии: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – СПб., 2008. – 41 с.
4. Беляничева, В. В. Формирование мотивации занятий физической культурой у студентов / В. В. Беляничева, Н. В. Грачева // Физическая культура и спорт: интеграция науки и практики. Вып. 2. – Саратов: ООО Издательский центр «Наука», 2009. – С. 6–9.
5. Брыксина З. Г., Сапин М. Р., Чава С. В. Анатомия человека. Учебник. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2015. С.120-122.
6. Воробьева Н. В., Писарева А. В. Актуальность разработки алгоритма программного обеспечения для индивидуального оздоровления студентов с нарушением слуха в специальных медицинских группах // Молодежь и наука. 2017. № 4.2. С. 1.
7. Воробьева Н. В., Писарева А. В. Актуальность разработки алгоритма программного обеспечения для индивидуального оздоровления студентов с нарушением слуха в специальных медицинских группах // Авиценна. 2017. № 7. С. 25-27.
8. Воробьева Н. В., Писарева А. В. Актуальность создания внутривузовской медицинской информационной системы для занятий физической культурой студентов с нарушением слуха // Наука и Мир. 2016. Т. 1. № 8 (36). С. 21-23.
9. Всемирная Организация здравоохранения, 2016 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.who.int/tu/>
10. Егорова И. С. Электроэнцефалография. Монография // М.: Медицина, 1973 – 296 с.

- 11.Ершов Ю. А., Щукин С. И. Основы анализа биотехнических систем. Теоретические основы БТС // Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов "Биомедицинская техника" по специальностям "Биотехнические и медицинские аппараты и системы", "Инженерное дело в медико-биологической практике" и направлению подготовки бакалавров и магистров "Биомедицинская инженерия" / Ю. А. Ершов, С. И. Щукин. Москва, 2011. Сер. Биомедицинская инженерия в техническом университете. 526 с.
- 12.Золотова Т. В. Дифференциальный подход к лечению сенсоневральной тугоухости: автореф. дис. ... докт. мед. наук. – М., 2004. 41 с.
- 13.Косяков С. Я., Атанесян А. Г. Интрапианальное введение стероидов в лечении острой сенсонеральной тугоухости // Вестн. оторинолар. – 2006. – № 5. – Прил. – С. 158–159.
- 14.Лысова И. А., Оценка общей физической подготовленности студентов / И. А. Лысова, А. В. Блинова, Ю. В. Нечушкин //Монография. Издательство: Московский гуманитарный университет. Москва, 2012. 201 с.
- 15.Сафонова Л. П. Спектрофотометрия в функциональной диагностике / Л. П. Сафонова Спектрофотометрия в функциональной диагностике: учебное пособие. – М.: МГТУ, 2005 – 67 с.
- 16.Секалина Т.В. Развитие мелкой моторики у детей с нарушением речи. Электронный журнал: Экстернат. РФ. 2012. URL: <http://ext.spb.ru/2011-03-29-09-03-14/75-correction> al/1055-2012-03-19-23-56-32.html (Дата обращения 19.09.2017).
- 17.Сичкарева Т. А., Вишняков В. В., Кутепов Д. Е. Перспективные методы лечения сенсоневральной тугоухости // Там же. – 2007. – № 5. – Прил. – С. 121–122.
- 18.Хода, Л. Д. Основные составляющие методологии социальной интеграции неслышащих людей в адаптивной физической культуре / Л. Д. Хода // Ученые записки университета им. П.Ф. Лесгафта. – 2008. – № 3. – С. 5–10.
- 19.Швецов А. Г. Возрастная анатомия и физиология: физиология развития ребенка. Учебное пособие / А. Г. Швецов; М-во образования и науки Российской Федерации, Новгородский гос. ун-т им. Ярослава Мудрого. Великий Новгород, 2010. 318 с.
- 20.Щукин С. И. Биомедицинская инженерия в МГТУ им. Н. Э. Баумана // Биотехносфера. 2012. № 2 (20). С. 48-50.
- 21.Adverse effects of glucocorticoid therapy for inner ear disorders / J. R. Garcia-Berrocal [et al.] // J. Otorhinolaryngol Relat. Spec. 2008. – Vol. 70, N 4. – P. 271–274.
- 22.Interacoustic.com / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.interacoustic.com/ad226> (03.03.17).
- 23.Lopotko A. I. Results of impedance audiometry in young, middle aged and old people (Russian) // Журнал слуховых, носовых и горловых болезней. 1976. Т. 36. № 5. С. 24-30.
- 24.Sagalovitch V. M., Malinkin V. B. The significance of non linear distortions in the cochlear for perception of sonic and ultrasonic stimuli // Физиологический журнал СССР им. И.М. Сеченова. 1978. Т. 64. № 6. С. 737-740.

SPECTROPHOTOMETRY AS METHOD OF OBJECTIVE AUDIOMETRY

Filipcev D. A., Pisareva A.V., Nikolaev A. P.

MSTU named N. Uh. Bauman, NUK RLM, Department of medical and technical management, filipcev2@gmail.com, pavpav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru

Absolute or partial hearing loss is one of the extending problems in the world for today. According to WHO data, about 360 million people (about 5% of all population) live with hearing disorders, which is classified as resulting in disability. Children make of these 360 million – 32. Audiometry is subjective assessment method of sensitivity hearing. Therefore, it is offered to consider a new objective method of audiometry – a method of biological feedback on a spectrophotometry signal.

АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ИСТОЧНИКОВ СЕРДЦА НА ПОВЕРХНОСТИ КВАЗИЭПИКАРДА

Крамм М.Н., Черников А.И., Палютина Ю.А., Журавлева Н.А.

"Национальный исследовательский университет "МЭИ", KrammMN@mail.ru

Введение

Актуальная задача извлечения дополнительной информации об электрической активности сердца, используя данные многоканальных электрокардиографических отведений, которые включают в себя как зарегистрированные электрокардиосигналы (ЭКС), так и координаты электродов, размещенных на поверхности торса человека [1]. Нас интересует решение обратной задачи электрокардиографии, т.е. реконструкция эквивалентных электрических источников на поверхности сердца (ЭЭИПС) на основе записей многоканальных электрокардиографических отведений. В результате такой реконструкции можно проанализировать пространственно-временные карты эквивалентных источников, чтобы выявить патологические области электрической активности сердца.

Рассмотрим реконструкцию ЭЭИПС в виде распределения плотности простого электрического слоя на поверхности эпикарда, т.е. распределения нормальной производной электрического потенциала $g = \frac{\partial \phi}{\partial n}$ (n изменяется в направлении нормали к поверхности эпикарда). Задача реконструкции относится к обратным задачам электрофизиологии (ОЗЭКГ) [2,3], являющихся некорректными задачами вычислительной математики [4]. При этом первостепенное значение имеют вопросы устойчивости получаемых решений и влияния степени регуляризации на устойчивость и погрешность решения обратной задачи.

Математические аспекты

Для анализа поставленных вопросов мы рассмотрели базовую систему линейных алгебраических уравнений $G \cdot g = \phi$, где ϕ – известный вектор (одномерный массив) электрических потенциалов на достаточно мелкой сетке на поверхности торса, длина вектора $L(\phi) = N$; g – вектор значений плотности ЭЭИПС на достаточно мелкой сетке на поверхности эпикарда, длина вектора $L(g) = M$; $N \geq M$. Реконструкция ЭЭИПС сводится к нахождению регуляризированной матрицы \tilde{G}^{-1} : $\tilde{g} = \tilde{G}^{-1} \cdot \phi$, где

$$\tilde{G}^{-1} = V \tilde{R}^+ U^T, \quad (4)$$

$\tilde{R}^+ = \text{diag}(\tilde{\lambda}_1, \tilde{\lambda}_2, \dots, \tilde{\lambda}_M)$, $\tilde{\lambda}_i = \theta(\lambda_i)$, $\theta(\lambda_i)$ – функция, ограничивающая вклад в решение малых сингулярных чисел λ_i . Так, в методе усеченного сингулярного разложения (TSVD) [4] $\theta(\lambda_i) = \{\lambda_i^{-1}, i \leq c_d; 0, c_d < i \leq M\}$, где c_d – пороговый номер сингулярного числа. Тогда уровень регуляризации можно описывать величиной $\gamma = 1 - \frac{c_d}{M}$: так, при $c_d = M$ получаем $\gamma = 0$, т.е. учитываем без ослабления все сингулярные числа и регуляризация отсутствует. При выборе уровня регуляризации следует обращать внимание на зависимости $E_{\tilde{\phi}}(\gamma)$ и $E_{\tilde{g}}(\gamma)$, где $E_{\tilde{g}} = \sum_{i=1}^M \tilde{g}_i^2 = \|\tilde{g}\|^2$, $E_{\tilde{\phi}} = \sum_{j=1}^N \tilde{\phi}_j^2 = \|\tilde{\phi}\|^2$ – энергия регуляризированного распределения ЭЭИПС \tilde{g} и энергия восстановленного по \tilde{g} распределения потенциала на поверхности торса $\tilde{\phi} = G \tilde{g}$, соответственно. При переходе в область неустойчивого решения эти энергии начинают существенно возрастать.

Результаты реконструкции

Для оценки устойчивости и погрешности реконструкции ЭЭИПС мы рассмотрели модельную задачу, когда поверхность торса описана цилиндром конечной длины, а поверхностные источники рассматриваются на сферической поверхности квазиэпикарда, окружающей эпикард [1] (рисунок 1).

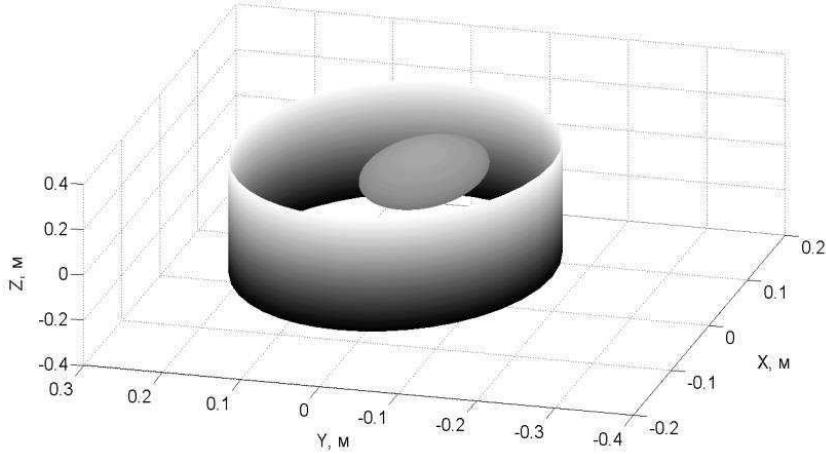


Рисунок 1 – Модель, используемая в решаемой задаче

Поскольку основной вклад в распределение электрического потенциала на торсе дает дипольный член разложения потенциала, то модельный поверхностный источник на квазиэпикарде формировался диполем различной ориентации, расположенным внутри сферы квазиэпикарда. Рассматривался случай, когда на поверхности торса выполняется условие электрической изоляции $g = \frac{\partial \phi}{\partial n} = 0$, а среда между эпикардом и поверхностью торса однородная.

Анализ спектра сингулярных чисел λ_i по диагонали матрицы R для данной задачи свидетельствует о том, что для случая $N = M = 1600$ уже для $i = 200$ получаем $\lambda_i / \lambda_1 \approx 10^6$, т.е. близкие к предельным значения обусловленности в матрице G . На рисунках 2 и 3 представлены зависимости $E_{\tilde{\phi}}(\gamma)$ и $E_{\tilde{g}}(\gamma)$, характеризующие

влияние уровня регуляризации на энергию распределений $\tilde{\phi}$ и \tilde{g} . Характерно, что при уменьшении уровня регуляризации уже в области $\gamma < 0,98$ начинается рост $E_{\tilde{g}}(\gamma)$ на эпикарде, в то время как рост $E_{\tilde{\phi}}(\gamma)$ на торсе начинается только при $\gamma < 0,85$.

Поведение $E_{\tilde{g}}(\gamma)$ соответствует спектру сингулярных чисел: значение $\gamma = 0,9$ достигается при пороге $c_d = 200$. Рассмотрены карты распределения плотности ЭЭИПС \tilde{g} на поверхности сферического квазиэпикарда при уровнях регуляризации $\gamma = 0,97$ и $\gamma = 0,98$. Качественная схожесть карт распределений подтверждается количественными расчетами коэффициента корреляции Пирсона между этими распределениями: $r \approx 0,87$.

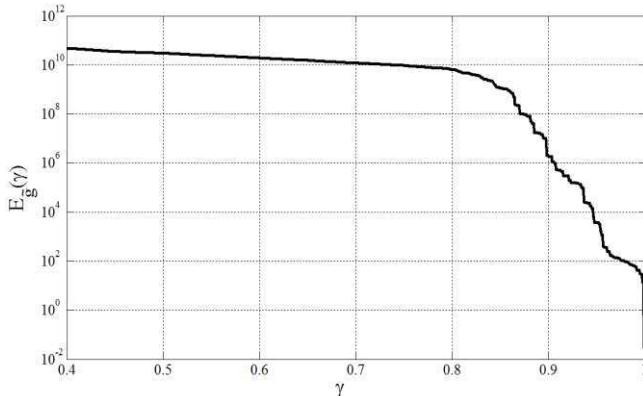


Рисунок 2 – Зависимость энергии распределения \tilde{g} от γ

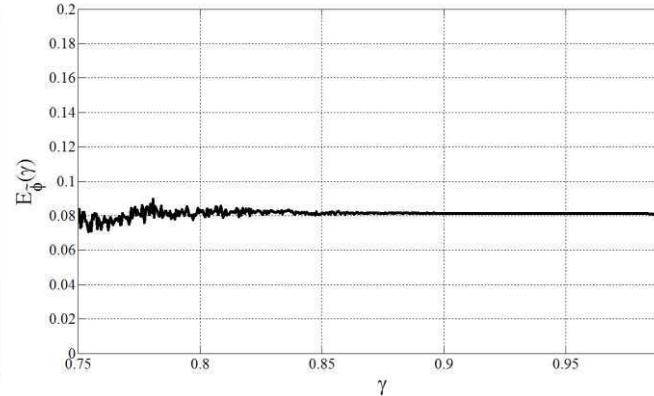


Рисунок 3 – Зависимость энергии распределения $\tilde{\phi}$ от γ

Таким образом, при реконструкции эквивалентного электрического источника на поверхности эпикарда может быть использован усеченный метод сингулярного разложения, причем при выборе уровня регуляризации следует учитывать зависимости энергии регуляризованных распределений на торсе и эпикарде от уровня регуляризации и коэффициенты корреляции между распределениями.

Библиографический список

1. Титомир Л.И., Трунов В.Г., Айду Э.А.И. Неинвазивная электрокардиотопография. М.: Наука, 2003.
2. Macfarlane, P.W., van Oosterom, A., Pahm, O., Kligfield, P., Janse, M., Camm, J.:Comprehensive Electrocardiology, 2nd edn, p. 2291. Springer, London (2011). (Chapter 9)
3. Zhikhareva, G., Kramm, M.: Reconstruction of Current Sources of Heart in the ECG Inverse Problem. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, Saarbrücken (2012)
4. Леонов А.С. Решение некорректно поставленных обратных задач: Очерк теории, практические алгоритмы и демонстрации в МАТЛАБ. М.: ЛиброКом, 336 с.

ANALYSIS OF STABILITY AT THE RECONSTRUCTION OF THE ELECTRIC HEART sources ON THE QUASIEPICARD SURFACE

Kramm M.N., Chernikov A.I., Palyutina Y.A., Zhuravleva N.A.
"National Research University" MPEI ", KrammMN @ mail.ru

We consider the solution of the inverse problem of electrocardiography, consisting in the reconstruction of equivalent electric sources on the heart surface (EESHS) based on the records of multichannel electrocardiographic leads. As a result of this reconstruction, it is possible to analyze spatio-temporal maps of equivalent sources to reveal pathological areas of electrical activity of the heart. The distribution of the density of a simple electric layer on the epicardium surface is reconstructed.

We consider a system of linear algebraic equations connecting the measured electric potentials on the torso surface and the normal derivative of the potential on the surface of the epicardium. To solve the system of equations, we use method of truncated singular decomposition (TSVD). The solution is analyzed on the example of a model problem, when an equivalent source is reconstructed on the surface of a spherical quasi-epicardium, and the analyzed distributions are excited by dipole inside the epicardium. We consider the dependence of the energy of the potential distributions on the torso surface and the energy of the distribution of the EESHS on the level of regularization. Maps of spatial regularized EESHS distributions are shown.



ЗАПИСЬ ВОЛОКОННЫХ БРЭГГОВСКИХ РЕШЕТОК ФЕМТОСЕКУНДНЫМ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ ДЛЯ ДАТЧИКОВ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ И ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Черников А.С., Кочуев Д.А., Хорьков К.С., Прокошев В.Г., Чкалов Р.В.

Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых, an4ny.che@gmail.com

Развитие всех областей науки и техники напрямую зависит от выполнения измерительных процессов, которые необходимы при исследовании соответствующих природных явлений. В сфере мониторинга и осуществления контроля над состоянием различных объектов и окружающей среды все большее распространение получают принципиально новые волоконно-оптические датчики на основе брэгговских решеток, обладающие рядом преимуществ перед уже имеющимися аналогами. Основными преимуществами являются значительное расстояние до места проведения измерений, низкие потери, высокая чувствительность, а также, полная электрическая пассивность [1].

В таких датчиках чувствительным элементом являются волоконные брэгговские решетки, а также длиннопериодные волоконные решетки показателя преломления [2]. Волоконная брэгговская решетка (ВБР) представляет собой участок оптического волокна (ОВ), в светонесущей сердцевине которого сформирована периодическая структура с периодом Λ с чередующимся показателем преломления. При прохождении через оптическое волокно с записанной решеткой, излучение частично или полностью будет отражено от нее на резонансной длине волны.

В последнее десятилетие все больше внимания уделяется методу фемтосекундной записи ВБР. Данный метод подразумевает изменение показателя преломления оптического волокна путем воздействия ультракороткими лазерными импульсами (длительность импульса – 10^{-15} с). В ходе прямой записи фемтосекундными лазерными импульсами, периодическая структура, состоящая из множества отдельных штрихов, формируется путем транслирования оптического волокна в ходе записи при помощи высокоточной системы позиционирования. Основными преимуществами данной технологии является возможность гибкого изменения характеристик записываемой ВБР: период, протяженность, и как следствие, спектральных характеристик.

Для осуществления записи ВБР в экспериментах использовалась фемтосекундная Yb:KGW-лазерная система со следующими параметрами: длина волны – 1029 нм, частота импульсов составляет 10 кГц, длительность импульса – 280 фс. Лазерное излучение фокусировалось с помощью микрообъектива Mitutoyo (x100, NA = 0.7) с рабочим отрезком 12 мм. Интенсивность лазерного излучения регулировалась с помощью поляризационного ослабителя. В качестве образца использовалось одномодовое оптическое волокно Corning SMF-28e+, запись осуществлялась непосредственно через защитную полимерную оболочку (акрилат) оптического волокна, которая является прозрачной для ИК-диапазона спектра излучения. Для осуществления стабильного, плавного и высокоточного перемещения образца по заданным траекториям в плоскости XY использовался прецизионный двухкоординатный стол (Aerotech ANT130-110-XY Ultra). Подготовленный образец помещался между предметным и покровным стеклами, пространство между которыми заполнялось иммерсионной жидкостью с показателем преломления близким к показателю преломления оболочки оптического волокна [3].

Схематичное изображение области обработки представлено на рисунке 1. На рисунке 1: 1 – фемтосекундное лазерное излучение; 2 – фокусирующая оптика (микрообъектив); 3 а – стекло покровное; 3 б – стекло предметное; 4 – оптическое волокно; 5 – иммерсионная жидкость.

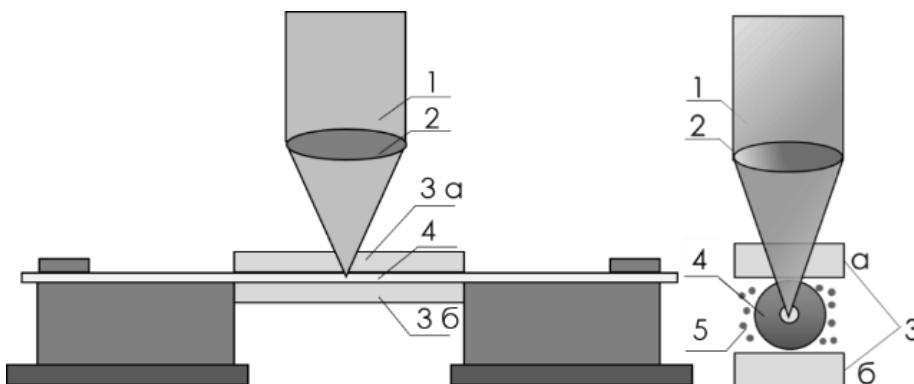


Рисунок 1 – Схематичное изображение области обработки: 1 – фемтосекундное лазерное излучение; 2 – фокусирующая оптика (микрообъектив); 3 а – стекло покровное; 3 б – стекло предметное; 4 – оптическое волокно; 5 – иммерсионная жидкость.

Методом пошаговой записи фемтосекундным лазерным излучением были изготовлены несколько ВБР с различными заданными характеристиками. Параметры, при которых осуществлялась запись, а также характеристики ВБР представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные данные

№	Энергия импульса E_{pulse} , мкДж	Скорость Движения V , мкм/с	Период ВБР, Λ , мкм	Длина линии, l , мкм	Кол-во линий	Длина ВБР, мм	Резонансная длина волны, λ_B , нм (дифр. порядок)
1	0,150	80	1,42	30	2000	2,840	1035 (4)
2	0,150	80	2,14	30	2000	4,26	1550(4)
3	0,150	80	1,07	30	2000	2,140	1550 (2)

Период ВБР выбирался с учетом четвертого дифракционного порядка ($m = 4$), это было сделано исходя из линейных размеров записанных линий (ширина около 0,8 мкм). Данные размеры позволяют осуществлять запись ВБР второго порядка и выше. На рисунке 2 представлены изображения записанных ВБР для различных дифракционных порядков с резонансной длиной волны 1550 и 1035 нм.

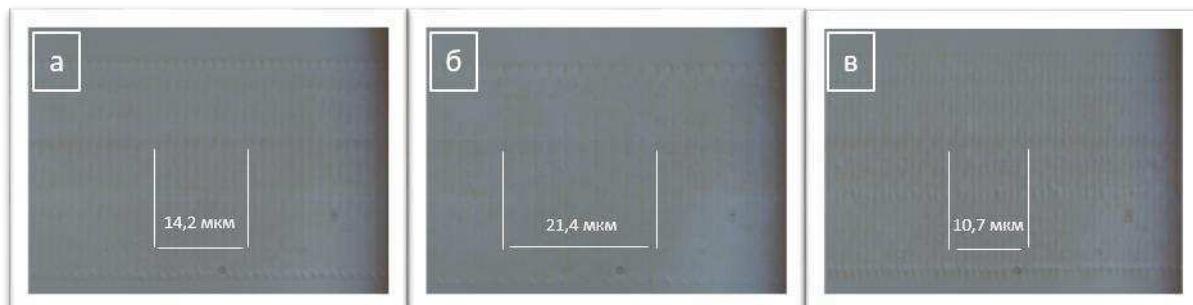


Рисунок 2 – Изображения записанных ВБР: а – $\Lambda = 1,42$ мкм, $m = 4$; б – $\Lambda = 2,14$ мкм, $m = 4$; в – $\Lambda = 1,07$ мкм, $m = 2$

За счет достаточно малого периода ВБР наблюдается заметное перекрытие отдельных штрихов, что в свою очередь негативным образом влияет на реакцию решетки, это можно видеть на рисунке 2 в, однако записанную периодическую структуру все же можно распознать, регистрируя при этом достаточно слабый отклик на резонансной длине волны. Следовательно, из-за линейных размеров получаемых штрихов, накладываются определенные ограничения при выборе характеристик записываемых решеток. При текущих условиях могут быть изготовлены решетки показателя преломления второго ($m = 2$), и более высоких дифракционных порядков ($m = 4$).

Важным этапом исследования является изучение спектрально-оптических характеристик записанных структур. Требуемая информация может быть получена в режиме пропускания или в режиме отражения входного сигнала. На рисунке 3 представлен характерный спектр пропускания ВБР.

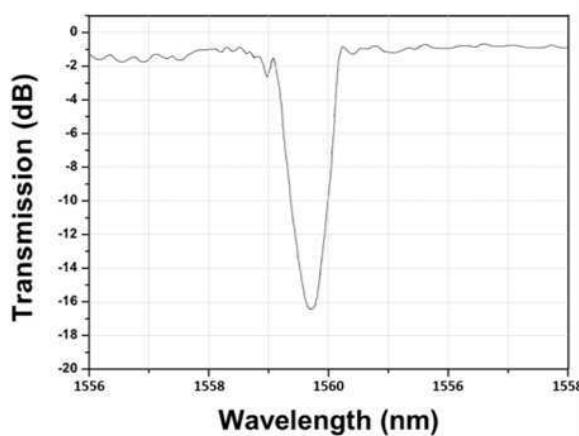


Рисунок 3 – Характерный спектр пропускания ВБР

Любые воздействия (механические или термические эффекты), которые вызывают изменения свойств оптического волокна с записанной ВБР, приводят к изменениям в периоде или в показателе преломления, что в свою очередь вызывает смещение резонансной длины волны. В связи с этим, измерение спектров пропускания

или отражения исходного входного сигнала позволяет определить величину сдвига $\Delta\lambda_B$, а, следовательно, и значения измеряемых параметров.

Резонансная длина волн является уникальным свойством таких датчиков. В свою очередь точечные волоконно-оптических датчики с различными значениями резонансной длины волн могут быть легко объединены в массивы (мультиплексирование) [4]. Таким образом, единовременно можно анализировать состояние большого количества датчиков. Благодаря ряду уникальных свойств, использование точечных волоконно-оптических датчиков на основе брэгговских решеток позволяет осуществлять комплексный мониторинг природно-технических систем в режиме реального времени, с большой точностью измерений и достоверностью.

Продемонстрирована запись ВБР в стандартном телекоммуникационном оптическом волокне фемтосекундным лазерным излучением через защитное акрилатное покрытие. Используемая схема позволяет осуществлять запись ВБР второго и более высоких дифракционных порядков ($m \geq 2$). В ходе проведенных экспериментов были подобраны оптимальные значение энергии лазерных импульсов (125 – 150 нДж), используемые при изготовлении ВБР, а также скорости перемещения образца в ходе записи (50 – 150 мкм/с). Применяемый подход может быть использован для изготовления ВБР, которые используются в качестве чувствительных элементов сенсорных устройств и ряде других устройств волоконной оптики.

Работа была выполнена в рамках государственного задания ВлГУ 3.5531.2017/8.9 ГБ-1106/17 и грантов РФФИ №№ 16-32-00760, 16-08-01226.

Библиографический список

1. Васильев, С.А., Волоконные решетки показателя преломления и их применение / С.А. Васильев, О.И. Медведков, И.Г. Королев, А.С. Божков, А.С. Курков, Е.М. Дианов // Квантовая электроника. – 2005. – Т.35. – № 12. – С. 1085–1103.
2. Morey W.W., Meltz G. and Glenn W.H., Bragg grating temperature and strain sensors // Optical Fiber Sensors, Sixth International Conference, Berlin. – 1989. – V.44. – P.526–531.
3. Черников А.С., Хорьков К.С., Коцуев Д.А., Чкалов Р.В., Модификация показателя преломления в нефоточувствительных волоконных световодах фемтосекундным лазерным излучением // Материалы Международной научно-технической конференции. - М.: Редакционно-издательский отдел МИРЭА, 2017. - С. 176-179.
4. Варжель С.В., Волоконные брэгговские решетки // СПб: Университет ИТМО. – 2015. – 65 с.

FIBER BRAGG GRATINGS FABRICATION BY FEMTOSECOND LASER RADIATION FOR SENSORS FOR MONITORING OF OBJECTS CONDITION AND ENVIRONMENT

Chernikov A.S., Kochuev D.A., Khorkov K.S., Prokoshev V.G., Chkalov R.V.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, an4ny.che@gmail.com

The article describes step-by-step femtosecond laser fabrication of fiber Bragg gratings written through the polymer coating in standard telecommunication fiber. As a result of experiments optimal values of translation speed and laser pulse energy for fiber Bragg gratings fabrication was selected. This method can be used for the production of fiber Bragg gratings, which are used as sensitive elements of sensor devices for real time monitoring of objects condition and environment



ВЫСОКОТОЧНЫЙ ДРАЙВЕР ДИОДОВ СРЕДНЕЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ НЕИНВАЗИВНЫХ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Чкалов Р.В., Герке М.Н., Коцуев Д.А., Хорьков К.С., Прокошев В.Г.

Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н. Г. Столетовых,
j.larenax@gmail.com

В настоящее время во всем мире прослеживается отчетливая тенденция становления и развития нового направления в медицинском приборостроении, связанного с использованием особенностей взаимодействия оптического излучения с биологическими объектами для целей бесконтактной диагностики [1]. Оптическая неинвазивная диагностика предполагает применение оптического (в том числе лазерного) излучения для прижизненного зондирования тканей и органов пациента с целью получения по отраженному свету диагностической информации о строении исследуемого участка тела. Оптическая когерентная томография, применяемая для выявления офтальмологических и раковых заболеваний, флуоресцентная спектроскопия, методы спектр-интерферометрии [2] (рис.1) – главным преимуществом всех этих видов исследований является их неинвазивность и полная безопасность для организма. Представленные методы используют такие уникальные свойства лазерного излучения как поляризованность и высокая когерентность, отличающие его от обычного, пусть даже монохроматического света.



Рисунок 1 – а) Комплекс оптической когерентной томографии; б) Система электрофизиологического анализа

Проведение первичных исследований в сфере неинвазивной диагностики выявило многократное возникновение нелинейного изменения интенсивности излучения лазерного диода (ЛД) в процессе работы, связанного с нагревом лазера и недостаточной стабильностью тока накачки [3]. Современные лазерные диоды, применяемые в высокотехнологичных медицинских системах и оборудовании, представляют собой сложные технические устройства, включающие в себя заключенные в единый корпус полупроводниковый излучающий кристалл, а также ряд сопутствующих оптических и электронных компонентов (рис.2). Для своей работы излучающие диоды требуют подключения к специализированному устройству – драйверу лазерных диодов, являющемуся одновременно источником тока и высокоточным термостабилизирующим контроллером.

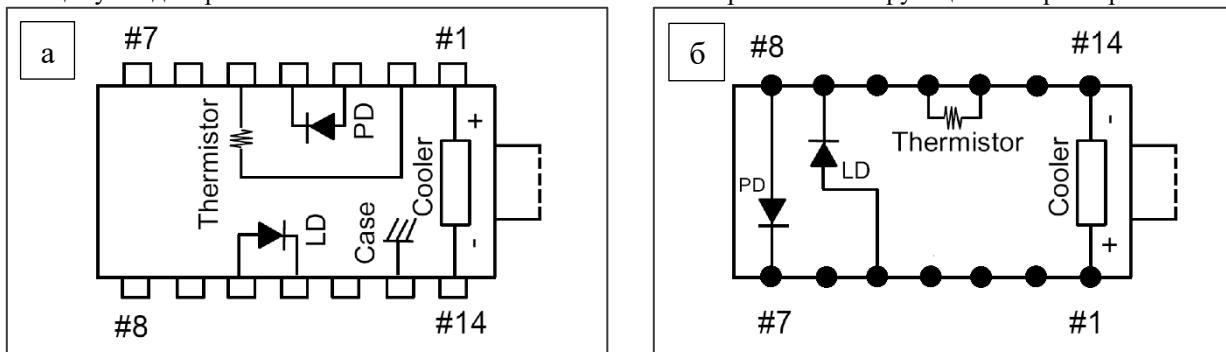


Рисунок 2 – Строение корпусов полупроводниковых лазерных диодов: а) butterfly; б) 14-pin DIL

Для достижения высокого разрешения и стабильности тока накачки диода, а также минимизации дрейфа температуры подложки полупроводникового кристалла вместо использования классических схем аналоговых драйверов была спроектирована цифровая электронная схема устройства, основанная на использовании микроконтроллера. Разработанный прибор представляет собой полноценный драйвер, включающий в себя контроллер температуры и тока накачки лазерного диода.

Драйвер поддерживает работу с волоконно-оптическими лазерами и суперлюминесцентными диодами, изготовленными как в 14-pin DIL, так и в butterfly корпусах. Устройство обеспечивает до 2 А максимального тока накачки с шагом в 1 мА, что делает его совместимым с широким спектром диодов, используемых для методов неинвазивного анализа. Для обеспечения наибольшей стабильности выходного излучения контроллер способен анализировать и корректировать величину выходного тока для улучшения качества регистрируемого приемником отраженного лазерного излучения (рис.3). Стабилизация в схемах на основе полупроводниковых лазеров крайне важна для поддержания постоянной мощности в приборах спектрофотометрии.

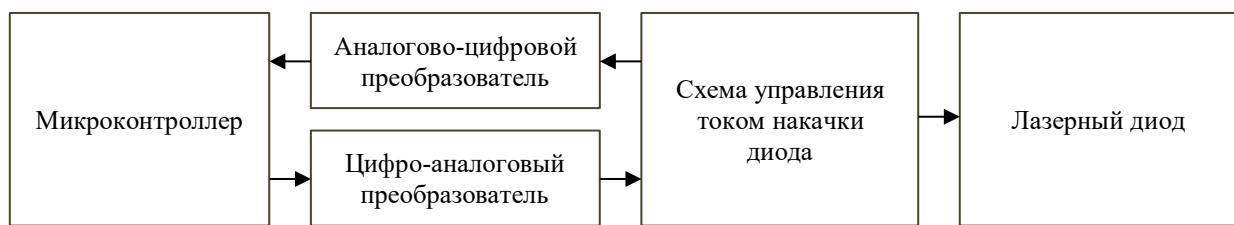


Рисунок 3 – Структурная схема механизма генерации тока накачки

Температура лазерного чипа контролируется алгоритмом, основанным на механизме ПИД-регулирования. Благодаря использованию микроконтроллера в сочетании со специализированным усилителем мощности, управляющим работой элемента Пельтье, разработанная система (рис.4) позволяет добиться

высокого уровня термостабилизации диода, тем самым на порядок снижая влияние температурного дрейфа на точность проводимых исследований.

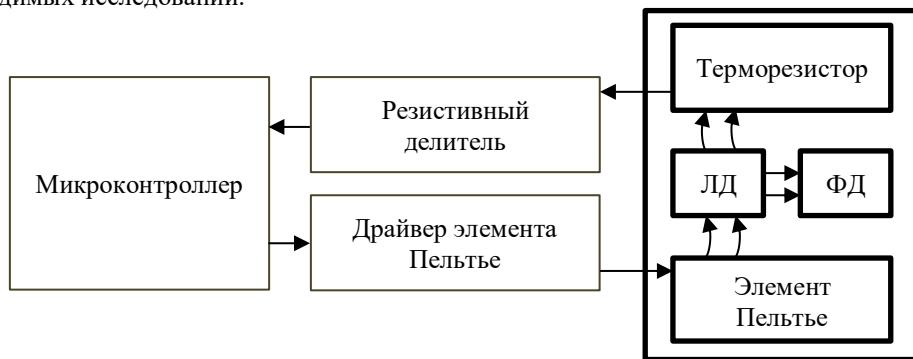


Рисунок 4 – Структурная схема механизма термостабилизации диода

Работа была выполнена в рамках государственного задания ВлГУ 3.5531.2017/8.9 ГБ-1106/17 и гранта РФФИ №16-08-01226.

Библиографический список

1. Серебряков В. А. Лазерные технологии в медицине //СПб.:СПбГУ ИТМО. – 2009.
2. Шебалин А. Лазерная медицинская диагностика состояния организма по биоспектрам кожи //Фотоника. – 2008. – №. 1. – С. 14-19.
3. Литинская Е. Л. Блок термостабилизации источника лазерного излучения для портативного оптического неинвазивного глюкометра / Е. Л. Литинская, Н. А. Базаев, К. В. Пожар // Международный научно-исследовательский журнал. — 2016. — № 7 (49) Часть 4. — С. 30—33.

HIGH-PRECISION MEDIUM POWER LASER DIODES DRIVER FOR NON-INVASIVE METHODS OF RESEARCH

R.V. Chkalov, M.N. Gerke, D.A. Kochuev, K.S. Khorkov, V.G. Prokoshev
Vladimir State University, j.larenax@gmail.com

The structure of laser diode packages and its application for non-invasive medical investigations are considered. Main principles, working parameters and operation features of the laser diode driver with a microprocessor-based control system are described.

КОРРЕЛЯЦИЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ УЗЛАХ БИОТЕХНИЧЕСКИХ И МЕДИЦИНСКИХ АППАРАТОВ

Шахнин В.А., Коробко С.Г., Елисеев А.А.

Владимирский государственный университет, Владимирская областная клиническая больница
vshakhnin@rambler.ru

Обеспечение достоверной диагностики высоковольтных узлов является актуальной задачей для широкого круга биотехнических и медицинских аппаратов, систем и комплексов. К их числу относятся магнитно-резонансные томографы (МРТ) со сверхпроводящими электромагнитами [1]. Большая мощность, потребляемая криогенными компонентами этих устройств, и требование высокой надёжности электротехнических компонент определяют целесообразность применения для питания МРТ малогабаритных регулируемых высоковольтных трансформаторов с газовой изоляцией. Для диагностического мониторинга состояния этой изоляции перспективны методы, в основе которых лежит анализ частичных разрядов (ЧР), т.е. микропробоев, перекрывающих лишь небольшую часть изоляции [2]. Эти методы позволяют оценивать состояние высоковольтных узлов под рабочим напряжением без вывoda МРТ из эксплуатации. Для локализации дефектов изоляции необходимо учитывать явление взаимной корреляции между ЧР, происходящими в разных областях одного высоковольтного узла, и между ЧР в узлах, изолирующие среды которых не сообщаются между собой. Исследования этих видов корреляции в течение длительного временного интервала (в нашем случае 28 суток) позволил провести комплекс аппаратуры, выполненной на базе системы HVPD Longshot компании «High Voltage Partial Discharge Ltd» (Великобритания). В качестве первичных преобразователей применялись индукционные (HFCT) датчики компаний «DIMRUS» (Россия) и «TECHIMP» (Италия). Для отстройки от влияния мешающих факторов корреляцию между ЧР в узлах, изолирующие среды которых не сообщаются между собой, целесообразно исследовать на однотипных узлах. В наших экспериментах использовались высоковольтные вводы трансформаторов МРТ с газовой изоляцией. Аппаратура для исследования ЧР подключалась к измерительным электродам высоковольтных вводов.

На выходе HFCT - датчика действует импульсный сигнал, вызванный ЧР в диагностируемом высоковольтном аппарате, который в общем случае можно представить формулой

$$u(t) = \sum_i U_{imax} F(t - \tau_i),$$

где F – детерминированная функция, описывающая форму одиночного импульса; U_{imax} и τ_i – амплитуда и момент возникновения i -го импульса, являющиеся случайными статистически независимыми друг от друга величинами.

Для количественной оценки взаимной корреляции ЧР в высоковольтных вводах применялся следующий подход. Обозначим сигналы HFCT - датчиков первого и второго высоковольтных вводов u_1 и u_2 . Отметим, что постоянные составляющие у этих сигналов отсутствуют, т.е. $\bar{u}_1 = \bar{u}_2 = 0$. Используя квадратичный детектор, можно измерить величины u_1^2 , u_2^2 и $(u_1 + u_2)^2$. Поскольку $(u_1 + u_2)^2 = u_1^2 + u_2^2 + 2u_1u_2$, легко получить значение коэффициента корреляции сигналов ЧР u_1 и u_2 [3]

$$k = \bar{u}_1 \bar{u}_2 / \sqrt{u_1^2 u_2^2}. \quad (1)$$

Измерения, проводившиеся непрерывно 28 суток, показали, что значения величины k существенно отличаются от нуля. Таким образом, статистически доказано наличие пространственной корреляции частичных разрядов. На рис. 1 представлены результаты измерений коэффициента корреляции для высоковольтных вводов томографов «Siemens MAGNETOM Avanto» и «Siemens MAGNETOM Espree», со сверхпроводящими магнитами, обеспечивающими индукцию магнитного поля 1,5Т. Для лучшего восприятия по вертикальной оси откладываются значения $(1-k)$ и $(-ln k)$. Применяя известные методы построения эмпирических формул [4], на основе анализа кривых можно заключить, что при достигнутой точности измерений эксперимент даёт для коэффициента корреляции выражение $k(u\%) = \exp(-u\% / b)$, где b – постоянная, зависящая от конструкции ввода.

Эксперимент по исследованию корреляции второго вида, т.е. между частичными разрядами, происходящими в разных локальных областях одного бака, проводился на высоковольтном вводе томографа «Siemens MAGNETOM Espree», оборудованном шестью измерительными электродами. Результаты эксперимента представлены на рис. 2. Измерялись амплитуда первой гармоники U_{11max} и действующее значение напряжения u_1^2 на выходе квадратичного детектора, подключенного через избирательный усилитель к измерительной цепи, состоящей из различного количества последовательно соединённых измерительных электродов. Как и следовало ожидать, амплитуда первой гармоники увеличивается практически пропорционально количеству последовательно включенных электродов. Небольшая нелинейность вызвана неполной идентичностью электродов. Неожиданной оказалась сильно выраженная нелинейность зависимости для интенсивности ЧР-шума. По-нашему мнению, это объясняется отрицательной корреляцией между частичными разрядами, происходящих в разных локальных областях высоковольтного ввода.

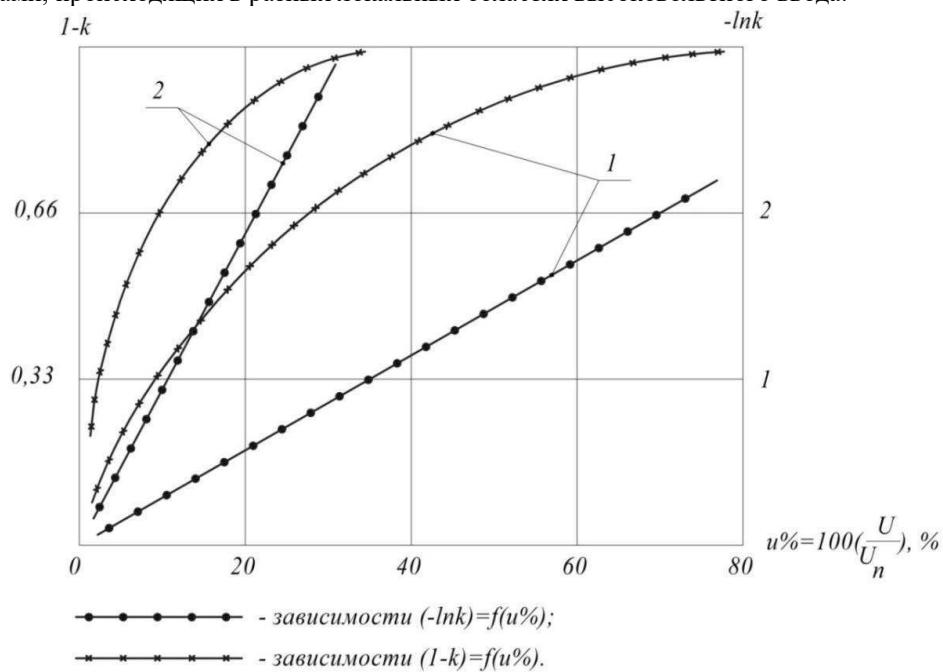


Рисунок 1 – Зависимости коэффициента продольной корреляции ЧР от действующего значения напряжения, выраженного в процентах от номинального значения для ввода данного типа: 1 – ввод MPT «Siemens MAGNETOM Avanto»; 2 – ввод MPT «Siemens MAGNETOM Espree»

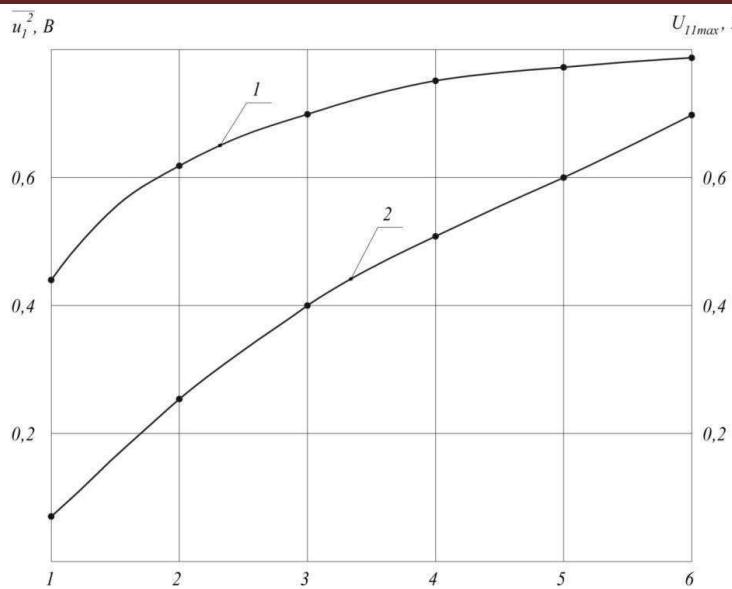


Рисунок 2 – Графики зависимостей действующего напряжения, пропорционального интенсивности ЧР-шума (1), и амплитуды первой гармоники (2) от количества электродов, включенных в измерительную цепь (1-6)

Аналогичные результаты были получены при исследовании частичных разрядов в различных слоях бумажно-масляной изоляции. Электроизоляционная бумага, основой которой является целлюлоза, – важный компонент электроизоляционных систем биотехнических и медицинских аппаратов. Она имеет более высокую электрическую прочность по сравнению с электроизоляционными маслами и газами. Объектами бомбардировки ионами и электронами ЧР являются химические связи гидроксильных групп углерода и водорода, имеющиеся в молекуле целлюлозы. К внешним факторам, активирующим частичные разряды в бумажно-масляной изоляции, относятся повышение температуры и влажности, электрические перенапряжения, окисление, изменение структуры изоляции под действием механических напряжений и вибрации, изменение диэлектрических свойств в результате «старения». Развитие ЧР в неоднородной изоляции, к которой относится и бумажно-масляная, сильно отличается от этого процесса в однородной изоляции, например, в элегазе. В наиболее применяемой в высоковольтных узлах МРТ слоевой изоляции из ленточной электроизоляционной бумаги преобладает тангенциальная составляющая напряжённости электрического поля. Эта составляющая вызывает поверхностные ЧР, имеющие на порядок более высокую энергию, чем частичные разряды, причиной которых является нормальная составляющая напряжённости. Поверхностные ЧР интенсивно разрушают верхние слои изоляции, приводя к образованию науглероженных локальных областей, способствующих распространению ЧР во внутренние слои [5]. В результате эксплуатационные характеристики резко деградируют. В слоевой изоляции с пропиткой маслом под действием электронов и ионов, вызванных ЧР, происходит распад молекул масла с интенсивным газо- и воскообразованием. Появление воска приводит к увеличению электрической проводимости, и как следствие, к локальному нагреву и дальнейшей деструкции изоляции. Важную роль в ухудшении изоляции играют химические процессы локальном объеме разрядного промежутка. Здесь происходят разрывы химических связей с образование микrorадикалов, которые затем вступают в реакцию с кислородом воздуха и разрушаются до низкомолекулярных продуктов. При разрядах в воздухе появляются озон и окислы азота, вызывающие разрушающее действие почти на все виды органической изоляции.

Экспериментально были исследованы спектральные распределения электрических шумов, вызванных ЧР, в трех образцах многослойной бумажно-масляной изоляции одинаковых по геометрическим размерам, но с разной толщиной бумаги. Образец 1 имел толщину бумаги 30 мкм; образец 2 – 70; образец 3 – 100 мкм. В качестве датчика применялся индуктивный первичный преобразователь. Результаты эксперимента представлены на рис. 3 в виде графиков частотных зависимостей спектральной плотности $g=F(f)$. Для спектральной плотности приняты следующая единица измерения: $B^2 / \text{Гц} \cdot (\text{вит})^2$, где «вит» означает «отнесённое к одному витку обмотки индуктивного первичного преобразователя».

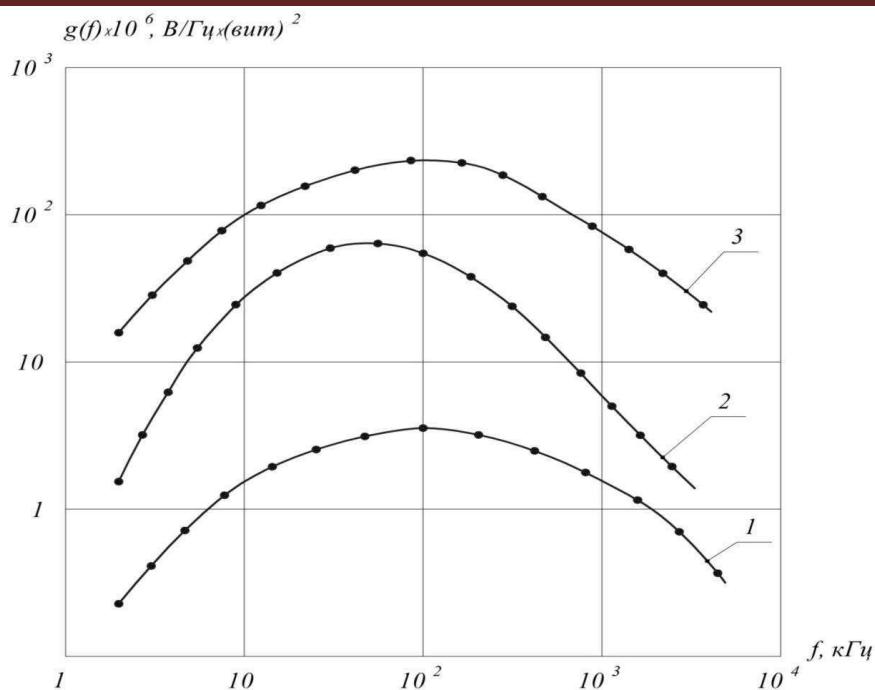


Рисунок 3 – Спектральное распределение электрических шумов, вызванных ЧР, в трех образцах многослойной бумажно-масляной изоляции с разной толщиной бумаги:
1 – 30 мкм; 2 – 70 мкм; 3 – 100 мкм

Эксперимент показал, что несмотря на одинаковые геометрические размеры образцов, интенсивность ЧР-шумов снижается с уменьшением толщины бумаги, что, по-нашему мнению, объясняется усилением антакорреляции ЧР.

Эффект пространственной корреляции ЧР, наличие которого подтверждается приведёнными выше результатами экспериментальных исследований, необходимо учитывать при разработке методик локации разрядных явлений, а также при диагностике изоляции высоковольтных узлов и кабелей биотехнических и медицинских аппаратов, систем и комплексов методом ЧР. Для оценки влияния пространственной корреляции ЧР на достоверность многопараметрового электрошумового мониторинга концентрации растворённых газов в бумажно-масляной изоляции высоковольтных МРТ нами был применён метод корректировки коэффициента множественной корреляции [2]. При использовании статистических моделей диагностики этот параметр характеризует тесноту группирования экспериментальных данных вокруг функциональной зависимости, связывающей измеряемые (параметры частичных разрядов) и контролируемые (концентрации растворённых газов) величины. Вместе с тем, коэффициент множественной корреляции R определяет приведенную погрешность восстановления исходных данных γ . Указанные величины связаны между собой приближенным соотношением $\gamma \approx 0,5\sqrt{1 - R^2} \cdot 100\%$, свидетельствующим о влиянии корректировки значений коэффициента множественной корреляции на погрешность используемой диагностической модели.

Экспериментальные исследования, выполненные с использованием этого подхода на высоковольтных вводах МРТ, позволили сделать следующие выводы:

- учёт пространственной корреляции ЧР снижает погрешности определения концентраций метана, этана, этилена и водорода, являющихся ключевыми либо характерными газами для большинства развивающихся дефектов изоляции электрического и термического характера [6], в среднем на 12% ;

- учёт пространственной корреляции ЧР снижает погрешность определения концентраций оксида и диоксида углерода, являющихся ключевыми газами для развивающихся дефектов твёрдых компонентов изоляции [5], в среднем на 18%.

Библиографический список

- ГОСТ Р 56310-2014. Изделия медицинские электрические. Томографы магнитно-резонансные со сверхпроводящими магнитами.
- Вдовико В.П. Частичные разряды в диагностике высоковольтного оборудования. Новосибирск: Наука, 2007. 155 с.
- Кремер Н.Ш. Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник. 2-ое изд. М.: ЮНИТИ-ДАНА. 2007. 551 с.

4. Львовский Е.Н. Статистические методы построения эмпирических формул. М.: Высшая школа, 1998. 239 с.
5. Александров Г.Н. Теория электрических аппаратов. М.: Высшая школа, 2005. 312 с.
6. РД 153-34.0-46.302-00. Методические указания по диагностике развивающихся дефектов трансформаторного оборудования. М.: Департамент научно-технической политики и развития РАО «ЕЭС России», АО ВНИИЭ. 1995 . 26 с.

CORRELATION OF PARTIAL DISCHARGES IN HIGH VOLTAGE UNITS OF BIOTECH AND MEDICAL DEVICES

Shakhnin V.A., Korobko S. G., Eliseev A.A.

Vladimir state University, Vladimir regional clinical hospital

vshakhnin@rambler.ru

The paper presents the results of experiments, which allows to increase the reliability diagnosis of high voltage units for a wide range of biotechnical and medical devices, systems and complexes, for example, magnetic resonance tomographs (MRT) with superconducting electromagnets. The method is based on the account of the phenomenon of correlation between partial discharges (PD). The analysis of two types of correlation between PD is presented. Namely: the correlation between the PD in the nodes, isolating environments of which are not communicated with each other, and the correlation between the PD occurring in different local regions of a single tank or in multiple layers of paper-oil insulation. The results of correlation coefficient measurements for high-voltage inputs of two widely used tomographs «Siemens MAGNETOM Avanto» and «Siemens MAGNETOM Espree» with magnetic field induction of 1.5 T are presented. The mathematical models of the dependence of correlation coefficients of partial discharges from effective voltage value are proposed. The influence of correlation between PD on the spectral distribution of the electrical noise caused by partial discharges in the samples of multilayer paper-oil insulation is investigated.

КАРДИОРОБОТ

Шевченко Г.В.¹, Газизова Д.Ш.², Леонов Б.И.³, Лищук В.А.⁴

¹Проблемная комиссия «Медицинская и биологическая информатика и кибернетика»; ²ФГБУ «НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева» Минздрава РФ, ^{3,4}Медико-техническая академия, Москва;

greg@ot.ru

Устройство «КАРДИОРОБОТ», определяющее вид и тяжесть сердечной недостаточности, а также тактику лечения, имеющее в составе аппаратную часть, математические модели и программное обеспечение.

Цель работы.

Как сказано в Рекомендациях Российского кардиологического общества по лечению сердечной недостаточности от 2016-17гг: «Принципиальные изменения по сравнению с Рекомендациями от 2012 г. следующие: «новый термин для пациентов с сердечной недостаточностью (СН) и фракцией выброса (ФВ) левого желудочка, составляющей 40-49% — «СН с диапазоном средних ФВ (СН-срФВ)»; мы считаем, что определение СН-срФВ, как отдельного показателя, будет стимулировать исследования, касающиеся характеристики, патофизиологии и лечения этой группы населения». [1, 5]

В этой связи, целью данной работы является создание, клинические испытания и вывод на рынок устройства, имеющего в своем составе аппаратную часть, математические модели и программное обеспечение для определения вида, тяжести сердечной недостаточности, а также тактику лечения (далее – «КАРДИОРОБОТ»). Тем самым, будет решена задача определения вида, тяжести СН и лечебной тактики при СН-срФИ и СН-срФИ, поставленная в «Рекомендациях ESC...» в разделе 2 [5].

Описание задачи.

В настоящее время нет признанного определения тяжести и вида СН у больных с неизмененной и со средней по величине ФВ. Эти больные дают значительное число смертей, госпитализаций, выхода на инвалидность. Количество таких больных составляет около 50% от всех больных с сердечной недостаточностью. Именно эти больные составляют целевую группу населения, на которую ориентирован КАРДИОРОБОТ.

По данным Росстата РФ, в 2016 г. в России насчитывалось около 4 тыс. лечебно-профилактических учреждений и около 12 тыс. поликлиник. Все они, в соответствии с приказом Минздрава РФ №283 от 30.11.93, оснащены кабинетами функциональной диагностики, а часть из них имеет отделения кардиологии, блоки интенсивной терапии (БИТ), операционные, в которых проводятся исследования сердца. С учетом еще порядка 5 тыс. ведомственных и частных ЛПУ и поликлиник общее количество отделений кардиологии, БИТ, операционных и кабинетов функциональной диагностики в России ориентировочно оценивается в 20 тыс., а количество аппаратов УЗИ, используемых для исследований сердца и сосудов, и кардиомониторов в них составляет около 35 тыс.

Потребность в КАРДИОРОБОТе, определяется как 10 тыс., и в ближайшие годы ожидаемо возрастет до 100 тыс. устройств.

Сегодня для исследования СН у больных в клиниках широко используются, аппаратура ЭхоКГ, ЭКГ, РПГ, тонометры и другие медицинские приборы, определенные Минздравом РФ для исследования сердца. В современных рекомендациях по лечению СН оценка фракции выброса (ФВ) получила статус основного показателя состояния сердца, вида и тяжести СН. [1, 5]

Вместе с тем, не смотря на то, что в настоящее время широким фронтом проводятся многоаспектные исследования и разработки по совершенствованию измерения размеров и структур сердца и сосудов (например, в динамике), в клинических рекомендациях по лечению СН [1, 5] и научных статьях традиционным основным оценкам функции сердца, таким как сердечный индекс (СИ), частота сердечных сокращений (ЧСС), насосная способность желудочков сердца, артериальное давление (АД), центральное венозное давление (ЦВД) и др. не уделяется должного внимания, в то время как неуклонный рост количества неинфекционных заболеваний сердца и сосудов продолжается.

На этом фоне, ФВ характеризует СН тогда, когда этот параметр не меняется при нарастании тяжести и изменении вида СН. Появились результаты авторитетных исследований [2, 3, 4, 8], подтверждающие, что ФВ не специфична и не чувствительна к тяжести многих видов СН (например, СН при ДКМП, СН при ишемии миокарда).

Широкое внедрение в клиническую практику технологий и аппаратуры визуализации клинических исследований сердца и сосудов (например, ЭхоКГ) затормозило процессы внедрения других комплексных технологий, в том числе, объединение исследований морфологических изменений и функциональной диагностики на основе современной вычислительной техники, интеллектуальных методов и математических моделей.

Однако сейчас переход, как обосновано выше, к интегрированному контролю и лечению назрел, востребован, и даст несомненные эффекты: как клинический (улучшит качество диагностики и терапии и снизит уровень заболеваемости сердца и сосудов), так и экономический (приведёт к модернизации тысяч аппаратов ЭхоКГ, внедрению КАРДИОРОБОТа и, за счет более точной диагностики СН на первичном этапе, снизит количество обращений пациентов, стоимость лечения и увеличит оборот койко-мест).

В то же время, поскольку, в настоящее время, РКО (также как и кардиологические ассоциации Европы) поставили задачу исследования определения вида, тяжести СН и лечебной тактики, применение КАРДИОРОБОТа для этих целей является актуальным и перспективным для резкого сокращения смертности от СН и выведение на международный рынок эффективной клинической аппаратуры.

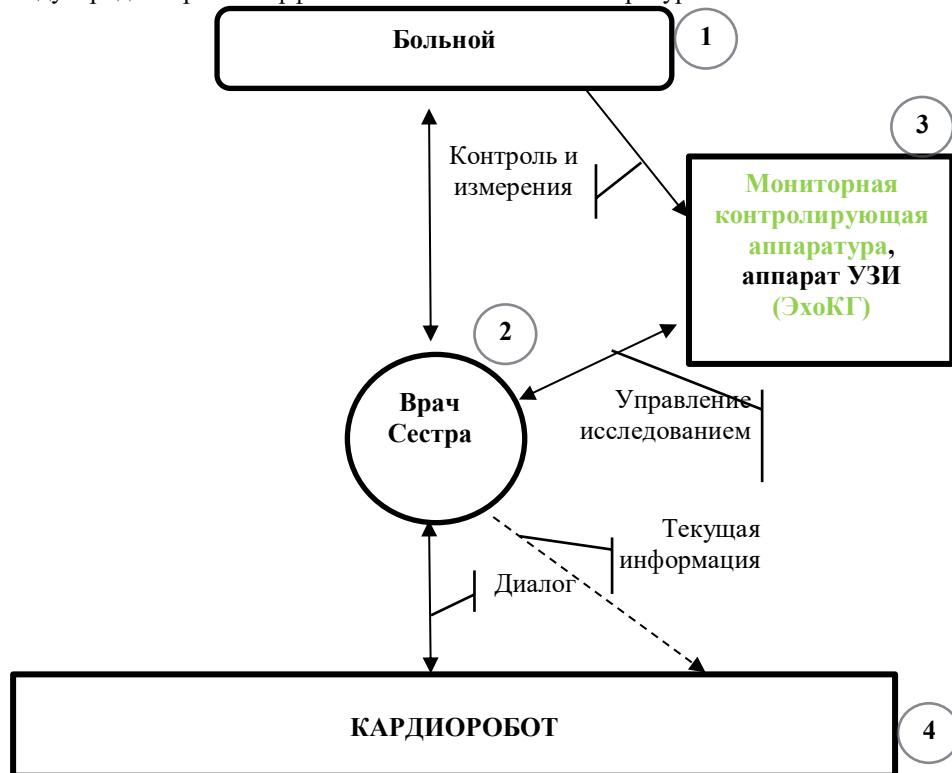


Рисунок 1 – Диалог «врач-КАРДИОРОБОТ»

Пример диалога «врач-КАРДИОРОБОТ» в клинике проиллюстрирован на рисунке 1.

Врач (2) проводит подготовительные мероприятия к исследованию больного (1), подключая и настраивая стандартную аппаратуру мониторного контроля и УЗИ, врач (2) включает КАРДИОРОБОТ (4) и вводит в диалог индивидуальные данные больного (1) и анамнеза, после этого врач (2) осуществляет мониторный контроль (3) и УЗИ (3) больного (1). В соответствии с инструкцией пользования КАРДИОРОБОТом, (4) врач (2) вводит требуемые данные и параметры, полученные им в ходе мониторного контроля и УЗИ, в диалоге с

КАРДИОРОБОТом (4). КАРДИОРОБОТ (4) производит обработку введенных врачом (2) данных и сообщает врачу (2) сведения о виде и тяжести СН, а также о тактике лечения. При необходимости, врач (2) повторяет исследования.

Ожидаемые результаты.

Разработка и внедрение в клиническую практику КАРДИОРОБОТА, позволит достичь следующих результатов:

1. Повысить качество лечения СН, путем объединения визуализации морфологических структур и контроля функциональной диагностики на основе современной вычислительной техники, интеллектуальных методов и математических моделей для определения вида, тяжести СН и лечебной тактики [8].
2. Определить, опираясь на разделение СН-иФВ, СН-срФВ, СН-сФВ и оценки вида и тяжести СН, причины неинфекционной пандемии сердечно-сосудистых заболеваний [6, 10].
3. Объединить статистическое направление оценки и выбора лекарств, биомедицинского направления (математические модели на основе биологических знаний) и направление персонального индивидуального лечения, используя идентификацию и др. интеллектуальные технологии [9].
4. Перейти в кардиологии к интеллектуальным средствам и методам [11, 12].
5. Создать электронную (облачную) кардиологическую базу данных и знаний исследований, диагнозов и выбранных тактик и результатов лечения СН, предназначенную для формирования нормативов, определения рисков, поиска и последующего анализа возможных клинических зависимостей и статистических закономерностей, основанную на технологии больших данных, и включающую в себя:
 - а) данные анамнеза и мониторного (инструментального) контроля во время лечения, индивидуальные доперсонализированные данные пациента;
 - б) данные функционального, морфологического и лабораторного контроля;
 - в) синтезируемые устройством КАРДИОРОБОТ под контролем врача оценки вида, тяжести СН и лечебной тактики.
6. Снизить количество врачебных ошибок, допускаемых при определении вида, тяжести СН и лечебной тактики [11].

Библиографический список

1. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC). Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. European Heart Journal. 2016; 37 (27): 2129–2200.
2. Andronic A.A., Mihaila S., Cintea M. Heart Failure with Mid-Range Ejection Fraction – a New Category of Heart Failure or Still a Gray Zone. Maedica (Buchar). 2016; 11(4): 320–324.
3. Gori M., Iacovoni A., Senni M. Haemodynamics of Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Clinical Perspective. Card Fail Rev. 2016; 2(2): 102–105. doi:10.15420/cfr.2016:17:2.
4. Shillcutt S.K., Chacon M.M., Brakke T.R., Roberts E.K., Schulte T.E., Markin N. Heart Failure With Preserved Ejection Fraction: A Perioperative Review. J Cardiothorac Vasc Anesth. 2017; 31(5):1820-1830. doi: 10.1053/j.jvca.2017.06.009.
5. Рекомендации ESC по диагностике и лечению острой и хронической сердечной недостаточности 2016. Российский кардиологический журнал. 2017; 141 (1): 7-81.
6. Бокерия Л.А. и др., Статьи, 2008-2013
7. Газизова Д.Ш., Лищук В.А., Сазыкина Л.В., Шевченко Г.В. Значимость фракции выброса в оценке ОСН // Бюллетень НЦССХ им. А.Н. Бакулева. Сердечно-сосудистые заболевания. 2017. №6.
8. Газизова Д.Ш. Обоснование клинически эффективного показателя тяжести сердечной недостаточности – сравнение чувствительности фракций выброса и индексов конечных объемов. Статья. В печати.
9. Лищук В.А. и др., Математическая кардиология, Москва 2015
10. Лищук В.А. и др., Стратегия информатизации медицины, Москва 2014
11. Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Шевченко Г.В. Многолетние ошибки лечения критической сердечной недостаточности и актуальные меры по их предупреждению. Москва. 2017
12. Технология индивидуальной терапии. Под ред. Лищука В.А., Газизовой Д.Ш. Москва. 2016

THE CARDIOROBOT

Shevchenko G.V.¹, Gazizova D.Sh.², Leonov B.I.³, Lischouk V.A.⁴

The Problem commission “Medical and biological informatics and cybernetics”, Moscow; ²Bakulev National medical research center for cardio-vascular surgery of the Russian Ministry of health, Moscow; ^{3,4}Medikal-technical academy, Moscow.

greg@ot.ru

The CARDIOROBOT is the device, which defines a type, a severity of the disease and a tactic of the treatment of acute and chronic heart failure. The CARDIOROBOT contains a hardware, a software and a math model. As said in

the Guidelines [1] “a new term for patients with HF and a left ventricular ejection fraction (LVEF) that ranges from 40 to 49% — ‘HF with mid-range EF (HFmrEF)’; we believe that identifying HFmrEF as a separate group will stimulate research into the underlying characteristics, pathophysiology and treatment of this population;”. In that case, the aim of this work is a development, clinical tests and an output to the medical market a device, which defines a type, a severity of the disease and a tactic of the treatment of acute and chronic heart failure. This is the solution of the task, which the Guidelines of ESC has assigned.

ПРИБОР ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КЛЕТОК С МОДИФИЦИРОВАННЫМ ГЕНОМОМ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОПОРАЦИИ

Шугайло В.В., Костенко С.А., Пермяков С.Е., Думская Н.С.

Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН (ИБП РАН), nat407@yandex.ru

Работы по модификации генома клеток нарастают лавинообразно, так как модифицированные клетки широко используются в биологии, медицине и клеточной инженерии для создания трансгенных организмов, а так же эмбриональных стволовых клеток с требуемым геномом, необходимым для заместительной клеточной терапии.

Применение заместительной клеточной терапии в медицине основано на успехах терапевтического клонирования, суть которого состоит в том, что в начале из зрелых ооцитов удаляют собственный генетический материал и вводят ядра соматических клеток пациента. Полученные зародыши культивируют до стадии бластоциты, затем из них извлекают внутреннюю клеточную массу и культивируют её для получения плюропотентных эмбриональных стволовых клеток (ЭСК). Затем из исходных ЭСК получают детерминированные клетки, предшественники какого-либо типа тканей: нейробласти, миобласти, кардиомиоциты, гепатоциты и т.п. Полученные модифицированные клетки содержат геном, идентичный геному пациента и могут быть использованы для лечения без нежелательных иммунных реакций [1,2,3].

Для получения клеток с модифицированным геном разработан ряд методов и приборов для их применения: механический, химический и электрический [4].

В нашем институте разработан и изготовлен прибор для электрической модификации генома клетки методом электропорации. Суть метода в том, что в камеру с электродами помещают раствор, содержащий модифицированные клетки и вводимые в них макромолекулы – ДНК, белки, антитела, красители. На электроды камеры подают импульсы высокого напряжения, под действием которых в модифицируемой клетке открываются поры в мембране и остаются открытыми после окончания импульса в течение нескольких миллисекунд. В эти поры проникают сливаемые макромолекулы и поры закрываются без разрыва мембранны, то есть при этом способе слияния травма клеток минимальная.

Разработанный прибор для электропорации ПЭП-2012 является генератором серии импульсов, подаваемой на электроды камеры с биологическим материалом. Напряжение порации, число импульсов в серии, их длительность и скважность устанавливаются оператором. Прибор имеет два выхода – низковольтный и высоковольтный. На первом выходе амплитуда импульсов может устанавливаться от 10В до 500В, при длительности от 300 мкс до 99 мс; на втором выходе амплитуда импульсов от 500В до 2500В при длительности от 5 до 99 мкс. Число импульсов в серии по каждому выходу – от 1 до 1000 при скважности от 2 до 10000 (скважность – отношение периода следования импульсов к их длительности). Все параметры импульсов, установленные оператором, отображаются на жидкокристаллическом индикаторе. Окончание серии импульсов сопровождается звуковым сигналом и сообщением на индикаторе. Индикатор выполнен в виде двухстрочной ЖКИ панели. Все органы управления и индикации расположены на передней панели пластмассового корпуса прибора. Питание прибора производится от сети переменного тока 220В, потребляемая мощность не более 50ВА.

В состав прибора входит держатель камеры для электропорации и кабель для её соединения с прибором. В качестве камеры применяется кювета типа VWR фирмы North American VWR cat #89047-206.

Структурная схема электропоратора приведена на рисунке 1.

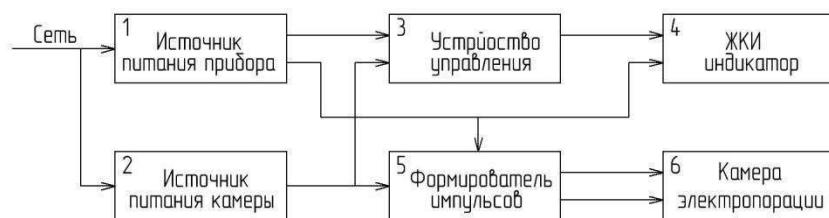


Рисунок 1 – Структурная схема прибора

Источник питания прибора (1) – конвертор, преобразующий напряжение сети в постоянное напряжение питания электронных плат прибора. Источник питания камеры (2) – регулируемый AC-DC конвертер,

обеспечивающий получение напряжение электропорации от 10В до 2500В. Устройство управления (3) – микропроцессорный модуль, задающий и измеряющий все параметры прибора и обеспечивающий отображение результатов установки и измерения на ЖКИ индикаторе (4). Формирователь импульсов (5) представляет собой ключи на высоковольтных транзисторах типа MOSFET. Полученные импульсы поступают на камеру для электропорации (6).

Внешний вид прибора показан на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид прибора

Испытание прибора проводилось в лаборатории новых методов в биологии ИБП РАН путем сравнения результатов работы прибора ПЭП-2012 и Gene Pulser Xcell фирмы Bio-Rad Laboratories, Inc., работа по протоколу Bacterial 1. Режим работы: напряжение 1800В, длительность импульсов 99 мкс, скважность 2. Число импульсов в пачке варьировалось от 200 до 400. Кроме сравнения работоспособности двух приборов, ставилась задача подбора оптимального числа импульсов в пачке N при неизменных остальных параметрах.

Проводилась трансформация электрокомпетентных клеток штаммов *E. Coli*, BL21-Gold (DE3) и *E. coli* плазмидами pLL4 и pET22b. Для трансформации 30 мкл аликовты клеток использовали 30 нг плазмиды. Электропорацию производили в стерильной кювете Eurogentec CE-0001 с зазором между электродами 1 мм. Клетки выращивали в 300 мкл питательной среды SOC в течении 1 часа при 37°C. Далее 1/10 объема высевали на чашки Петри со средой 2YT, содержащей соответствующие селективные антибиотики (100 мкг/мл ампилиллина для PET-22b и 100 мкг/мл ампилиллина и 25 мкг/мл канамицина для pLL4) и 2% глюкозу. Клетки выращивали в течение ночи при 37°C.

Результаты электропорации для разных N на рисунке 3.

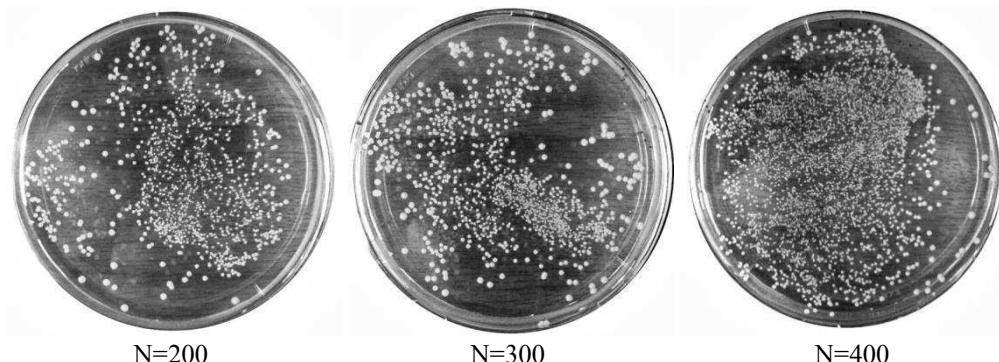


Рисунок 3 – Результаты электропорации

Выводы: По качеству полученного материала прибор ПЭП-2012 не уступает эталонному прибору Gene Pulser Xcell. Для клеток, указанных выше штаммов, оптимальное число импульсов в пачке N составляет 300-400.

Библиографический список

1. Hofmann G.H., Evans G.A. Genetic-Physical and Biological Aspects of Cellular Electromanipulation. // IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine. December 1986.
2. Electroporation and Electrofusion Instruments and Accessories // Проспект фирмы RTX США.
3. Кириенко К.В., Логинов А.Г., Рябых В.П. Получение клонированных эмбрионов крупного рогатого скота при использовании в качестве цитопластов ооцитов, дозревавших *in vitro*. Материалы 4 Международной конференции «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». Боровск 2006.

4.Хохлов А.М., Шугайло В.В., Кононенко В.В., Костенко С.А. Устройство для электропорации клеток. Научное приборостроение. 2007г. том 17 №4.

A DEVICE FOR RECEIVING CELLS WITH MODIFIED GENOME BY THE METHOD OF ELECTROPORATION

Shugailo V.V, Kostenko S.A., Permyakov S.E, Dumskaya N.S

Institute of biological engineering with pilot production Russian Academy of Sciences (RAS UPS), nat407@yandex.ru

Designed and manufactured a device for electrical modifications of the cell genome by the method of electroporation, which is not inferior to the standard device Gene Pulser Xcell.



УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ СИСТЕМА ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ТКАНЕЙ

Разницына И. А.^{1,2}, Тарасов А. П.¹, Рогаткин Д. А.^{1,3}

¹Московский Областной Научно-Исследовательский Клинический Институт (МОНИКИ), info@medphislabs.com

²Национальный исследовательский Ядерный Университет «МИФИ»

³Центр исследований и разработок «ЭОС-Медика»

Спектр диагностических возможностей *in vivo* современных оптических систем достаточно широк. В данной работе рассмотрены особенности конструкции и работы устройства, которое позволяет одновременно проводить лазерную флюоресцентную спектроскопию и спектроскопию диффузного отражения, тем самым предоставляя комплексную информацию об исследуемом объекте. Предложен способ согласования диагностических объёмов для двух методов путём равномерного радиального расположения осветительных волокон, а также конструкция, позволяющая регулировать передаточную функцию прибора с целью его калибровки. Это позволяет, помимо информации, которую может предоставить каждый метод отдельно, использовать результаты спектроскопии диффузного отражения для коррекции спектров флюоресценции.

Введение.

Методы диагностики, основанные на взаимодействии маломощного оптического излучения с биологической средой, лучшим образом подходят для исследований *in vivo*, для которых крайне важным является получение количественной информации в режиме реального времени при неинвазивности диагностических процедур [1]. Одним из таких методов является лазерная флюоресцентная спектроскопия (ЛФС). На сегодняшний день известно множество областей для её применения в медицине, например, в качестве метода навигации в хирургии злокачественных новообразований [2]. Данный метод основан на регистрации вторичного спектра с поверхности биологической ткани после воздействия на неё маломощным (до 10 мВт) лазерным излучением с определенной длиной волны возбуждения флюоресценции (λ_e). В биоткани данное излучение поглощается природными (эндогенными) или введенными в организм (экзогенными) флюорофорами, после чего происходит испускание фотонов на длинах волн флюоресценции (λ_f). Зарегистрированные спектры отражают либо флюоресценцию таких природных флюорофоров, как коллаген, кератин, эластин, порфирины, и т.д., либо показывают, насколько активно биоткань локально накапливает введенный фотосенсибилизатор [3].

Принципы работы диагностической аппаратуры для ЛФС разных производителей примерно одинаковы. По осветительному волокну (волокнам) оптоволоконного зонда, дистальная часть которого контактирует с биотканью, излучение от блока лазеров доставляется к поверхности исследуемой области. В медицинских приложениях, как правило, используются несколько длин волн для возбуждения флюоресценции из разных частей видимого диапазона. Например, в комплексе ЛАКК-М (ЛАЗМА, РФ) $\lambda_e=365\text{nm}$, 532nm и 635nm [4]. Вторичное излучение флюоресценции по приёмному волокну попадает в блок регистрации, проходит фильтр, который уменьшает интенсивность обратно рассеянного излучения (I_{bs}) в β раз (приборный коэффициент), после чего регистрируется спектрометром. В результате на экране ПК пользователь наблюдает спектр, который сам по себе обладает не очень большой диагностической значимостью, т.к. не обработан [3].

Переход к значимым числовым диагностическим критериям может осуществляться разными способами, самый простой из которых – нормировка спектра на величину пика обратного рассеяния. Разработанные на сегодняшний день такие простейшие критерии основываются на разных допущениях, в данном случае, например, на равенстве оптических свойств тканей на длинах волн λ_e и λ_f , потому не являются общепринятыми. Различия в степени пигментации кожи, кровенаполнении тканей, в типах тканей вносят свой вклад в результатирующий спектр флюоресценции и затрудняют интерпретацию результатов. Потому среди зарубежных систем известны приборы, которые дополнительно используют источник белого света для получения спектра диффузного отражения с целью последующей коррекции спектра флюоресценции [5]. Недостатком таких систем является несоответствие диагностических объёмов для двух исследований ввиду того, что волокна для лазерного и широкополосного источника белого света освещают различные объемы объекта.

В лаборатории медико-физических исследований МОНИКИ была проведена работа по оценке источников погрешностей в неинвазивной медицинской спектрофотометрии [6], в которой было выявлено, что результаты, полученные на разных приборах разных производителей, сильно отличаются друг от друга. Низкая

воспроизводимость измерений отчасти связана с различиями в β для используемых фильтров, что подчеркивает необходимость в калибровке передаточной функции прибора. Потому целью работы стала разработка нового прибора для ЛФС *in vivo*, исключающего перечисленные недостатки.

Материалы и методы

Руководствуясь основными принципами конструирования приборов для спектрофотометрического анализа, был разработан макет нового устройства «Мультиком». Устройство содержит оптический зонд, дистальный конец которого контактирует непосредственно с поверхностью биоткани, а проксимальный конец после разветвления соединяется с системой контроля (Рис.1). Зонд состоит из группы оптических волокон, доставляющих излучение от лазерных источников и источника белого света к объекту, и приёмного волокна, доставляющего вторичное излучение от объекта в блок фильтров. В макете представленного устройства используется 4 узкополосных источника излучения на длинах волн 365 нм, 405 нм, 515 нм и 635 нм. В качестве источника белого света используется ксеноновая лампа-вспышка. Отфильтрованный сигнал детектируется спектрометром, после чего все измеренные спектры передаются в систему управления и обработки, подключающейся к стандартному персональному компьютеру с необходимым программным обеспечением.

Система управления и входных данных формирует, принимает и обрабатывает две основных управляющих команды: «наблюдение» и «измерение». По команде «наблюдение» включается выбранный лазерный источник в непрерывном режиме, при этом также в непрерывном режиме спектрометр регистрирует вторичный спектр. После команды пользователя «измерение» в памяти устройства выполняется сохранение последнего измеренного спектра флюоресценции, выключается лазер, на короткое время включается источник белого света и регистрируется спектр диффузного отражения в белом свете. Далее все измеренные спектры передаются в систему управления обработки для последующего анализа. При этом число вспышек в ксеноновой лампе устанавливается пользователем и может варьироваться в зависимости от поглощающих свойств объекта.

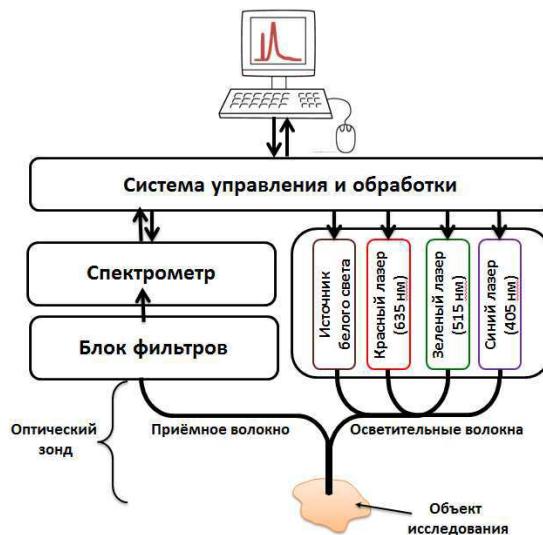


Рисунок 1 – Принципиальная схема прибора. Пояснения в тексте

Ниже описаны отличительные особенности данного устройства, которые позволяют исключить ошибки, связанные с неравномерностью освещения и проводить калибровку передаточной функции прибора.

- Система доставки излучения выполнена в виде стандартного оптоволоконного жгута с разветвленной приборной и единой рабочей частью. В центре жгута, обращенной к биологической ткани, располагается приемное оптическое волокно с диаметром $d=400$ мкм, соединяющееся с блоком фильтров на противоположном конце. На расстоянии $r=0,5-2$ мм от приёмного волокна равномерно по радиусу располагаются не менее 7 осветительных волокон с диаметром $d=100$ мкм для каждого лазерного и широкополосного источника (Рис. 2).

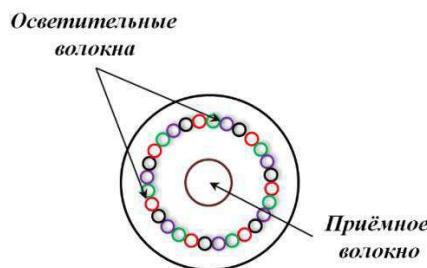


Рисунок 2 – Схема расположения осветительных и приёмного волокон

Такое количество волокон позволяет расположить их равномерно по окружности, формируя единый диагностический объем для всех длин волн, а поворот дистального конца оптоволокна вокруг своей оси не влияет на расположение диагностического объема, и, как следствие, на результаты измерений. На приборном конце основного жгута каждая группа осветительных волокон собрана в отдельный жгут и подключена к своему источнику. В зависимости от конкретных медицинских задач, диаметр дистальной части волокна может меняться за счет варьирования числа осветительных волокон, а также за счет изменения максимально возможного числа одновременно подключенных источников. Например, для ряда эндоскопических исследований диаметр дистального конца зонда может быть не более 3 мм, однако использование всех возможных лазерных источников для одного исследования будет ограничено.

- Блок фильтров устройства представляет собой коллимирующую систему из рассеивающей и собирающей линз, формирующих между собой пучок большого диаметра (примерно 1-2 см) (Рис.3). В широкий пучок между линзами помещен оптический фильтр, ослабляющий зондирующее излучение в β раз. Настройка передаточной функции прибора осуществляется благодаря наличию конструкции, регулирующей положение фильтра относительно пучка и, соответственно, площадь их взаимного перекрытия. Изменение площади перекрытия фильтром пучка позволяет регулировать соотношение пиков обратного рассеяния и флюоресценции и настраивать все приборы одинаковым образом для идентичности результатов.

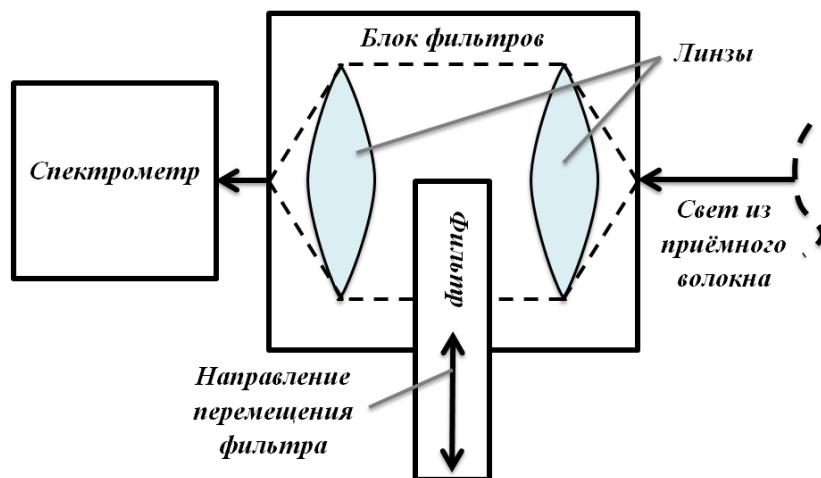


Рисунок 3 – Схема блока фильтра

Результаты и обсуждение

Фотография изготовленного прототипа нового диагностического прибора «Мультиком» для медицинской оптической спектроскопии *in vivo* представлена на рисунке 4. Для сборки устройства использовались стандартные оптические компоненты для лабораторной спектроскопии, включая импульсный источник белого света, фирмы *Avantes*.

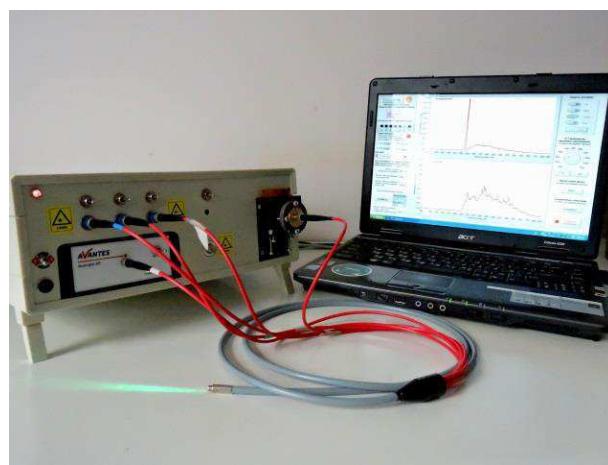


Рисунок 4 – Прототип нового диагностического прибора «Мультиком»

Данный прототип прошёл первичные доклинические испытания и настроечные работы. В настоящее время используется в эксперименте в МОНИКИ. Его выходными данными являются спектры флюоресценции и диффузного отражения. Пример зарегистрированных прибором спектров с биоткани показан на рисунке 5.



Рисунок 5 – Примеры зарегистрированных вторичных спектров жировой ткани, полученные после воздействия на нее лазерным источником (левая ось) и источником белого света (правая ось)

Необходимо отметить, что исходные спектры обратно рассеянного излучения источника белого света, зарегистрированные прибором в большой степени, помимо оптических характеристик биоткани, зависят от спектральных характеристик самого источника излучения (ксеноновой лампы). На графике (Рис.5) чётко различимы пики, характерные для нее. Поэтому крайне важным является вопрос нормировки спектров на некий опорный спектр. Для нормировки могут быть использованы спектры материалов с известными коэффициентами диффузного отражения. Соответственно, метрологическое обеспечение измерений на приборе «Мультиком» для спектрального анализа биотканей является дополнительной задачей для дальнейших метрологических исследований.

Заключение

В работе представлены особенности устройства и работы нового комплекса для оптической медицинской спектроскопии *in vivo*. Предложена особая конструкция отдельных представленных элементов устройства, устраняющая недостатки приборов-аналогов, связанные с невозможностью настройки передаточной функции прибора и неравномерностью освещения объекта для различных режимов исследований и источников излучения. Предложенные технические решения повысят точность лазерной флюоресцентной спектроскопии и, возможно, расширят её диагностические возможности.

Библиографический список

- 1 Тучин В. В. Оптическая биомедицинская диагностика //Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Физика, 2005. Т. 5. №. 1.
- 2 Потапов А. А., Гаврилов А. Г., Горяйнов С. А., Гольбин Д. А., Зеленков П. В. и др. Интраоперационная флюоресцентная диагностика и лазерная спектроскопия в хирургии глиальных опухолей головного мозга //Журнал «Вопросы нейрохирургии» имени НН Бурденко. – 2012. – Т. 76. – №. 5. – С. 3-12.
- 3 Рогаткин Д. А. Физические основы лазерной клинической флюоресцентной спектроскопии *in vivo*. Лекция // Медицинская физика, 2014. №4. С.78-96.
- 4 Rogatkin D., Shumskiy V., Tereshenko S., Polyakov P. Laser-based non-invasive spectrophotometry – an overview of possible medical application // Photonics & Laser in Medicine, Vol. 2, No. 3, 2013. - p. 225-240.
- 5 Kim A. T. Quantitative and depth-resolved fluorescence guidance for the resection of glioma: Doctoral theses. Doctor of Philosophy. Toronto, 2010.
- 6 Рогаткин Д.А., Лапаева Л.Г., Быченков О.А., Терещенко С.Г., Шумский В.И. Основные источники погрешностей в неинвазивной медицинской спектрофотометрии. Ч. 1. Физико-технические факторы погрешностей // Измерительная техника, 2013. №2. С.61-67.

IMPROVED SYSTEM FOR TISSUE OPTICAL SPECTROSCOPY

Raznitsyna I. A.^{1,2}, Tarasov A.P.¹, Rogatkin D.A.^{1,3}

¹Moscow Regional Research & Clinical Institute "MONIKI", info@medphisl.com

²National Nuclear Research University "MEPhI"

³R&D Center EOS-Medica

Diagnostic capabilities *in vivo* of modern optical systems are wide. In this paper, several features of the design and operation of the system, which allows to simultaneously conduct the laser fluorescence and diffuse reflection spectroscopies, thus providing complex information about the object under investigation, are considered. A way for equalizing diagnostic volumes for these two operational modes with the use of a radial location of lighting fibers is

proposed, as well as a solution which allows to adjust the device transfer function for the purpose of calibration is demonstrated. As a result, the output of the diffuse reflection spectroscopy can be used to correct the fluorescence spectra.

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ: МЕТОДЫ ПОИСКОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Ботуз С. П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»,
bsp_serg@mail.ru

Введение и постановка задачи. Современные человеко-машинные (эргатические) робототехнические системы управления (ЭСУ) оснащаются интеллектуальными системами технического зрения (ИСТЗ) [1 – 7]. При этом «подсказки» должны быть ограниченной сложности [8 – 13], т.е. подсказки ИСТЗ должны формировать такие рекомендации, которые были бы адаптированы не только на состояние сенсорных систем лиц принимающих решения (ЛПР) – ЭСУ, но и, в идеале, на – когнитивные способности и физические возможности конкретного ЛПР, т.е. подсказки должны быть адаптированы на адекватное их восприятие конкретным исполнителем ЭСУ в данный момент времени.

Современные ИСТЗ ЭСУ должны выполнять функции систем интеллектуального ситуационного управления для предотвращения (упреждения и т.п.) критических режимов функционирования ЭСУ, не только в реальном времени, но и в виртуальном (ускоренном – упреждающем) пространстве, адаптированном на конкретное состояние подсистемы ЛПР-САУ, конкретной ЭСУ. В дополнение – одно из требований рыночной экономики: современные изделия должны обладать «патентной чистотой», т.е. разработчик современных ИСТЗ должен обеспечить не только их патентоспособность, но и патентную защиту соответствующих объектов промышленной собственности (ОПС) и выполнять сопровождение (правовую защиту и т.п.) соответствующих объектов и субъектов интеллектуальной собственности на всем их жизненном цикле.

Методы решения. Для решения вышеперечисленных задач, связанных с поисковым проектированием ИСТЗ ограниченной сложности для СЭУ, осуществлена систематизация и расширение известных классификаций способов просмотра полей оптических излучений различной физической природы: процесс позиционирования оптических объектов (элементов – ОЭ) отождествлен с основными операциями позиционирования внимания оператора (эксперта или ЛПР) в процессе его взаимодействия с ЦВМ в ограниченном информационном (признаковом, содержательном, когнитивном и т.п.) поле (ИП) или пространстве состояния диалоговых меню ЭСУ. При этом показано, что основная особенность автоматизации мониторинга ИСТЗ ЭСУ состоит в том, что процедуры анализа данного класса систем программного управления во многом схожи с процессами исследования тех физико-технологических процессов (ФТП), для автоматизации которых они собственно и предназначены. Согласно [14] функциональная классификация большинства способов позиционирования оптических элементов в ИП различной физической природы может быть представлена следующим упорядоченным множеством

$$OE = \{OE^S, OE^P, OE^M\}, \quad (1)$$

где OE^S , OE^P и OE^M – способы последовательного, параллельного и комбинированного (последовательно-параллельного) позиционирования оптических излучений. Каждое из данных множеств есть

$$OE^{(i)} = \{OE_V^{(i)}, OE_C^{(i)}, OE_O^{(i)}, OE_r^{(i)}\}, \quad (2)$$

где $OE_V^{(i)}$ – способы изменения свойств ИП, $OE_C^{(i)}$ – способы стабилизации информационных свойств ИП, $OE_O^{(i)}$ – способы оптимизации просмотра ИП, $OE_r^{(i)}$ – способы регулярного (например, равномерного) просмотра ИП.

В свою очередь

$$OE_{(i)}^{(i)} = \{OE_{(i)D}^{(i)}, OE_{(i)C}^{(i)}, OE_{(i)R}^{(i)}\}, \quad i \in \{V, C, O, R\}, \quad (3)$$

где $OE_{(i)D}^{(i)}$, $\forall i \in \{V, C\}$ – способы изменения свойств и содержания ИП в процессе работы на основе анализа результатов диалога; $OE_{(i)C}^{(i)}$, $\forall i \in \{V, C\}$ – свойства и содержание ИП определены заранее исходя из априорной информации о действиях пользователя (ЛПР и др.); $OE_{(i)R}^{(i)}$, $\forall i \in \{V, C\}$ – свойства и содержание ИП в процессе работы адаптируются (корректируются) на основе поступающей и измеряемой информации (например, независимо от заранее заданного сценария или желания ЛПР); $OE_{(i)D}^{(i)}$, $\forall i = \{O, R\}$ – способы просмотра ИП на основе использования промежуточных результатов; $OE_{(i)C}^{(i)}$, $\forall i = \{O, R\}$ – способы просмотра ИП на основе заранее заданной программы или результатов диалога; $OE_{(i)R}^{(i)}$, $\forall i = \{O, R\}$ – способы просмотра ИП на основе априорной и текущей информации в автономном или автоматическом режимах. В каждом из данных множеств

$$OE_{(i.,)}^{(.)} = \{OE_{(i.,k}^{(.)} \ k = 1,2, \dots, n\}, \quad (4)$$

где $OE_{(i.,1}^{(.)}$ – способы изменения позиционируемого элемента ИП (оптического элемента, указателя курсора на экране монитора и т.п.) по форме и размерам, $OE_{(i.,2}^{(.)}$ – способы равномерного сканирования ИП (области поиска) с последующим сужением области поиска, $OE_{(i.,3}^{(.)}$ – способы возвратно-поступательного поиска и др. Следуя принятому функциональному обобщению способов позиционирования ОЭ в ИП осуществлена классификация основных технических средств и технологических процессов, имитацию функционирования которых необходимо осуществлять в процессе поискового проектирования ИТЗ ЭСУ. Данная классификация представлена в виде взаимосвязанного объединения следующего кортежа

$$M = \langle Q, P, W, Z \rangle, \quad (5)$$

где $Q = \{Q_i, i=1,2, \dots\}$ – объекты наблюдения: Q_1 – ИСТЗ ФТП зондирования поверхности ИП, Q_2 – ИСТЗ для метеорологического наблюдения и др.; $P = \{P_i, i=1,2, \dots\}$ – объекты позиционирования или позиционируемая аппаратура: P_1 – локационная, P_2 – телевизионная, P_3 – телескопическая и т.п.; $W = \{W_i, i=1,2, \dots\}$ – средства обзора и поиска: W_1 – лазерная, W_2 – фототелевизионная и т.п.; $Z = \{Z_i, i=1,2, \dots\}$ – объекты или имитационные модели отображения: Z_1 – чернобельные, Z_2 – цветные, Z_3 – многоспектральные и др. [15 – 20]. На основе проведенного анализа синтезированы обобщенные структуры моделирования и идентификации основных динамических и информационных процессов мониторинга ИСТЗ ЭСУ. Предлагаемые модели позволяют осуществлять мониторинг состояния ИСТЗ на базе синтеза проблемно-ориентированных систем комплексной экспертизы состояния заданного класса ОПС (СКЭ ОПС), конструктивно применяя основные положения системного и синергетического подходов, а именно, принцип физичности (ПФ), – моделируемости (ПМ) и – целостности (ПЦ).

В свою очередь ПФ предполагает, что СКЭ ОПС позволяет осуществлять генерацию персонифицированного функционального пространства (ПФП), т.е. такого пространства у которого число контролируемых (измеряемых, наблюдаемых, управляемых и т.п.) параметров (переменных) индивидуально не только с точки зрения их количества (числа) и размерности, но ПФП обладает свойством автономной функциональности (АФ) – используется персонифицированная метрика (или набор шкал для заданной ИСТЗ ФТП), которая позволяет получить описание системы ограниченной (минимальной) сложности. При этом оценка или их ранжирование по сложности носит персонифицированный характер.

В результате справедливы следующие утверждения.

Утверждение 1. Для реализации принципа физичности в СКЭ ОПС необходимо обеспечить выполнение следующего общесистемного свойства:

$$\{\forall k, S(Q \cup P)\}[\ \exists! J^q(S) \notin J_k^q, \ \forall q \in Q], \quad (6)$$

где k – метод (или способ) агрегирования или декомпозиции (классификации, квантификации и т.п.) характеристик ИСТЗ – (Q , в общем случае, ОПС) или их разработчиков – (P , в общем случае, работодателей или правопреемников) в рассматриваемой системе $\{S(.)\}$;

$J^q(S)$ – общесистемное свойство q -го ОПС в $\{S(.)\}$;

J_k^q – персонифицированное множество свойств для q -го ОПС в результате использования k -го метода экспертизы ОПС.

Утверждение 2. Согласно принципу моделируемости основные этапы и ситуации мониторинга ОПС можно описать и контролировать на основе конечного множества моделей ограниченной сложности:

$$\{\forall S(Q \cup P)\}[\ \exists F_q : J^q(S) \rightarrow M^q(S)], \quad (7)$$

где $J^q(S)$ и $M^q(S)$ – множество свойств и моделей экспертизы состояния системы $S(.)$ q -го ОПС.

Каждое из данных множеств отображает (или моделирует) персонифицированную среду существования q -го ОПС на всем его жизненном цикле. Таким образом, ПМ позволяет при генерации описаний СКЭ ОПС применять композиции моделей ограниченной сложности, взаимодействия которых позволяют исследовать $S(Q \cup P)$ в целом не прибегая к необходимости строить обобщенные модели исследуемых ФТП.

Утверждение 3. Применение принципа целостности позволяет синтезировать отображение пространства состояний СКЭ ОПС согласно заданному множеству функционалов или бинарных шкал предпочтений (в общем случае динамических предпочтений) следующего вида:

$$\{\forall S(Q \cup P)\}[\ \exists \mu_j(k), (k_i \succ_j k_i), k_i \in K, j_i \in P, i = 1,2,\dots, \quad (8)$$

где $\mu_j(k)$ – множество правил (стратегий) упорядочения состояний $S(.)$ для каждого $j_i \in P$; K – множество состояний $S(Q \cup P)$.

Следствие 1. Применение вышеперечисленных принципов позволяет осуществлять экспертизу состояния сложных ЭСУ на основе анализа взаимодействия простых моделей.

Предлагаемая функциональная классификация способов позиционирования оптических элементов легко распространяется на энерго-информационные поля или пространства состояния ИСТЗ различными распределенными ЭСУ.

Отличительные признаки, характеризующие особенность функционирования рассматриваемого класса ИСТЗ ФТП, состоят в том, что ОЭ имеют сигнальную и фоновую (паразитную) составляющие, которые изменяются в пространстве и во времени. Это обстоятельство нарушает однозначность преобразования ОЭ в эквивалентный электрический сигнал, то есть обратная связь по физико-технологическим параметрам имеет неоднозначную нелинейную зависимость. Кроме этого, процесс обработки сигналов (сообщений) в подобных системах сопровождается дискретизацией изображения по каждой координате.

При этом объект контроля находится в поле “зрения” непродолжительное время, а это существенно повышает требования к каждой подсистеме ИСТЗ ЭСУ, так как повторно скорректировать результаты наблюдений и измерений с помощью известных адаптивных принципов построения САУ не представляется возможным. Процессы измерения, регистрации и обработки ОЭ распределены во времени и в пространстве. Соответствующие локальные вычислительные сети (ЛВС) ЭСУ развивались и развиваются в основном эволюционно. В структурах ЛВС ЭСУ, наряду с известными топологиями вычислительных сетей кольцо, звезда и шина, на практике применяют комбинированные – древовидные структуры. Эти структуры эволюционируют на основе комбинаций известных топологий ЛВС. Приведены основные характеристики ЛВС, которые поясняют с одной стороны причины сложившихся топологий ЛВС ЭСУ, а с другой – являются начальными условиями для постановки и решения задач, связанных с оптимизацией ВС на базе уже существующего компьютерного парка и программного комплекса, отвечающего специализированным требованиям обработки и представления данных в реальном масштабе времени, с учетом возрастающих потребностей и возможности развития ВС в связи с появлением новых технических и программных продуктов.

В результате анализа систем регулирования состояния ИП ЭСУ справедлива

Теорема 1. Длительность каждого из периодов регулирования ИП можно определить из следующей формулы:

$$T_i = \sum_{j=1}^{\ell_i} \left[\Delta t_{ij}^{(1)} + \max(\Delta t_{ij}^{(2)}, \Delta t_{ij}^{(3)}) \right], \quad i = \overline{1, n}, \quad (9)$$

где ℓ_i – число строк на каждом i -ом периоде, $\ell_i = \text{int}(a/d_{ij}^{(b)})$; $\Delta t_{ij}^{(1)}$, $\Delta t_{ij}^{(2)}$ и $\Delta t_{ij}^{(3)}$ – интервалы времени, на которых ПСПУ осуществляет сканирование ОЭ по ИП, соответственно, вдоль оси Ox_2 в прямом и обратном направлениях со скоростью $V_{ij}^{(1)}$ и $V_{ij}^{(2)}$, и вдоль Ox_1 в прямом – $V_{ij}^{(3)}$, $\forall j \in [1, \ell_i - 1]$ и в обратном – $V_{i\ell_i}^{(3)}$.

В результате справедливо

Следствие 2. Весь участок ИП сканируется за время T_i последовательностью дискретно перемещаемых ℓ_i строк, сопровождаемых $\forall t \in [t_{ij-1}, t_{ij} - \max(\Delta t_{ij}^{(2)}, \Delta t_{ij}^{(3)})]$, $j = \overline{1, \ell_i}$ энергетическим воздействием на объект и запоминанием в памяти ЦВМ информации о состоянии ИП, а $\forall t \in [t_{ij-1} + \Delta t_{ij}^{(1)}, t_{ij}]$, $j = \overline{1, \ell_i}$ обработкой на ЦВМ полученной информации с последующим формированием параметров воздействия:

$$F^*(x_1^{(b)}, x_2^{(b)}, t^{(b)}), \quad V_{ck}(t^{(b)}) = \left\{ V_{ij}^{(v)}; \quad i = \overline{1, n}, \quad j = \overline{1, \ell_i}, \quad v = \overline{1, 3} \right\} \quad (10)$$

$$\text{и } D(t^{(b)}) = \left\{ d_{ij}^{(\alpha_1)}; \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, \ell_i}; \quad \alpha_1 = \overline{1, \beta_{ij}} \right\}, \quad (11)$$

где β_{ij} – число площадок воздействия на i -м периоде в j -й строке регулируемого ИП.

Таким образом, показано, что подобные системы можно рассматривать как импульсные САУ, у которых объект (или каждая из элементарных площадок ИП $S_{ij}^{(\alpha_1)} = d_{ij}^{(\alpha_1)} \times d_{ij}^{(\alpha_1)}$ с координатами центра $(x_1^{(\alpha_1)}, x_2^{(\alpha_1)}) \in X$, $\alpha_1 = \overline{1, \beta_{ij}}$) подвергается импульсному воздействию с амплитудой $F^*(x_1^{(\alpha_1)}, x_2^{(\alpha_1)}, t^{(U)})$ в течение

$$\tau_{ij}^{(\alpha_1)} = \min \left\{ \tau : \tau > 0; \left| \int_{\eta}^{\eta+\tau} V_{ij}^{(1)}(t) dt \right| = d_{ij}^{(\alpha_1)}; \eta = t_{ij-1} + \sum_{\sigma=1}^{\alpha_1-1} \tau_{ij}^{(\sigma)} \right\}, \quad (12)$$

с периодом повторения T_i .

Тогда, справедливо следующее

Утверждение 4. Согласно классификации импульсных САУ, $\forall i \in [1, n]$ при $V_{ck}(t) = const$, $D(t) = const$ и $F^*(x_1, x_2, t) = var$ имеет место амплитудно-импульсная модуляция (АИМ), при $V_{ck}(t) = const$, $D(t) = var$ и $F^*(x_1, x_2, t) = const$ – широтно-импульсная модуляция (ШИМ), а при $V_{ck}(t) = var$, $D(t) = const$ и $F^*(x_1, x_2, t) = const$ – комбинированная частотно-импульсная модуляция (Ч-ШИМ).

При этом справедливо

Следствие 3. Если формирование параметров импульсного воздействия осуществляется в соответствии с мгновенными значениями моделирующей функции, т.е. для $t \equiv \{t_1, t_2, \dots, t_k, \dots\}$, то осуществляется модуляция 1-го рода, соответственно, АИМ-І, ШИМ-І, Ч-ШИМ-І, а для случая $t \in (t_{ij}, t_{ij} + \Delta t_{ij}^{(1)})$ – 2-го рода: АИМ-ІІ, ШИМ-ІІ, Ч-ШИМ-ІІ.

Известные методики мониторинга подобного класса ИСТЗ СЭУ основаны на проведении большого объема расчетов на ЦВМ, с соответствующим представлением результатов в виде числовых таблиц, графиков и т.п., которые позволяют получить только первые приближения оценок параметров системы регулирования. Поэтому при исследовании ИСТЗ ЭСУ используется расширенное компьютеризированное моделирование и экспериментальные (или полунатурные) установки. В процессе мониторинга ИСТЗ ЭСУ генерируются терабайтевые БД/БЗ. Подобные модели приводят к заполнению суперкомпьютерных дисков и остановке вычислений до передачи файлов в центральную ЦВМ (сервер ЛВС). Аналогичные задержки создаются при движении данных на рабочие станции для постпроцессорного анализа [21 – 24]. Частое требование поиска данных, ограниченные возможности ИСТЗ ЭСУ и низкие скорости передачи данных существующих каналов связи и систем памяти усугубляют эту задачу. Результатом является значительное уменьшение общей производительности ВС. Кроме того, экспертам ИСТЗ ЭСУ необходимо иметь доступ к одним и тем же данным с рабочих станций и серверов и выполнять исследования по научной визуализации, требующие высокоскоростного доступа к памяти. Это можно объяснить тем обстоятельством, что очень сложно при мониторинге состояния ИСТЗ учесть все тонкости ФТП и ИП, возникающие в каждом конкретном случае экспертизы состояния ОПС в условиях неопределенности состояния и поведения объекта регулирования, системы управления и окружающей среды. В этой связи ЛПР выполняет сложно формализуемые поисковые операции [6, 7, 14].

При этом особенность автоматизации мониторинга ИСТЗ ЭСУ состоит в том, что основные процедуры анализа данного класса систем управления во многом схожи с процессами исследования тех ФТП, автоматизацию которых они осуществляют.

Заключение. В результате предлагаемого отождествления процессов позиционирования оптических излучений различной физической природы с элементарными операциями, выполняемых ЛПР в процессе взаимодействия с ЦВМ в ограниченном информационном поле состояния диалоговых меню мониторинга основных процессов поискового проектирования ИСТЗ ЭСУ, предоставляется возможность:

– распространить синтезированные обобщенные модели и классификацию процессов позиционирования оптических излучений на энерго-информационные поля или пространства состояния интеллектуальных систем экспертизы состояния сложных нелинейных ИСТЗ ЭСУ различными ФТП;

– наиболее полно учитывать не только специфику функционирования заданной ИСТЗ ЭСУ и ее подсистем, но и состояние ее конкретных пользователей или ЛПР;

– поддерживать настройку на субъективные предпочтения конкретного пользователя локальной вычислительной среды ИСТЗ ЭСУ.

Библиографический список

1. Программа научно-практической конференции «Космонавтика XXI века» / 28 – 30 ноября 2016, ФГУП ЦНИИМАШ, г. Королёв. Моск.обл.
2. Федосов Е.А., Чуянов Г.А., Косьянчук В.В., Селвесюк Н.И. Перспективный облик и технология разработки комплекса бортового оборудования воздушных судов. // Общероссийский научно-технический журнал «Полет», 2013, №8, с.41 – 52.
3. Петрин К.В., Теряев Е.Д., Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Мультиагентные технологии в эргатических системах управления \Известия Южного федерального университета. Технические науки, № 3(104), 2010, с. 7 – 13.
4. Ким Н.В., Крылов И.Г. Организация поиска наземных мобильных объектов с помощью автономной группы БЛА. Техническое зрение, вып.2, 2013, с.36-41.

5. Ботуз С.П. Методы поискового проектирования интеллектуальных систем технического зрения эргатических систем управления/ Научно-техн. конф. «Техническое зрение в системах управления – 2017», сб.тез. докл. ИКИ РАН, ИПМ РАН, ГосНИИАС. М.16 – 17 марта, 2017, с. 7 – 9.
6. Ботуз С.П. Интеллектуальные интерактивные системы и технологии управления удаленным доступом. – М.: СОЛООН-Пресс, 2014. – 340с.
7. Сыров А.С., Попов Б.Н., Ботуз С.П. Методы и модели распределенного управления основными процессами проектирования многопроцессорных систем космических аппаратов/ Сб. трудов всероссийской суперкомпьютерной конференции "Научный сервис в сети Интернет: масштабируемость, параллельность, эффективность". – М.: НИВЦ МГУ, 2009, с. 130 – 133.
8. Соловьев В.В., Бирюков В.Ф., Тумаркин В.И. Принцип сложности в теории управления (о проектировании технически оптимальных систем и проблеме корректности). – М.: Наука, 1977. – 377 с.
9. Соловьев В.В., Тумаркин В.И. Теория сложности и проектирование систем управления (Теория и методы системного анализа). – М.: Наука. Гл. ред. физ. - мат. лит., 1990. – 168 с.
10. Ботуз С.П. Обработка многомерной числовой информации при исследовании и разработке бортовых САУ. – В кн.: Конструирование и технология изготовления космических приборов. – М.: ИКИ АН СССР, Наука, 1983. с. 115 – 123.
11. Шаршеналиев Ж.Ш., Ботуз С.П. Об одном подходе к разработке САПР технически оптимальных позиционных систем программного управления. – В кн.: Конструирование и технология изготовления космических приборов. – М.: Наука, 1983, с. 124 – 131.
12. Ботуз С.П. Автоматизация исследования позиционных систем программного управления сканирующими устройствами. – В кн.: Конструирование приборов для изучения космоса. – М.: ИКИ АН СССР, Наука, 1985. с.101 – 117.
13. Ботуз С.П. Методы и модели распределённых технологий сопровождения систем автоматического зондирования поверхности океана. – IX Международная научно-техническая конференция. "Современные методы и средства океанологических исследований". Материалы конференции. – М.: Изд-во РАН Института Океанологии. Часть 1, 2005, 146 с.
14. Ботуз С.П. Автоматизация исследования, разработки и патентования позиционных систем программного управления. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 316с.
15. Ботуз С.П., Новиков Д.А. Идентификация объектов и субъектов интеллектуальной собственности в сети Internet/ Труды II междунар. научн. конф. "Идентификация систем и задачи управления" (SICPRO '03) 28–31 января 2003г. – М.: ИПУ РАН, 2003, с.2033 – 2041.
16. Ботуз С.П. Проблемно-адаптивный подход к автоматизации основных процессов экспертизы позиционных систем программного управления. – М.: Информатика – машиностроение, 1998, № 4(22), с.28 – 33.
17. Ботуз С.П. Оптимизация диалоговых процедур СУБД "Эксперт ОИС". – В кн.: Искусственный интеллект в технических системах. Вып. № 19. – М.: Гос.ИФТП РАН. 1998, с.145 – 153.
18. Ботуз С.П. Автоматизация исследования позиционных систем программного управления сканирующими устройствами. – В кн.: Конструирование приборов для изучения космоса. – М.: ИКИ АН СССР, Наука, 1985. с.101–117.
19. Ботуз С.П. Оптимизация режимов распознавания тоновых изображений. – В кн.: Тепловидение.Под общей ред. проф. Н.Д.Куртева. – М.: МИРЭА,1990, с.137 – 142.
20. Ботуз С.П. Методы и средства отображения многомерных параметрических зависимостей. – В кн.: Информационные технологии искусственного интеллекта. Под ред. акад. Л.Н.Лупичёва. – М.: ГосИФТП РАН 1994, с.127 – 130.
21. Ботуз С.П. Программный комплекс интерактивного синтеза систем генерации персонифицированного графо-аналитического кода (метрики, шифра, шрифта и т.п.) ограниченной сложности/ РОСПАТЕНТ. Свидетельство гос. рег. № 2013618531 от 11.09.2013.
22. Интеллектуальная интегрированная база данных программного комплекса поискового проектирования и экспертизы технически оптимальных позиционных систем программного управления и регулирования / Ботуз С.П., Глазунов А.А., Догадкин А.В. и др. / РОСПАТЕНТ. Свидетельство гос. рег. № 2014620651 от 06.05.2014.
23. Ботуз С.П. Программный комплекс интеллектуальной системы интерактивного синтеза алгоритмов (методик, стратегий и т.п.) обучения / РОСПАТЕНТ. Свидетельство гос. рег. № 2013619421 от 04.10.2013.
24. Программный комплекс интеллектуальной системы интерактивного синтеза семантических моделей поискового проектирования и экспертизы радиационно-стойких электронных средств беспилотных космических аппаратов / Ботуз С.П., Крылов В.П., Пронин Т.Ю. и др. / РОСПАТЕНТ. Свидетельство гос. рег. № 2015617142 от 01.07.2015.

TECHNOLOGICAL VISION SYSTEMS: SEARCHING DESIGN METHODS

Botuz S.P.

Federal Institute of Industrial Property (FIPS), bsp_serg@mail.ru

Methods and models of search designing of technically optimum intellectual systems of technique ergatic control systems are considered. It is shown, that offered methods and models allow to apply structurally substantive provisions system and synergetics approaches on the basic design stages of systems of technical vision systems.

**ЦИФРОВАЯ ПЛАТФОРМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИЯМИ В СЕТИ
INTERNET/INTRANET**

Ботуз С. П.

Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»,
bsp_serg@mail.ru

В докладе на примере анализа известных инновационных решений в области цифровых технологий в области:

- медицины (баз данных «Цифровые технологии в стоматологии»: ортодонтии, лечебно-профилактических средств для ухода за зубами и полостью рта и т.п.);
- систем технического зрения человеко-машинных систем управления и регулирования;
- устройств радиоэлектронной аппаратуры систем навигации и позиционирования подвижных объектов;
- систем и устройств защиты данных (криптографической защиты каналов связи и т.п.);
- автономных бортовых энергетических установок;
- энергосберегающих технологий интеллектуальных систем управления/регулирования и др. [1, 2, 3]; сформированных на основе анализа опубликованных патентных заявок России, ARIPO и OAPI, DWPI, Австралии, Австрии, Великобритании, Германии, ЕПВ, Заявок РСТ, Канады, Китая, Кореи, Патентных документов СНГ, персональных баз данных, входящих в состав разработанной интеллектуальной интегрированной базы данных [4], рассматриваются методы и модели цифровой платформы системы управления инновациями [5, 6]. В основе предлагаемой платформы использована Евразийская патентная конвенция (ЕАПК). Согласно ЕАПК существует единое патентное пространство на территории стран-участниц Евразийского экономического союза (ЕАЭС). Это пространство в рамках экономической интеграции ЕАЭС представляет всемирно признанный инструмент патентной охраны – Евразийский патент – один из первых действующих институтов евразийской экономической интеграции [7].

В этой связи основные процессы когнитивного синтеза и трансформации знаний в области цифровых/информационных технологий предопределяют не только структуру формируемой в настоящее время современной «цифровой экономики знаний», но и ключевые организационно-правовые методы и модели евразийской системы управления инновациями (ЕСУИ) [8]. Главные сдерживающие факторы, в такого рода системах управления в высокотехнологичном секторе интеграции евразийской экономики, обусловлены отсутствием требуемого уровня наблюдаемости и управляемости поисковых процессов Internet/Intranet-технологий, которые происходят на начальных стадиях зарождения идеи и на этапах воплощения идеи в виде охраноспособного (патентноспособного) технического решения (изобретения или полезной модели, далее – ИЗ). Причем эти процессы (это, как правило, процедуры поискового проектирования и экспертизы соответствующих объектов промышленной собственности – ОПС) наиболее уязвимы не только с точки зрения основных положений авторского права того или иного субъекта (далее – лица, принимающего решение – ЛПР), но и непосредственно сама среда формирования подобных правовых оболочек, в которые трансформируется та или иная инновационная идея являются наиболее уязвимы, т.е. отсутствует требуемая «экологическая среда изобретателя – генератора новых знаний». И этому во многом способствует сама процедура и соответствующая технология патентования, точнее, сам процесс перехода заявочных материалов из объекта авторского права в объект патентного права. Обусловлено это тем, что идея, как предсознание формы того или иного технического решения, по определению всех существующих институтов права даже в рамках авторского права не охраноспособна. При этом наличие в заявочных материалах предполагаемого ИЗ ноу-хау, как таковой научной теории и математического метода, программного обеспечения согласно п. 5 ст. 1350 ГК РФ [9] исключают такой объект из списка патентоспособных. Поэтому современный Изобретатель (генератор идей, инноватор и т.п.) остается в лучшем случае с охранной грамотой патента на ИЗ, при этом у него нет не только достаточных средств для поддержания патента в силе, но и каких-либо стимулов для этого, поскольку «опытные» патентоведы соответствующих заинтересованных организаций обеспечивают в рамках действующего патентного права «обход» исходного решения.

Таким образом, в настоящее время актуальна необходимость наличия в ЕАЭС некоторой промежуточной ЕСУИ, желательно автономной, государственной платформы и соответствующих информационных Internet/Intranet-технологий (сетевой структуры, портала и т.п.), которые бы гарантировали не только пассивную (правовую и т.п.) защиту такого рода идей и соответствующих субъектов авторского права (авторов, соавторов и др. правопреемников), но сама платформа ЕСУИ позволяла бы формировать в автоматизированном режиме активные сетевые оболочки (методы и т.п.) защиты непосредственно среды/процесса зарождения идеи и обеспечивала бы соответствующий уровень материальных стимулов для изобретателей – генераторов подобного рода инновационных идей на самом раннем этапе генерации (формирования и т.п.) инновационных проектов. Необходимость в подобного рода интеллектуальных платформах и соответствующих сетевых

роботах, которые бы гарантировали автору той или иной идеи, надежную правовую оболочку не только на уровне пассивной охраны авторских прав на идею, но и обеспечивала бы соответствующие (достойные и т.п.) материальные стимулы для генерации инновационных идей на основе применения открытых сетевых Internet/Intranet-технологий отмечается во многих работах [10 – 18].

В этой связи цель настоящей работы состоит в развитии методов и средств, изложенных в работах [11 – 18], на основе применения разработанных интеллектуальной интегрированной базы данных, программ и программных комплексов для интеллектуальной поддержки ЛПР в ЕСУИ, а именно, – автоматизированного синтеза поискового инструмента ограниченной сложности в заданной предметной области, который бы гарантировали ее пользователю защиту процесса формирования идей, которые возникают в процессе генерации поисковых запросов и на стадии формирования соответствующих семантических моделей.

Для реализации поставленной цели разработана архитектура структуры интерактивной системы генерации проблемно-ориентированных поисковых машин (ИСГПМ) для ЕСУИ, в которой первая обратная связь – контролирует/анализирует работу поисковой системы – ПС, а вторая – синтез или модификацию режимов работы ПС. При этом под ИСГПМ в [12, 15] принято понимать такую поисковую машину, результатом работы которой является проблемно-ориентированный поисковый робот/агент, в контуре которого дополнительную интеллектуальную обработку данных в заданной предметной области (ПрО) осуществляет ЛПР. Наличие в ИСГПМ интерактивных обратных связей обеспечивает поддержку режимов накопления «поисковых знаний». Данные режимы работы ИСГПМ как раз и составляют элементы синтеза стратегий поиска или подстройки ПМ к предметной задаче, которую решает конкретное ЛПР. Таким образом, вводится второй контур управления процессом поиска – «нижний» по иерархии управления ПМ. Основная задача этого контура – отсеивать заведомо нерелевантные документы на основе тех указаний, которые ИСГПМ получает от ЛПР асинхронно в процессе экспертизы конкретного ОПС (в общем случае это объект интеллектуальной собственности – ОИС) в заданной предметной области. Здесь следует отметить работы [15, 16], в которых описаны разработанные программно-аппаратные технические решения (ТР), позволяющие осуществлять автоматизированный синтез и верификацию программного обеспечения (ПО) распределенных вычислительных комплексов (РВК). При этом разработанные ТР обеспечивают полную управляемость и наблюдаемость основных процессов проверки исходного кода ПО. Это обеспечено за счет того, что на каждом уровне РВК обеспечено совмещение процессов ввода и обработки исходного кода ПО, используя: зависимые или независимые интерфейсные каналы, сенсорные или механические манипуляторы рабочего места ЛПР, сетевые интерфейсы локальной или глобальной сети. В [15, 17, 18] на основе обзора функциональных особенностей наиболее распространенных ПМ осуществлен анализ общих принципов работы ПМ вообще, так как в деталях решить эту задачу невозможно из-за того, что работа каждой ПМ это, как правило, ноу-хау ее разработчиков. При этом в [14, 15] определены основные особенности и принципы, на базе которых можно было бы наблюдать за функционированием (в идеале – и управлять процессом функционирования ПМ) поисковых роботов (wanderers, spiders, robots – программы), с помощью которых та или иная поисковая система сканирует сеть и индексирует встречающиеся документы независимо от того, кто является разработчиком ПМ. На основе применения разработанных в [12 – 18] методов и моделей разработана структура автоматизированного синтеза инновационных проектов/решений ОПС и соответствующих сетевых агентов для их сопровождения и защиты в сети на основе генерации распределенных персонифицированных графоаналитических примитивов (ГАП) и графоаналитических бинарных полей (ГАБП).

Графоаналитические парадигмы согласно [15] – формальный инструмент для нормализации многообразия персонифицированных визуальных объектов. При этом предлагаемый в [14, 15] аппарат ГАБП и соответствующая система управления удаленным доступом позволяют придать процессу поиска в заданной предметной области не только новое свойство, но и позволяет:

- осуществлять визуализацию когнитивных процессов в интегрированной системе ЛПР-ОИС-ГВС на единой методологической основе;
- идентифицировать такие сложно формализуемые ситуации и процессы, как обеспечение собственных интересов ЛПР и интересы обучающего в ЕСУИ, выявлять причины активного противодействия обучению, отслеживать линии частных инициатив, не осознанного противодействия ЕСУИ и пассивного наблюдения/мониторинга.

В интерактивных процессах ЕСУИ введение априорной информации о сценарии поведения ЛПР позволяет существенно снизить объем обрабатываемой информации. Агент ПО ЕСУИ загрузочных модулей выполняет по существу функции блока ситуационного управления – формирует управляющие воздействия на основе многоканального анализа информации, поступающей на его входы. Эти сигналы, в простейшем случае, представляют отклонения (разницу и т.п.) от эталонных (заданных, требуемых и др.). В этом динамическом процессе, в частном случае – в интерактивной системе интеллектуального/ситуационного управления (ИСУ) процессом обучения, формируются персонифицированные графоаналитические парадигмы или профили (ГАП) для каждого ЛПР ЕСУИ. При этом предоставляется возможность одновременно рассматривать ГАП (в общем случае это – ГАБП) и его связь с динамикой позиционирования внимания ЛПР [12, 15]. При этом в [17, 18] приведены соотношения, на основе контроля которых предоставляется возможность осуществлять предварительный анализ ИЗ в заданной предметной области без раскрытия технического существа изобретения или полезной модели. В результате показано, что разработанное программное обеспечение позволяет

осуществлять предварительную оценку не только охранные способности (патентоспособности) ИЗ, но и оценить сложность и стоимость основных процедур экспертизы изобретений в данной предметной области.

Библиографический список

1. Ботуз С.П., Кузнецов С.В., Стреж А.С. Устройство асинхронного привода силовых гиростабилизаторов / Решетневские чтения. Сибирский государственный аэрокосмический университет им. акад. М.Ф. Решетнева, Т.1, № 20,2016, с. 630-633.
2. Ботуз С.П. Исследование, разработка и патентование систем технического зрения эргатических систем управления / Научно-техн. конф. «Техническое зрение в системах управления – 2018», сб.тез. ИКИ РАН, ИПМ РАН, ГосНИИАС. М. 13 – 15 марта 2018, с. 25-26.
3. Программный комплекс поискового проектирования и экспертизы малых (мини-, микро- и т.п.) космических аппаратов (КА), беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и интегрированных ситуационных центров управления группировкой КА и БПЛА / Ботуз С.П., Догадкин А.В., Калмыкова В.Т., Назимкин А.Е. РОСПАТЕНТ. Свидетельство № 2013619578 от 09.09.2013 (Номер и дата приоритета № 2013617562/69 от 13.08.2013).
4. Интеллектуальная интегрированная база данных программного комплекса поискового проектирования и экспертизы технически оптимальных позиционных систем программного управления и регулирования/ Ботуз С.П., Глазунов А.А., Догадкин А.В., Калмыкова В.Т., Кулешов Д.С., Назимкин А.Е., Орлова М.О., Самошкин А.А., Шадрина Д.О. РОСПАТЕНТ. Свидетельство № 2014620651 от 06.05.2014 (Номер и дата приоритета № 201361792/69 от 27.12.2013).
5. Ботуз С.П. Цифровые технологии государственного управления инновациями / Международная научно-практическая конференция «"Институциональные и финансовые механизмы становления цифровой экономики". Дубна, 17 - 18 ноября 2017
6. Ботуз С.П. Интерактивные интеллектуальные методы и модели систем государственного управления НМА в сети Интернет / Международная научно-практическая конференция «Государственное управление и развитие России: модели и проекты» / 19-20 мая 2016 года, РАНХ и ГС. – М.: РАНХ, 2016, с. 18 – 24.
7. Григорьев А.Н. Евразийская патентная организация: нам 20 лет// Патенты и лицензии. 2015. № 11.
8. XVII Национальный форум информационной безопасности «ИНФОФОРУМ-16». Инновационные решения для безопасности России (5 – 6 февраля 2017), Москва, <http://www.infoforum.ru/>
9. Гражданский кодекс Российской Федерации, введенный в действие Федеральным законом от 12 марта 2014 г. № 35-ФЗ.
10. Иванов В.К., Палиюх Б.В., Сотников А.Н. Архитектура интеллектуальной системы информационной поддержки инноваций в науке и образовании/ Программные продукты и системы, № 4, 2013, с. 203 – 208.
11. Ботуз С.П., Новиков Д.А. Идентификация объектов и субъектов интеллектуальной собственности в сети Internet/ Труды II междунар. научн. конф. “Идентификация систем и задачи управления” (SICPRO '03) 28 – 31 января 2003г. – М.: ИПГ РАН, 2003, с. 2033 – 2041.
12. Ботуз С.П. Методы и модели экспертизы объектов интеллектуальной собственности в сети Internet. – М.: Солон-Р, 2002, – 320с.
13. Ботуз С.П. Мониторинг систем государственного управления инновационными проектами/ Государственное управление. Электронный вестник. МГУ им. М.В.Ломоносова, № 12, 2007, с. 3 – 11.
14. Ботуз С.П. Распределенные интеллектуальные технологии управления удаленным доступом/ Исследование и информатизация управления социально-экономическими, политическими и административными процессами: сб.научн.статей; под общ. ред. А.Н.:Данчула. – М.: Изд-во РАГС, 2011. с. 94 – 104.
15. Ботуз С.П. Интеллектуальные интерактивные системы и технологии управления удаленным доступом. – М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2014. – 340с.
16. Ботуз С.П. Интерактивные интеллектуальные методы и модели систем государственного управления НМА в сети Интернет\ Международная научно-практическая конференция «Государственное управление и развитие России: модели и проекты»\ 19-20 мая 2016 года, РАНХ и ГС. – М.: РАНХ, 2016, с. 18 – 24.
17. Ботуз С.П. Управление нематериальными активами в сети Интернет\ Российское системное перестроение как стратегическая неизбежность: неоэкономика, неоиндустриализация, неодириджизм: Сб. тез. Международной научной конференции / Под ред. Ю.М. Осипова, С.С. Нипа, Т.С. Сухиной. – М.: Экономический факультет МГУ имени М. В. Ломоносова, 2016, с. 123 – 125.
18. Ботуз С.П. Методы поискового проектирования интеллектуальных систем технического зрения эргатических систем управления/ Научно-техн. конф. «Техническое зрение в системах управления – 2017», сб.тез. докл. ИКИ РАН, ИПМ РАН, ГосНИИАС. М.16 – 17 марта, 2017, с. 7 – 9.

DIGITAL PLATFORM OF INNOVATION CONTROL SYSTEM IN THE INTERNET / INTRANET

NETWORK

Botuz S.P.

Federal Institute of Industrial Property (FIPS), bsp_serg@mail.ru

The methods and models of the digital platform of the innovation management system. The developed methods and models of interactive synthesis of the "network environment of the inventor - the generator of innovative ideas" based on the use of open Internet / Intranet technologies of limited complexity are considered. It is shown that the proposed approaches contribute to solving one of the most problematic tasks of the modern "digital knowledge economy" arising in the process of synthesizing the organizational and legal methods and models of the system of state management of innovative projects.

◆

**ОПЫТ СОЗДАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ПЕРЕПОДГОТОВКИ МЕДИЦИНСКИХ ФИЗИКОВ В МГУ ИМЕНИ М.В.
ЛОМОНОСОВА**

Черняев А.П.¹, Варзарь С.М.¹, Близнюк У.А.¹, Борщеговская П.Ю.¹,
Белоусов А. В.¹, Желтоножская М.В.¹, Лыкова Е.Н.¹, Розанов В.В.¹,
Мусиенко В.И.², Нисимов С.У.³, Истратов П.А.⁴

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»

²Московский научно-исследовательский онкологический институт (МИОИ)
имени П.А. Герцена - филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России

³Фонд образовательных программ РОСНАНО

⁴Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и
благополучия человека по городу Москве

iv-kate@yandex.ru

Выступая на Гайдаровском форуме 2018 г., министр здравоохранения Российской Федерации В.И.Скворцова главным приоритетом 2018 года назвала борьбу с онкологическими заболеваниями. В связи с этим на развитие данного направления запланировано в 1,8 раза увеличить финансирование онкологической помощи только по ОМС. При этом наряду с государственным финансированием министерство ожидает и существенный рост инвестиций в эту область. Задача поставлена на государственном уровне. Однако, как показывает практика, только увеличение финансирования не может обеспечить ее решение. Достижение окончательного результата зависит от двух основных составляющих: технического оснащения и кадрового обеспечения. Наличие высокотехнологичных диагностических и терапевтических комплексов еще не гарантирует качество лечения – необходимы специалисты, способные успешно на нем работать [1].

На сегодняшний день возможности (или уровень развития) медицины однозначно связаны с ее технической оснащенностью. В литературе отсутствуют достаточно полные и точные сведения о количестве медицинской техники в разных странах. Однако имеется информация о связанном с этим количеством медицинских физиков. Можно предположить, что величина «плотности медицинских физиков» будет достаточно достоверно отражать уровень точности и технической оснащенности медицины. Зная количество медицинских физиков в разных странах (по данным DIRAC МАГАТЭ 2015г.) и их население, получим интересные оценки этой «плотности» в расчете на 100 тыс. населения. Они приведены в таблице 1 для группы из 7 стран.

Таблица 1 – Количество медицинских физиков в ряде стран

№	Страна	Число медицинских физиков	Население в млн	Плотность медицинских физиков
1.	Германия	771	82	0,94
2.	Швеция	80	10	0,8
3.	Франция	502	64	0,78
4.	Австрия	61	9	0,67
5.	Швейцария	47	8	0,59
6.	Нидерланды	92	17	0,54
7.	Россия	487 (данные АМФР)	143	0,34

Таким образом, «плотность медицинских физиков» отражает реальную обеспеченность медицины высокотехнологичным оборудованием, а это в свою очередь свидетельствует о степени ее эффективности в

данной стране. В этой «табели о рангах» Россия, к сожалению, находится на последнем месте по кадровой поддержке ядерной медицины и успехи, достигнутые в последние годы в России в увеличении продолжительности жизни наших граждан, могут быть потеряны в короткое время [2,5].

Необходимо отметить, что сегодня в лучевой терапии используются сложные высокотехнологические аппараты [4], такие как:

- КиберНож – предназначенный для неинвазивного лечения доброкачественных и злокачественных опухолей и является в ряде случаев альтернативой хирургическому лечению. КиберНож применяется для лечения опухолей практически любой локализации, включая опухоли таких органов, как предстательная железа, легкие, головной мозг, спинной мозг, кости, печень, поджелудочная железа и почки. Данный метод, основанный на облучении опухолей высокими дозами радиации с высочайшей точностью, дает новую надежду пациентам по всему миру.

- Томотерапия - это новый класс радиологического оборудования, обеспечивающий послойное облучение структур и позволяющий лечить как очаги сложной формы и большой протяженности, так и множественные мелкие опухоли. Отличительной особенностью «Томотерапии» является возможность работы, как в режиме собственно ускорителя электронов, так и в режиме компьютерного томографа. Это позволяет проводить контроль правильности укладки и позиционирования пациента перед каждым сеансом лечения.

- Линейный ускоритель электронов с модуляцией интенсивности пучка (IMRT) - позволяет давать более высокую и эффективную дозу в опухоль, с меньшим количеством побочных эффектов, чем при обычной радиотерапии за, за счет минимизации дозы, получаемой здоровыми тканями. IMRT уменьшает токсичность лечения. В настоящее время, IMRT применяется для лечения опухолей головы и шеи, простаты, молочной железы, легких и центральной нервной системы. Кроме того, эта технология используется при гинекологической и печеночной опухолях, при лимфоме и саркотоме. IMRT применяется для лечения опухолей у детей.

Все это – сложная современная техника, требующая соответствующих высокопрофессиональных кадров. Именно поэтому особенно сейчас так остро стоит вопрос специализированной подготовки медицинских физиков для лучевой терапии.

Для решения проблемы подготовки кадров для лучевой терапии в июле 2016 года между Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова (физический факультет МГУ) и Фондом инфраструктурных и образовательных программ был подписан договор о разработке и pilotной реализации образовательной программы профессиональной переподготовки в области разработки, эксплуатации и применения высокотехнологичных систем для лучевой терапии [5,6].

Программа основана на практикоориентированном компетентностном подходе и вариативно-модульном принципе построения образовательного процесса в соответствии с инновационными потребностями предприятий, реализующих высокотехнологичные методы в медицине.

Соисполнителями при разработке и апробации Программы являлись Национальный медицинский исследовательский центр Минздрава РФ, Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И.Бурназяна ФМБА России. Приглашенными экспертами в процессе разработки Программы стали специалисты МГТУ им. Баумана, Томского политехнического университета, НИЯУ МИФИ, Российского онкологического научного центра им. Н.Н.Блохина.

В рамках программы были созданы целевые группы по следующим направлениям:

- медицинские физики для отделений дистанционной лучевой терапии (на пучках фотонов и электронов);

- медицинские физики для отделений контактной лучевой терапии;
- медицинские физики для отделений протонной лучевой терапии;
- инженеры по эксплуатации медицинских ускорителей электронов;
- инженеры по эксплуатации медицинских ускорителей протонов.

Общая длительность программы 530 часов. В том числе дистанционный модуль – 70 часов (2 недели), общеобразовательный модуль – 300 часов (8 недель), и практическая подготовка – 150 часов (4 недели). Структура программы разработана для пяти целевых групп подготовки: медицинские физики для отделений дистанционной, контактной и протонной лучевой терапии, и инженеры по эксплуатации медицинских ускорителей электронов и протонов.

Программа имеет модульную организацию: все обучающиеся проходят общепрофессиональный цикл «Физические и биомедицинские основы лучевой терапии». Он состоит из дистанционного общепрофессионального модуля, в рамках которого осуществляется оценка знаний слушателей по общим курсам ядерной физики, физики взаимодействия излучения с веществом, радиобиологии, дозиметрии и радиационной безопасности. На основании результатов тестирования осуществляется отбор слушателей для очного цикла и профессионального модуля. Далее слушатели приглашаются на очную часть, где они слушают лекции, как по общим курсам физики, так и по специальным профессиональным курсам, в том числе и профессиональный цикл по одному из модулей, соответствующему целевой группе слушателей. Лицам, прошедшим соответствующее обучение в полном объеме и аттестацию, выдаются документы установленного образца.

В результате освоения профессиональной образовательной программы у обучающихся формируются необходимые профессиональные компетенции для работы в качестве специалистов отделений лучевой терапии

и центров ядерной медицины, что позволяет успешно решать задачу подготовки профессиональных кадровых ресурсов для клинических центров России. Среди таких профессиональных компетенций можно выделить следующие на примере подготовки медицинского физика для отделений лучевой терапии на фотонах и электронах:

- осуществлять контроль и коррекцию параметров работы оборудования для дистанционной лучевой терапии в клиническом режиме;
- планировать процедуру медицинского дистанционного облучения пациентов пучками фотонов и электронов;
- проводить сопровождение облучения пациента на аппаратах для дистанционной лучевой терапии;
- разрабатывать рекомендации по техническому оснащению отделений дистанционной лучевой терапии;
- осуществлять контроль процесса сдачи-приемки аппаратов для дистанционной лучевой терапии;
- разрабатывать внутренний протокол гарантии качества для аппарата дистанционной лучевой терапии.

Клиническая практика проводится для групп по 4-6 человек в течении месяца (140 часов) на базе ведущих онкологических центров, принимающих участие в разработке и реализации образовательной программы:

- Национальный медицинский исследовательский радиологический центр Минздрава РФ (МНИОИ имени П.А. Герцена и МРНЦ)
- Федеральный медицинский биофизический центр имени А.И. Бурназяна ФМБА России
- Национальный медицинский исследовательский центр детской гематологии, онкологии и иммунологии имени Дмитрия Рогачева

Таким образом, профессиональная переподготовка медицинского физика складывается из трех составляющих: первое – это обучение базовым знаниям по физике, математике и другим естественнонаучным и гуманитарным дисциплинам; второе – в программу обучения входят предметы медицинской, биологической и молекулярной физики, и третье – проведение научно-исследовательских практических занятий в лабораториях или лечебных учреждениях.

Итоговая аттестация осуществляется аттестационной комиссией, в состав которой входят преподаватели основных учебных курсов общепрофессионального и специальных модулей, представители организаций-работодателя и учреждений, на базе которых проводились практические занятия и профессиональные стажировки.

На основании решения аттестационной комиссии слушателю программы выдается диплом о профессиональной переподготовке по следующим направлениям:

- физика дистанционной лучевой терапии (на пучках фотонов и электронов);
- физика контактной лучевой терапии;
- физика протонной лучевой терапии;

Данные дипломы удостоверяют право на ведение профессиональной деятельности в сфере физико-математического сопровождения методов радиотерапевтического лечения.

Лекции читают не только преподаватели МГУ имени М.В. Ломоносова, но и ведущие специалисты соответствующей области из других учреждений на высоком профессиональном уровне. Занятия проводятся в аудиториях университета. Обучение на курсах — платное. Дополнительную информацию о правилах приема и обучения можно получить по телефону: +7(985)905-00-38.

Пилотная реализация дополнительной образовательной программы профессиональной переподготовки в области разработки, эксплуатации и применения высокотехнологичных систем для лучевой терапии проведена в 2017 г. Первая группа слушателей в составе 18 человек прошла обучение по данной программе на физическом факультете Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. В результате освоения профессиональной образовательной программы у обучающихся были сформированы необходимые профессиональные компетенции для работы в качестве специалистов отделений лучевой терапии и центров ядерной медицины, что удостоверено соответствующими дипломами государственного образца.

В заключение необходимо отметить, что одним из эффективных путей решения проблемы недостатка кадров для лучевой терапии предлагается широкое применение разработанной программы профессиональной переподготовки медицинских физиков и инженеров для лучевой терапии для всех регионов России.

У наших физиков есть большие интеллектуальные и приборные возможности, а также огромное желание заниматься этими проблемами. Необходимо лишь четко выверенное управленческое решение на государственном уровне по корректировке нормативной базы, соответствующая организация и финансирование. Профессиональная учебно-методическая база – подготовлена.

Библиографический список

1. Черняев А. П., Близнюк У. А., Борщеговская П. Ю., Варзарь С. М., Розанов В. В., Крусанов Г. А., Белянов А. А. Подготовка медицинских физиков для клинических баз в Московском государственном университете имени М. В. Ломоносова // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Физика. 2016. Т. 16, вып. 4. С. 238–243.

2. Chernyaev A. P., Kolyvanova M. A., Borshchegovskaya P. Yu. Radiation technology in medicine. Part 1. Medicine accelerators // Moscow University Physics Bulletin, 2015. Vol. 70 (6). P. 457 - 465.
3. Белоусов А. В., Близнюк У. А., Варзарь С. М., Загоруйко М. В., Черняев А.П. Ускорители в медицине // Медицинская физика, 2014. № 1 (61), С. 113 – 120.
4. Разработка и апробация образовательной программы профессиональной переподготовки кадров для лучевой терапии в МГУ имени М.В / А. П. Черняев, П. Ю. Борщеговская, С. М. Варзарь и др. // Медицинская физика. — 2017. — № 3 (75). — С. 87–93.
5. Костылев В.А. О подготовке медицинских физиков. // Мед. физика, 2007, № 3(35), С. 5–19.

EXPERIENCE OF CREATION AND IMPLEMENTATION OF PROGRAM OF PROFESSIONAL RETRAINING OF MEDICAL PHYSICS IN MOSCOW STATE UNIVERSITY

A.P. Chernyaev, S.M. Varzar, U.A. Bliznyuk, P.Yu. Borshchegovskaya, A. V. Belousov,
M.V. Zheltonozhskaya, E.N. Lykova, V.V. Rozanov, P.A. Musienko, S.U. Nisimov, P.A. Istratov
Lomonosov Moscow State University, iv-kate@yandex.ru

This article discusses the problem of training medical physicists in Russia. Presented data on the "density of medical physicists" (according to IAEA DIRAC data, 2015). The need for training for work in the field of radiation therapy is discussed. The program of the educational program of professional retraining in the field of development, operation and application of high-tech systems for radiotherapy is offered. An example of training in the specialty of medical physics at the Department of Accelerators and Radiation Medicine at Lomonosov Moscow State University is described. The structure of the program is developed for five target groups of training: medical physicists for photon beam therapy, brachytherapy's and proton beam therapy departments, and engineers for the operation of medical accelerators of electrons and protons. The program has a modular organization: all trainees studied a general professional cycle "Physical and Biomedical Basics of Radiation Therapy", and then a professional cycle on one of the modules corresponding to the target group of listeners. Persons who have received training in full and have passed certification, will receive educational documents.



О РУКОТВОРНОЙ СИСТЕМЕ ВУЗОВСКОЙ НАУКИ В РОССИИ НА НАЧАЛО 21 В

Кузнецов А.А.

Владимирский государственный университет, Владимир, Россия, E-mail: artemi-k@mail.ru

Система деформирования научных кадров в вузах. В разных университетах, в разных районах огромной неоднородной страны обучают по-разному. Неоднородны и среда обучения и преподавательский состав вузов. Неоднородность уровня подготовки студентов вузов определена, прежде всего, затянувшейся во времени и чрезвычайно глубокой демографической ямой. Вузы принимали всех желающих с любыми баллами ЕГЭ, т.е. весь спектр подготовки. Состав преподавателей – это те, кто остались в возрастных рамках 55 – 85 лет. Наиболее вероятный возраст приходится на 65 лет. Одни успели защитить диссертации, другие нет. Одни преподаватели «ковались» (формировались) во время перестройки, другие – во времена Брежнева, третьи – во времена Сталина или Хрущева. Каждый преподаватель в силу лет, опыта, практики, принятых в регионе методов обучения, давным-давно принял свою собственную концепцию. К сведению министерства образования – никто ничего менять не собирается. Их так учили. Они так воспитаны. С одной стороны такую ситуацию конечно можно обозначить «кто – во что – горазд», а с другой – разнообразие подходов и оттенков чрезвычайно ценно. Не хватает оттенков тридцати- и сорокалетних! Но это уже невосполнимо. Низкие оклады, пенсии, зарплаты и надбавки за должность и степень приводят с одной стороны к не возможности молодых выпускников университетов заниматься наукой в стенах университета, а значит и с другой стороны – к огромному числу работающих пенсионеров. Это суммарно приводит к продолжающемуся росту среднего возраста преподавателей вузов, естественной и необратимой гибели научных школ с разрывом научных поколений. С учителей и врачей, людей, выполняющих социальные функции государства, работающих на государство и его будущее само государство продолжает не только экономить, но даже зарабатывает, беря подоходные налоги и платы, назначая пенсии с малых им же назначаемых зарплат работников образовательных учреждений.

Государственное финансирование науки и образования ограничено, поэтому гранты получают те группы ученых и те вузы и научные учреждения, которые ближе к «коррупции». Кто-то непрерывно ездит и непрерывно обивает нужные пороги, а кто-то просто позвонит Государство сгенерировало кланы блата в науке, просителей – людей, часто далеких от науки. Люди, которые занимаются наукой, обычно ничего не просят (им стыдно) у чиновников. Эти ученые нижнего и среднего звена, которых большинство, ничего и не получали, не получают и не получат от государства. Но именно этих людей администрации вузов обвиняют во всех грехах: что они ленивы, не инициативны, бесперспективны (для вуза). Это уж было: творческих работников обвиняли в тунеядстве. Сложилась ситуация, внутри которой умный и честный по определению может быть лишь бедным.

Преподаватель вуза обязан быть самосовершенствующимся высоконравственным человеком, научным работником и педагогом. Научный работник должен быть непрерывно растущим: читающим, исследующим, анализирующим, а педагог, работающий с зависимыми от него студентами, должен быть высоконравственным. Эта категория включает в себя справедливость, добросердечие и честь. Настоящие работники вузов работают «не за деньги, а на интерес». Если этот интерес или время для удовлетворения интереса у них отнять, то кадры из вузов утекут еще быстрее, так как без интереса большие деньги можно заработать в любом другом месте.

Потерю престижа работы в науке и высшей школе и имиджа профессор или доцент возмещают всевозможными подработками «слева», опускает их имидж еще ниже. В аспирантуру вузов уже не выстраиваются очереди молодых выпускников, даже чтобы не идти в армию. Аспирантуры массово закрываются, а оставшиеся искусственно поддерживаются. «Учась» в такой аспирантуре молодые люди в подавляющем большинстве занимаются бизнесом и накоплением денег (но не знаний). Очень скоро и это станет закономерностью, так как учить их будет некому – все профессора вымрут как вид. Описанные процессы – не выдумка автора. Они находятся на разных стадиях в разных университетах при общем устойчивом тренде.

О науке в России. Россия – государство с характерным для империи распределением элит. Кроме известных элит по национальному, территориальному, партийному и религиозному признакам, существует распределение элит по научному признаку. Устойчивая динамически клановая распределенная система находится всегда в динамической стагнации, характеризуемой неприятием (при жизни) новых личностей вне заданных элитных мнений. В общем случае за редким исключением эти личности по одиночке или группами отправлялись за рубеж – вне империи. Там их принимали, но большего, они уже не могли сделать. Вырастали новые... и т.д. В России читят после жизни и очень долго, в других странах – при жизни, но очень недолго.

Но вот в распределенной системе элит появилась качественно иная группа – очень богатых. Они захотели войти в элиты, но им сильно не позволила регуляторная система предыдущих элит. Эта система сама оформила собственные элитные группы с распределением без внутренней регуляции (саморегуляции). Получилась автоволновая система с характерным волнобразным развитием: от состояний близких к краху – до взлетов. Такой системе очень нужна активная среда – исполнители, но не личности. Иными словами, нужно количество, но не качество. Теперь еще не сформированные (не оформленные), не свершившие им предназначенног, личности уезжают «по приглашениям» в состоянии «на взлете». Но этим обычно все и заканчивается для большинства из них. Очевидное отсутствие в новой системной парадигме «вертикали» саморегуляции привело к необходимости ее подмены: рыночной регуляцией. Управляющим фактором с трендом на усиление стали финансы. Однако, режим управляемого хаоса возможен к применению тогда, когда его субъекты имеют одинаковые правила игры, основанные на его кратких и долгих закономерностях баланса процессов управления и хаоса. В науке такое управление полностью отсутствует, т.к. нет финансов. При отсутствии интеллектуальной собственности, «абсолютной грантовой игле внутреннего эквивалента» (рубля) творчества к деньгам иного государства, отсутствии системы адекватной независимой от элит оценки творческих посылов, возникает провал в интенсивности качества мысли. Место ученых занимают ремесленники и плагиаторы, переводящие светлые потенциально сильные идеи отдельных людей в короткие алгоритмы, допотопные результаты и никчемные проекты. Эти проекты могут быть реализованы, но в лучшем случае с нулевым эффектом для государства. Такая система великолепно образованных (еще с СССР), но очень средних ученых питается грантами (грантоеды), а точнее их количеством, отправляя заявки сотнями в год. Именно в такую систему «творчества» встроена РАН, теперь уже как экспертная структура. Эта структура зависимая, так как большее число грантов распределяет она и под себя. Поиск людей способных и лично мотивированных на генерацию новых емких идей, подменен на чиновничью функцию распределения и перераспределения денег, привязанных жестко к доллару (евро).

Вероятно, такая система может быть эффективна в иных странах, где людей ценят при их жизни (см. выше). В России оценивать славой или деньгами при жизни невозможно. Денег нет, а слава – эквивалент кресла, которых на «все зады» не хватает, но их число неуклонно растет. В такой иерархии кресел-задов до сих пор высшие инстанции (ВАК и РАН) принимают звонки, анонимки и кляузы, назначая экспертные Советы, черных оппонентов даже в форме организаций. Человек, попавший в такую пространственно-временную «мясорубку» не выдерживает и или умирает (инфаркт или инсульт), или становится инвалидом, или спивается (по-русски). Жизнь его идей и разработок заканчивается. Начинается их новая жизнь в «руках» ремесленников и плагиаторов, часто из тех же экспертных Советов ВАК и РАН. Очевидно, что государство снижает денежные потоки в «такую науку», сознавая необходимость менять эту искусственно организованную систему науки.

Идея – это мгновенное прозрение. Чище этого ментального проявления не бывает. Только человек, способный «схватывать» идеи и генерировать мысли может успешно или менее успешно, но всегда необратимо (даже он) облечь идею в мысли, и далее, в слова. Эти явления необратимы. Поймать идею практически невозможно, а понять ее иному человеку абсолютно невозможно. Книги и монографии полезны для создания общей группы образованных людей. Но такая группа – только обязательный фон. Без него творец не захочет ловить идею. Еще мерзопакостнее, когда творец читает плагиат и видит, что все переврали. Так чаще всего и бывает.

Система вузовской науки. На данный момент «науку» в вузах можно разделить на три категории: фактическая наука, псевдонаука и формальная наука. Фактической наукой занимаются романтики. В этой категории самое главное – содержание работы, определяемое текущим интересом. Движущей силой творчества

является, как и раньше – интерес, любопытство, творчество. Вопросы ставят сами ученые. Они занимаются тем, что их интересует, на что они мотивированы. Денег за такую науку не платят вообще. Полученные уникальные результаты чаще всего «остаются в столе» и, в лучшем случае, в журнальных статьях и диссертациях.

В псевдонауке главным являются «гимнастика ума», похвальба, обещания и вновь и вновь изобретаемые гипотезы и ограничения на все новые модельные представления. Содержание здесь не самое важное, главное, чтобы рукописный вариант был тщательно вычитан так, чтобы к нему невозможно было придраться. Эта категория основывается на денежном обеспечении и на единичных, но надежных «связях на верху». С каждым новым грантом гипотезы и ограничения меняются и вновь обосновываются. В этой категории работают многие ученые, и даже политики, для которых главным является обещания и облечение их в красивую «упаковку» для получения денег и содержания себя и, возможно, партий. Однако, в этой части очень важно образование, профессиональный стиль мышления. Иначе «пустышку» видно сразу!

Для тех, кто занимается формальной наукой, ни содержание, ни профессионализм не существенны. Здесь главным является своеобразное фарисеям соблюдение формы работы и сопроводительных документов. Формальной наукой занимаются все работники администраций Вузов. Эта категория опирается в меньшей степени на деньги, но большей степени на устойчивую «иерархию связей», поэтому категория и часть науки – клановая.

Медицинские университеты. Автор долгие годы занимался биофизикой сердца. По этой тематике и в части управления и регуляции работы сердца защищена докторская диссертация. Доклады по теме диссертации делались на многих научных конференциях, где от практикующих и лечащих врачей терапевтов и кардиологов и работников медицинских вузов всегда слышал одно и тоже: «Зачем нам эти Ваши значки и точки. Мы и так все прекрасно видим на электрокардиограмме. Дайте нам четкую классификацию патологий и типов аритмий и т.п.». Это означает, что они не понимают формулы и графики, и им надо давать информацию словами – рассказывать. Но они не понимают и модельных абстрактных построений логики, т.к. не подготовлены к этому в стенах университетов и далее – в практической деятельности. Их деятельность требует только рационального мышления и иррационального – части интуиции. Это – клиницисты! Они и не могут заниматься анализом и прогнозом. Их этому не учили. Их интуиция сформирована при дискретно-непрерывных общении с патологоанатомом. Практикующие патологоанатомы и патофизиологи знают значительно больше клиницистов и умеют сопоставлять и анализировать. Это особый сорт врачей и людей, но автор на конференциях их не встречал.

Все и любые врачи друг друга очень хорошо понимают в рамках заданного определения медицины. Они резонно утверждают, что им надо лечить больных. Им не до «значков и точек на графиках». Люди хотят быть здоровыми. И врачи это делают. Однако, стоит ввести в понятие функционального состояния и его необратимости, становится понятно, что врачи не восстанавливают здоровье, а лишь купируют факторы нездоровья, не выделяя их. Складывается впечатление, что самим врачам не выгодно предупреждать заболевание. Чем более длится заболевание, тем нужнее – востребованное «ремесло» врачей. Всегда очень грустно наблюдать, с каким гонором они отстаивают свою личную и клановую некомпетентность. И это для врачей уже необратимо!

Что делать. Итак, творцам перестали мешать творить (так было часто в СССР). Теперь их просто престали замечать. Этого категорически нельзя делать в созданной научной системе. Ведь откуда тогда «читатели – эксперты – грантоеды» будут брать «темы проектов». А нужно сделать следующее:

1. Отменить систему кляуз, анонимок, наветов, звонков, введя абсолютную ответственность тех, кто этим промышляет: запретить читать анонимки, запретить систему долговременных проверок. Выяснить – кто пишет, и отстранять его от науки и навсегда от преподавания во всех организациях образования.

2. Уйти от распределительной грантовой системы. В условиях России она не эффективна и вредна. Институты РАН должны заниматься только фундаментальной наукой. В научных организациях ввести систему 3 – 5 летней отчетности по научной деятельности: статей, монографий, учебных пособий и т.п. со статусом цитирования. Проверку представленных работ на плагиат и переписывание одного и того же возложить на редакционные отделы журналов ВАК и РАН. Бывшие грантовые деньги перераспределить по этой отчетности и без иных «бумажек» внутри организаций. Таким образом, сломать вертикаль распределения больших и малых «кормушек». Внутри научных организаций вести оплачиваемый контроль с обязательной смешанной непрерывной ротацией через 3 года с назначением членов контроля не по выбору, а лотереей – как присяжных.

3. Проверить все докторские диссертации на плагиат и качество соответствия по содержанию с 2000 года вплоть до момента, когда появились видеозаписи защит (до 2011 г). Это позволит резко сократить число неудавшихся докторов и профессоров. Тестом начала формирования базы данных диссертантов, выбранных для такой проверки могут быть: отсутствие научных публикаций ВАК в последующие 5 лет после защиты; отсутствие авторских работ, учебников и монографий.

4. Резко сократить (наполовину) и централизовать дистанционное обучение. Провести широкое обсуждение направлений повышения его эффективности. А пока на нем только зарабатывают большие деньги.

5. Отменить тестирование студентов «на остаточные знания». Проверять качество преподавания по качеству и уровню научных публикаций самих преподавателей и их взаимопосещению занятий.

6. Отменить разворачивающую и коррупционную систему стимулов и добавок и ввести фиксированные оклады профессорско-преподавательского состава вузов. В федеральных вузах ввести тарифную сетку по зарплатам, жестко привязанную к инфляции. При отсутствие грантовой системы увеличить зарплаты в 5 раз без

привязки к средней зарплате по области, иначе в малых городах (до 1 млн.) все вузы вымрут, так как некому будет и преподавать, и заниматься наукой. В малых областных городах (центр – до 0,5 млн человек) все государственные и ведомственные вузы (земли, кадры, документооборот) объединить в один опорный – федеральный и два – три филиала в крупных районных центрах.

7. Отменить душевое финансирование вузов и никогда к этому не возвращаться. Сейчас вузы сохраняют оставшихся преподавателей накоплением огромного числа «мертвых душ» в ведомостях и списках..

8. Отменить систему ЕГЭ при поступлении в вуз. В этой части столичные города «выметают пылесосом» всех лучших молодых людей из иных городов для того, что самим сохраниться. Аргументы, что любой молодой человек может теперь (при ЕГЭ) поступить в любой Вуз России не вызывают ничего кроме горькой усмешки. Молодые люди не возвращаются в родные города, они их теряют и уезжают – чаще всего за рубеж. Малые города хиреют в «болоте посредственостей». Необходимо передать функцию приема экзаменов вузам. Экзаменатор сам должен решать – кого он будет учить.

Ввести приемный минимум: инженерные вузы – физика, химия, математика, сочинение; медицинские вузы – физика, химия, биология, сочинение. Информатика в школе изучается как основы компьютерной техники. Такую информатику убрать из приемных экзаменов.

9. Общая нагрузка преподавателя вуза 1540 часов и методика ее подразделения пополам – это было в бескомпьютерный век. Учебная нагрузка не может превышать 770 часов, а у профессоров 500 часов. А вторая половина (770 часов – наука) – отдельно оплачиваемая. Профессор доктор наук не должен выполнять функции ассистента. Снять с должности профессора всех кандидатов наук, а с должности доцента – не остеопененных.

10. Назначать иногороднего ректора любого федерального вуза универсально и централизовано по согласию с самим будущим ректором на срок 3 – 4 года и далее, максимально – на 10 лет. Значительно расширить практику приглашенных профессоров с авторскими курсами на кафедры вузов. Министерству создать фонд потенциальных ректоров первой и второй очереди. Предлагается вузу три человека. Вуз выбирает...

11. Запретить отчетность работы преподавателей внутри вузов. Отдать это зав. кафедрам. Публиковать кафедральные отчеты внутри вуза специальным выпуском информационного листа.

12. Ввести обязательные для всех сотрудников научных учреждений и вузов не финансируемые бюджетные научные работы и 5-летние отчеты.

13. Фонд ректора и фонд вуза использовать только на развитие вуза и приглашения иногородних специалистов на пятилетний срок работы. Запретить из этих фондов любые поощрения работников администраций.

14. Ввести знаки высшего и специального образования и специальностей, а также официальные знаки всех вузов. Выпускники должны гордиться своим вузом. Свои знаки должны делать сами Вузы и вручать их вместе с дипломами. Утверждает формы знаков вузов министерство в форме электронного каталога знаков вузов. Каждый ранее окончивший вуз вправе приобрести такой знак. Размер знаков строго ограничить, например 6 см². Разрешить формировать не официальные гимны вузов без слов. Всех президентов университетов убрать!

15. Перевести все университеты, кроме одного – главного МГУ, на очно-заочную форму приема и обучения на экономических, психологических и юридических специальностях: один год очная бюджетная форма, второй год – заочная внебюджетная форма и т.д. Эти 15 пунктов выполняются системно – цельно.

16. Вернуть для инженерных специальностей: 1. Двухгодичное (4 семестра) обучение по физике и математике, годичное (2 семестра) – по философии и химии; 2. Пятилетнее полное обучение + преддипломную практику (7 – 8 месяцев) по месту распределения с написанием диплома специалиста – инженера. Местожительства и оплату проводит предприятие, а инженер обязан отработать 3 года, или оплатить все + дипломную практику и защиту. Магистратуру сделать только платной для тех желающих, у кого нет на этот момент времени научного руководителя и научного задела в формах соавтора научных публикаций: тезисов, материалов и докладов на конференциях. Аспирантура для россиян – бесплатная, включенная в трудовой и педагогический стаж. В аспирантуру поступают все желающие при ограничении мест по воле руководителя. Все отчетные бумаги из аспирантуры убрать. Отчитывается руководитель в произвольной устной форме с записью в протокол.

17. Чтобы повернуть медицину в сторону прогнозной и эффективной медицины, необходимо, прежде всего, качественно образовывать студентов медицинских вузов. Крайне необходимо ввести двухгодичный курс общей физики для работы с приборами и годичный биофизики для экспериментальной работы с современным оборудованием на живой материи. Вернуть годичный курс высшей математики. Отдельно ввести семестровый курс статистической физики и теории информации и связи с проведением практических занятий для обучения хотя бы первичному статистическому анализу.

18. Отменить кандидатскую диссертацию. Перевести акцент на магистерскую диссертацию.

19. Отменить звание чл.-корр. РАН. Ограничить по возрасту состав РАН. Возрастным академикам (выше 75 лет) дать отдельную большую пенсию. Если хотят работать – пусть работают и консультируют бесплатно.

20. Статус академика – мировое признание, а именно: нобелевский лауреат, лауреат престижных мировых премий, почетный член, доктор или профессор институтов, академий, представляющих первую десятку глобального рейтинга. Все остальные – «не в счет» перевести в профессора с федеральным или статусом ВАКа.

21. Очевидно, что государственная и министерская концепция развития образования даже если и существует, то ее по сути все равно не существует. И не может существовать в том виде, в котором она обычно (уже лет 30) подается. Эта концепция должна быть для всей России очень краткой и емкой в форме декларации – на половине страницы. Остальное должны создавать вузы, учитывая или не учитывая пожелания администраций.

22. Если не выполнять соответствующие содержанию указанных выше пунктов действия, то честнее будет признать 80% университетов колледжами, оставить их в относительном покое и серьезно заниматься только оставшимися 20 %. Но в этом случае Россия станет честным третьеразрядным государством.

Заключение. Первое и основное (при прочих равных), что позволит науке вузов возродиться, это переход от системы подачек и зарплат – к твердым тарифным окладам. Оклады следует повысить не менее, чем в 8 раз. Только в этом случае молодые люди будут стараться остаться в вузе, а у руководителя будет выбор. Если это не сделать сейчас, то повышать оклады возможно станет только ассистентам, так как через 5 – 10 лет «профессура в вузах закончится» естественной убылью. Даже сейчас очень трудно будет уговорить того или иного профессора возобновить свою научную школу. Если профессор сейчас возьмет в обучение молодого человека, то может быть они и успеют защитить диссертацию до смерти профессора. Что же касается дальнейшего роста условного молодого человека, то «поезд уже ушел». Нужно под это развитие создавать отдельную систему бесплатных конференций, повышений квалификации, допуска к библиотекам и т.д. Это условный человек должен разговаривать с больными, но пока еще живыми профессорами, где бы они не находились. Дистанционное обучение здесь совершенно неуместно и вредно. При всем вышесказанном, надо иметь в виду, что «элиты» вузов (администрация) будет жестко сопротивляться любым изменениям. Поэтому изменения можно провести только «сверху», а это значит, они будут пробоваться к проведению тогда, когда не замечать раз渲ала науки станет уже невозможно. Понадобятся финансовые вливания таких размеров, которое даже сейчас трудно представить.

ABOUT MAN-MADE SYSTEM OF A HIGH SCHOOL SCIENCE IN RUSSIA AT THE BEGINNING OF 21 C

Kuznetsov A.A.

The Vladimir state university of a name of Alexander Grigor'evicha and Nikolay Grigor'evicha Stoletovyh, Russia

The situation in a science and the scientific staff at Russia universities is considered by the beginning of 21 centuries in the form of set of the argued facts. Urgent "burning" measures for restoration of a science of universities are offered and proved. The situation with education at medical universities, in which level of incompetence students and teachers exceeds all reasonable, is separately allocated.

ОБ УСТОЙЧИВОЙ РУКОТВОРНОЙ СИСТЕМЕ ОБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ В НАЧАЛЕ 21 В

Кузнецов А.А.

Владимирский государственный университет, Владимир, Россия, E-mail: artemi-k@mail.ru

Введение. Искусственные структуры материальных и социальных устройств имеют заданный алгоритм существования. Они задумываются и изготавливаются под него. Сто процентный прогноз заложен в их надежность. Они не должны отказывать и должны адекватно подчиняться управлению и регуляции. Человек знает и уверен в том, что и как они будут делать. Единственное что не прогнозируется – это интервал времени их эффективного действия. Иными словами в них закладывается и жестко выдерживается причинно-следственная логика в форме принципа: «если... то». Естественные процессы такой логики, вообще говоря, не имеют. Вернее, наряду с такой (не основной) логикой, они обладают нелинейной эволюцией. Высшее образование является рукотворной системой с искусственной структурой, которую создавал не один человек. Она доделывалась и переделывалась под каждого нового министра образования. Заложенная в основу «убогость», как не передельвай всю структуру, останется основой. Много вопросов к первому (ельцинскому) министру образования...

Система образования. В структуре высшего образования в России есть три иерархических аспекта: политика государства, тактика и стратегия администрации вуза и текущая работа нижнего звена иерархии – преподавателей: ассистентов и доцентов. Слабую, практически одностороннюю связь между политикой государства в науке и образовании поддерживает верхушка администрации вуза – ректор и первый проректор, согласуя и корректируя тактику и стратегию развития и сохранения вуза с министерством образования и науки. Чаще всего эта команда «бежит впереди паровоза» в попытке угадать логику министерства. В этих же рамках между администрацией и нижним звеном поддерживается «одноколейная» односторонняя связь. Заведующие кафедрами обязаны выполнять приказы и распоряжения, идущие «сверху». Желание обсудить то или иное распоряжение быстро гасится проставленными «демпферами» – директорами институтов. Налицо вертикальная, иерархическая структура управления. Всевозможные Советы – это тактические, исполнительные внутривузовские органы, чаще всего и все больше подменяются помощниками ректора или проректорами и их

помощниками. Такая структура высшего образования имеет характерное смысловое наполнение, обеспечивающее ее функционирование в форме устойчивого жесткого несистемного процесса постоянного заданного качества: чиновник министерства – ректор (менеджер «средней руки») – профессорский и преподавательский состав. Нововведения и реформы для выстроенной системы не нужны, так как они потребуют полного слома ее структуры. Только характерные для нее нововведения будут вполне естественны, например: замена деканов директорами институтов с расширенными полномочиями (см. выше), под которые понадобилось заменить факультеты институтами.

Количество людей с высшим образованием в России продолжает медленно расти при резком падении качества дифференцированного обучения. Скорость падения качества обучения определяется произведением скорости уменьшения количества тренеров, воспитателей и учителей начальных классов, наставников, преподавателей вузов на скорость падения уровня их средней квалификации в условиях демографического спада, определяющего спад начального качества поступающих в вуз. При таких условиях уровень качества обучения обратно пропорционально произведению относительных уровней заработной платы и престижа профессии педагога, определяющих уровень конкуренции. Люди с научно-исследовательским и педагогическим даром не востребованы и естественно вымирают. Эта социальная ниша пустеет как наименее привлекательная. Без таких людей вузы уже превратились в «бакалавриаты», далее – в техникумы, а затем – в молодежные «тусовки».

Потенциальная энергия реформ (финансы) поглощается в экспертных комиссиях министерства, а далее, что осталось, направлено сверху – вниз и рассеивается в среднем звене (администрации вузов). Она и не должна доходить до нижнего звена. Это не характерно для системы. Основная цель государства – обеспечение устойчивой работы вузов при минимальных затратах. Под это сформированы правила. Так известно, что выполненная в приказном порядке работа, трансформируясь в творческие инициативы, не оплачивается. Это удобно! Еще более удобно, когда преподаватели (нижнее звено) начинают подрабатывать «на стороне». Если эта работа договорная, проходящая через соответствующие структуры вуза и приносящая последнему отчисления (по типу «снизу-вверх»), то работа приветствуется администрацией в форме виртуальных баллов активности поощрения преподавателей, которое и переводит качество преподавания в виртуальную сферу услуг. Но государство выбрало еще более простой путь. Для устойчивой работы вуза, необходимо непрерывное естественное обновление нижнего звена. Ранее это претворялось в функциональной смене качества – в научном росте, сейчас – в естественном уменьшении числа преподавателей: одни уходят в связи малой зарплатой, другие – в «мир иной». «У государства нет денег» и общий фонд зарплаты сильно падает, но еще быстрее уменьшается число преподавателей вузов. При такой эффективной экономии зарплата медленно подрастает. Но дальше пойдет быстрее – все уже старенькие, за 60! Плохо то, что эта технология запредельная. Сначала закончились научные школы, затем – естественно аспирантуры. Остались оставшиеся преподаватели... Через 10 лет будет то, что будет.

Сейчас в вузах проводится та же политика, что и в государстве: власть может дать, может забрать. Если ректор выставлен политической партией, а проректоры, например, администрацией области, то данный университет является «кормушкой» – финансовым источником группы людей, которые это сделали. Власть берет и распределяет! Но у нее иные функции! Власть должна выполнять только их. Контроль над выполнением функций возможен один – через выборы. Однако, работники вузов лишены этой возможности на любом уровне иерархической вертикали. Власть – невыборная, а потому не служит, но обслуживает тех, кто ее назначает.

Система вузовского образования. Нагрузка преподавателей вузов имеет четыре составляющие: учебная, учебно-методическая, научно-исследовательская и воспитательная. Реальная учебная нагрузка на общеобразовательных кафедрах выросла за последние 15 лет в 1,5 – 2 раза и составляет в среднем более 900 часов за учебный год. Учебно-методическая нагрузка определяется созданием и публикацией учебных пособий, методических указаний, лабораторных практикумов, созданием новых лабораторных работ и модернизации старых, написанием и публикацией научно-методических статей и материалов конференций и т.п. Научно-исследовательская работа (НИР) предполагает добровольно-принудительное участие в не финансируемых г/б НИР с промежуточными ежегодными отчетами и обязательным итоговым пятилетним отчетом. НИР включает в себя также участие в научных конференциях, публикации статей, тезисов и т.д., работа по хоздоговорной тематике и, новое, начиная со средины 90-х – работа по грантам. Воспитательная работа – работа всевозможных студенческих кружков, групп, обществ, проведение олимпиад и научных студенческих конференций, кураторство студенческих групп. Три последние составляющие негласно называется «второй половиной» нагрузки в предположении, что зарплата преподавателя складывается из указанных двух половин. С уменьшением, не регулярностью или полным отсутствием федерального финансирования, настойчивым требованием администраций вузов стало обязательное наличие хоздоговорных работ и грантов на кафедрах. При заключении контракта с работником ректорат не спрашивает мнение кафедры об уровне учченого и качестве преподавания, но спрашивает о том, сколько денег данный работник принес в вуз за истекший период. Правда с 2017 года стали дополнительно ненастойчиво спрашивать о количестве опубликованных статей в центральной печати и о причинах долгой не защиты диссертации (кандидатской или докторской). По диссертациям отдельный разговор. Во-первых, все научные школы закрылись, а во-вторых: и кандидатскую, и докторскую диссертации защищать чрезвычайно не выгодно из-за больших денежных, временных и нервных затрат. Ни один сорт этих затрат не восстанавливается. Но этого мало! После защиты администрация вуза

приблизительно в 1,5 раза больше нагружает нового кандидата и доктора наук, резко повышая вышеперечисленные требования к нему при практически незаметном приросте зарплаты. При малом престиже темы сместились на медицинский и гуманитарный уровень. Технический и физико-математический практически исчезли. А далее уровень диссертаций резко упал, и продолжает падать. Иными словами акцент престижа сместился с количества учеников и диссертаций на количество денег!

Еще в 2015 году Министерство образования зафиксировало устойчивое расслоение вузов по признаку распределения «центр – периферия» минимальных затрат государства на образование введением классификации вузов по категориям. Основным критерием классификации является способность администрации заставить работников вуза финансировать вуз «изнутри – снизу-вверх». В качестве поощрения вузов, зарабатывающих самостоятельно относительно много (более 50 тыс. руб. в год на одного работника), является «высочайшее разрешение» на их существование. На первое место выступает количество зарабатываемых денег. Работников вузов настойчиво в течение двух десятков лет склоняют заниматься интеллектуальным бизнесом, предоставляя «крышу». Такую ситуацию следует назвать государственным рэкетом через посредника – администрацию вуза.

Укрепилось общее впечатление, что вузовская система является тоталитарной, где нижняя структура – профессорско-преподавательский состав (средний возраст около 60 лет) сильно угнетен в правах. Доходит до того, что преподаватели сами на себя считают 2 раза в год «рейтинг активности», отчитываясь за выполненную работу перед кафедрой (индивидуальные планы и годовые отчеты), перед деканатом – в форме расчета балла активности и перед представителем ректората, присутствующим при отчете. Попытки оценить количественно, в баллах, творческую деятельность (как уже говорилось, учебная работа никого не интересует!) проводятся непрерывно и разнообразно, но во всех случаях – администрацией вузов. Именно администрация назначает количество баллов за определенную работу и решает, какой средний балл активности преподавателя ее удовлетворяет. Заинтересованность администрации прямая и определяется заинтересованностью интенсификации финансового потока «снизу-вверх», с положительной обратной связью интенсификации финансового потока «сверху – вниз». Интенсифицируя финансовый поток снизу, администрация получает «дивиденды» и снизу, и сверху, живет очень хорошо, и менять ничего сама не собирается.

Что делать. Вузовских чиновников следует отсечь от любых финансовых потоков, так как сочетание власть + деньги = бездушному казарменному управлению; второе – ввести реально контрактную форму найма на работу, с классификацией по зарплате, определяемой не администрациями, а заведующими кафедрами (он должен полностью распоряжаться фондом кафедральной зарплаты); третье – заключение контракта сделать прерогативой соответствующего заведующего кафедрой; четвертое – создать Совет заведующих кафедрами (СЗК), который принимает решения о найме на работу докторов наук, обязательные для ректората; пятое – ректор вуза выбирается СЗК и из состава СЗК на 5 лет и не является председателем СЗК. Заведующий кафедрой должен быть общепризнанным ученым, совмещающим талант педагога. Заведующие кафедрами должны составлять основу любого университета и управлять им, кафедрами, СЗК и эффективными аспирантурами.

Ректор самостоятельно распоряжается только своим фондом зарплаты и формирует свою администрацию и ректорат (если такой понадобится). Он является членом СЗК и представляет ВУЗ в министерстве образования. Ректор – «лицо университета». Университет воспринимают по качеству («высоте») ректора. Ректор отчитывается на СЗК два раза в претворении своего видения тактики и стратегии развития данного вуза. Институты следуют убрать, т.е. вернуться к факультетской структуре. Факультеты и деканаты формируются СЗК и ему подотчетны. Деканы курируют только учебную работу факультетов и качество преподавания дисциплин. Научная работа и рост кадрового состава кафедр курируется заведующими кафедрами и Советом факультета (СФ). Совет факультета – это совет 5 – 10 докторов наук, членов СЗК и чьи кафедры входят в состав факультета (института). СФ назначает декана (директора института) без согласования с СЗК. Все инициативы поступают снизу-вверх. Непрерывная ротация советов СФ и СЗК. Иными словами, предлагается от «жесткой вертикали» в вузах перейти к контролируемому мягкому управлению на базе СЗК.

Если принять формулу: качество образования в вузе при всех других постоянных определяется *непрерывностью* процесса обучения, то, прежде всего, необходимо обеспечить неотъемлемое право каждого студента фиксировать заданный уровень подготовки в форме зачета или экзаменационной отметки раньше установленного ректоратом срока (сессии). Таким образом отменить осреднение и перейти к индивидуальному обучению студентов внутри каждой группы. При сохранении наборных групп появляется системный эффект обучения, а именно: в каждой группе проявляются инициативные, энергичные студенты, которые заинтересованы в меньшем интервале времени за счет большей скорости обучения. Внутри группы происходит расслоение. Оно всегда есть и при устаревшей форме обучения. Но в этом случае указанная подгруппа тянет за собой других, для которых неопределенность цели исчезает. Возможен и иной вариант. Если на одной специальности несколько групп, то после второго года обучения производить перераспределение студентов по группам. Рейтинговая форма контроля теряет смысл. Единственной, весомой информацией, подаваемой в деканат преподавателем, становится список неуспевающих студентов, например: за третий и четвертый месяц семестра.

Использование 100-балльной системы оценки знаний при централизованном тестировании оправдано сильным расслоением вузов по престижу, качеству обучения и востребованности выпускников при устройстве на работу. Переход на 10-балльную систему внутри вузов оправдано естественным расслоением факультетов и специальностей по престижу, качеству обучения и востребованности выпускников при устройстве на работу.

О классическом образовании. Практически полное десятилетие семидесятых годов прошлого века в большей мере при поступлении в вузы и в меньшей мере при изучении иностранных языков вне вузов была широко распространена практика «автоматического заучивания» набора иностранных слов: осмысленного в лучшем случае, и неосмысленного – в худшем. Например: абитуриент изучал каждый день произношение и написание 50 новых слов. Транскрипция и фонетика обычно не анализировались. Каждый последующий день абитуриент повторял заученные накопленные слова. Так оперативная память наполнялась вплоть до объема «осмысленной разговорной речи», адаптированной под русскую грамматику построения предложений. Абитуриент относительно свободно пользовался этим автоматически (бездумно) заученным набором слов в построении предложений и целых фраз, адаптивно структуре русской речи. Однако, если он переставал повторять полный набор заученных таким образом слов, то запас экспоненциально иссякал, уходя из оперативной памяти, предназначеннной для повседневной деятельности. С одной стороны автор принимает функциональную форму условно экспоненциальной, так как с одной стороны эта функция описывает естественную релаксацию к исходному состоянию оперативной памяти («чистая доска» [Локк]). С другой стороны – характерные признаки обратной экспоненты: быстрота (резкость) изменения от известных максимальных значений (необходимый разговорный минимум 1,5 тыс. слов) до известного минимального запаса слов (30 – 50). Так или иначе, в первую же зимнюю экзаменационную сессию во многих вузах, обучающих иностранный язык, в частности, педагогических, студенты первого курса получили изрядную «трепку» в основном с конечным отрицательным для них результатом, а именно: потерей «знания» иностранного языка и престижного (в середине 70-х годов) вуза.

Использованная методика, вероятно, опиралась на виртуальный опыт: обучения языка детьми без учета скорости развития оперативной памяти детей дошкольного возраста и молодых людей 17 – 18 лет и разности социальных характеров и эмоций носителей языка (обучающих) в разных странах. С одной стороны, чтобы качественно и эффективно изучать язык страны необходимо жить в ней, или хотя бы периодически приезжать. Если это невозможно, то известна и успешно апробирована своего рода промежуточная методика изучения и освоения языка. В этой части применен логический (филологический) подход к изучению на грамматической основе с обязательным начальным акцентом на фонетику. Такое изучение языка признано классическим, т.е. общепринятым, универсальным для почти любых языков и апробированным за последнее столетие. При использовании такой методики педагогом – неестественным носителем языка, фонетическая основа исчезала. Для качественного и эффективного изучения языка страны проживания, особенно ничего и не надо делать. Здесь «дьявол кроется в мелочах», но необходимые к соблюдению признаки и принцип классического обучения для формирования устойчивого образования относят к самому первому начальному обучению – к школьному.

Как видно, основными признаками классического обучения являются: незавершенность и основательность (базовость). Обучают тому, что меняться не будет, т.е. базе, с которой всегда можно начать обучение уже по различным методикам. Поэтому при задании этой базы во времени используют врачебный принцип: «не навреди». Оба признака обязаны существовать совместно, и имеют следствие – продолжение обучения.

В России состоялась затяжная попытка разрушения устойчивости образования. Делалось это просто – на основе утверждений: «незавершенное образование – это плохо» и «каждый педагог может сам трактовать структуру базовой части обучения». Вариативность по объему и содержанию базовой части привело к полному ее исчезновению при сохранении незавершенности. Ситуация аналогична приведенной выше методике изучения иностранного языка без грамматики. Но результат – значительно хуже, так как касается языка страны проживания. В приведенном выше случае – забывали иностранные слова, а здесь – русскую литературу. На «выходе получались Иваны, не помнящие родства» с потерей «колеи русской культуры». Такое можно сделать лишь умышленно за очень большие деньги и власть. Можно понять тех, кто это делал, и кто заставлял их это делать, но не возможно оправдать всех их никогда.

О переходе «школа – вуз». Говорят, что преподавание естественных наук, таких как физика, биофизика, биология, химия основано на том, что в школе обучают первичным азам, а в институте углублено. Это напоминает сказку: «здесь мы вам расскажем о грибах и ягодах и скажем, что есть такой лес, в котором они растут. В институте же вас поведут в этот лес, и вы сами сможете их собирать». Формально это звучит красиво и верно, а фактически – нет.

В университетах преподают классическую физику – физику модельных представлений, поэтому на поверхку грибы и ягоды оказываются муляжами, расставленными в определенном порядке. Пусть какой-то конкретный человек обнаружил некоторую закономерность и ввел ее в рассмотрение с определенным количеством оговорок. Другие люди, проверяющие его представление, добавляют свои оговорки, и все это даже отдельно взятое нарастает как снежный ком. Многие студенты испытывают огромное разочарование, которое отталкивает их от исследовательской работы. В таком случае преподавание в школах должно быть поставлено на экспериментальную основу: меньше формул, больше эксперимента. Акцент должен быть сделан на физическом моделировании процессов. Но тогда ученики не будут подготовлены к сдаче вступительных экзаменов (тестированию) в вузы.

В таком случае преподавание в школах следует называть подготовкой к вступительным экзаменам. Но в этом случае – совсем трагично. Средний по России уровень школьной подготовки абсолютно не соответствует осредненному уровню тестирования. Этот парадокс на взгляд автора частично разрешается проведением детского тестирования в классах 5-6 физиками и психологами на предмет соответствия

организации мыслительного процесса с дальнейшей рекомендацией распределения учеником по классам. Таких подготовленных тестирующих программ и организаций нет. Такая ниша никому не нужна кроме родителей 11 классов, которые начинают понимать необходимость что-то делать, но уже поздно. Кроме этого у совсем юных людей «дядями и тетями» вырезается большое количество свободных связей в выборе пути. Видится единственный выход из этого тупика – преподавать в форме провокаций учеников на самостоятельные занятия. И лишь в одиннадцатом классе произвести разделение на гуманитариев, естественников и «технарей». Тогда – в двенадцатом классе проходить соответствующий подготовительный курс от начала – до конца. Но где взять столь дифференцированный подбор высококвалифицированных учителей на небольшую зарплату! Самое простое и не дорогое – создать дистанционное образование в последних классах школ. И так вероятно, и сделают. Чтобы потом отменить, так как в это не оплачиваемое государством обучение тут же вмешаются разные проходимцы, оплачиваемые другими странами и религиями. За хорошее образование (как и за армию) государство обязано хорошо платить!

В университетах дается большое количество часов на самостоятельную работу студентов. Но почему этого не делается в школах? Необходимо «с младых ногтей» давать самостоятельное задание и спрашивать выполнение. Каждый должен привыкать к тяжести ответственности. Вероятно, сначала это должно выглядеть в форме зарисовок, сочинений по выбранной дисциплине. Школьник должен сам выбрать то, что ему «по сердцу».

Отдельный вопрос об информатике. На взгляд автора такой науки в школах вообще не существует. В школах преподают начальные основы компьютерной грамотности и начальных операторских действий. Информатика – это инструментальный язык всех наук и часть математики (теории вероятности). В университетах обязательно надо ее преподавать, но не включать ее в приемные экзамены.

ABOUT A STEADY MAN-MADE EDUCATION SYSTEM IN RUSSIA AT THE BEGINNING OF 21 C

A.A. Kuznetsov

The Vladimir state university of a name of Alexander Grigor'evicha and Nikolay Grigor'evicha Stoletovyh, Russia

On the basis of forty-year pedagogical experience of the author, past all competition levels in high school from the student and the post-graduate student - up to the professor and the doctor of sciences, steadily usual personal opinion on an education system in new Russia is given. The huge quantity of negative features, including system, in the built education system is given. Positive features it is not revealed. Concrete recommendations and answers to questions are offered: what to do.



СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ВИРТУАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ДЛЯ ЛАБОРАТОРИЙ ФИЗИЧЕСКОГО И БИО-МЕДИЦИНСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Лачина А. А., Немировский Д.Ю., Хорьков К.С., Давыдов Н.Н., Прокошев В.Г.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, lachina.alena@mail.ru

Лазеры ультракоротких импульсов излучения (УКИ) применяются в различных областях науки и техники, при этом современные волоконные лазерные системы относятся к числу наиболее перспективных генераторов излучения. Они обладают рядом отличительных особенностей, обусловленных спецификой конструкторских решений и уникальностью характеристик формируемого излучения. В настоящее время подобные системы обеспечивают генерацию импульсов излучения длительностью до 100 фс, при этом нет необходимости применения специализированных средств охлаждения и систем накачки. Так, например, в качестве источника энергии накачки в этом случае применяется лазерный диод, и излучение распространяется по оптическому волокну. Существенно упрощен режим пассивной синхронизации мод по сравнению с другими типами лазерных комплексов путем экспериментального подбора длины оптического волокна, а быстрая модуляция потерь достигается за счет нелинейного вращения эллипса поляризации. Волоконные лазерные системы характеризуются высокой надежностью, компактностью габаритов и сравнительно низкой ценой, что и предопределяет их широкое применение при выполнении лабораторных научных исследований.

Прежде чем приступить к рассмотрению принципов работы волоконных лазерных систем четвертого поколения, подлежащих виртуальному моделированию, рассмотрим основные нелинейно-оптические эффекты, которые возникают при распространении лазерных импульсов излучения по оптическому волокну.

Важную роль при формировании фемтосекундного цуга импульсов играет дисперсия групповых скоростей. Дисперсионные эффекты высших порядков приводят к «расплыванию» УКИ при их распространении в резонаторе, при этом уровень дисперсии предопределяется зависимостью показателя преломления среды (материала) от частоты колебаний, и материал, в котором наблюдается дисперсия, относится к дисперсионным средам. Так как при прохождении излучения, характеризующегося спектром частот ω , сквозь слой прозрачной дисперсионной среды составляющие импульса излучения распространяются

с различными скоростями форма импульса искажается и наблюдается «расплывание» огибающей группы волн, при этом кривая дисперсии описывается дисперсионным уравнением (1):

$$k(\omega) = \omega n(\omega) / c. \quad (1)$$

Данное уравнение характеризует зависимость волнового числа n от частоты ω [1, с. 140]. Не имея решения уравнения (1) в явном виде, возможна запись его разложение в ряд Тейлора по степеням частоты ω в окрестности точки ω_0 в виде выражения (2):

$$k(\omega) = k_0 + k_1(\omega - \omega_0) + 1/2k_2(\omega - \omega_0)^2 + \dots, \quad (2)$$

где $k_i = (d^i/d\omega^i)|_{\omega=\omega_0}$, при этом число членов разложения в ряд зависит от условий решения задачи, ширины спектра импульса излучения и длины оптического волокна, в котором распространяется излучение.

При распространении УКИ в материальных средах необходимо учитывать дисперсию второго порядка. В этом случае следует учесть, что групповая скорость предопределяется зависимостью от частоты, то есть имеет место дисперсия групповых скоростей (ДГС), и лазерное излучение ультракороткой длительности [2, с. 320] при наличии ДГС «расплывается» (3):

$$\text{ДГС} = (d^2 n / d\omega^2) = [d(1/\gamma_{\text{р}}) / d\omega]. \quad (3)$$

Указанное свойство лазерных систем фемтосекундного диапазона излучения предопределяет необходимость принятия мер по компенсации ДГС, в том числе, по компенсации дисперсии более высоких порядков. Для осуществления подобной операции могут использоваться устройства (являющиеся по сути компрессорами) на основе призм, дифракционных решеток, а также чирпирующих зеркал. Однако область их применения ограничена лазерами на объемных элементах или «non-all-fiber» волоконными лазерами.

При разработке конструкции волоконных лазерных систем по кольцевой схеме компенсация ДГС осуществляется иначе. Ее суть заключается в том, что применяются оптические волокна с нормальной отрицательной ($\frac{dV_{\text{ph}}}{d\omega} < 0$) и аномальной положительной ($\frac{dV_{\text{ph}}}{d\omega} > 0$) дисперсией, и компенсация параметра дисперсии производится непосредственным подбором длины волокон.

Для описания распространения УКИ в оптических волокнах используют так называемое обобщенное нелинейное уравнение Шрёдингера (4) [3, с. 112]:

$$\frac{\partial A}{\partial z} + \frac{\alpha}{2} A + \frac{i}{2} \beta_2 \frac{\partial^2 A}{\partial T^2} - \frac{1}{6} \beta_3 \frac{\partial^3 A}{\partial T^3} = i\gamma \left[|A|^2 A + \frac{2i}{\omega_0 T} \frac{\partial}{\partial T} (|A|^2 A) - T_R A \frac{\partial |A|^2}{\partial T} \right]. \quad (4)$$

Данное уравнение правомерно вплоть до длительности импульсов 10 фс. В случае более продолжительной длительности импульсов, а именно $\tau_{\text{им}} \geq 100 \text{ фс}$, справедливо более простое уравнение (5):

$$i \frac{\partial A}{\partial z} = -i \frac{\alpha}{2} A + \frac{1}{2} \beta_2 \frac{\partial^2 A}{\partial T^2} - \gamma |A|^2 A, \quad (5)$$

где Z - координата вдоль направления распространения; T - время; A - амплитуда огибающей поля световой волны, $A = f(z, T)$; α - коэффициент линейного поглощения; β_i - коэффициенты дисперсии; γ - коэффициент нелинейности; ω_0 - несущая частота оптического сигнала.

Уравнение (5) представляет более определенный интерес для решаемой авторами задачи, так как длительность импульсов в волоконных осцилляторах обычно превосходит указанную пороговую величину.

При разработке средств информационно-технического обеспечения исследований в среде «Matlab» авторами подготовлены программы, реализующие алгоритм SSFM, и проведены модельные расчеты. Файл «ssprop.m» содержит функцию, реализующую решение уравнения (5) методом SSFM по алгоритму, изложенному в [3, с. 254] для параметров, заданных в m-скриптах, лежащих в папке «examples». Папка «tools» содержит служебные функции, описывающие форму распространяющегося импульса (гауссову и гиперсекансовую), а также функцию «wspace» для отображения частотного спектра. Тексты всех скриптов и функций даны в таблице.

Скрипт GDV демонстрирует дисперсионное расплывание спектрально-ограниченного гауссова импульса при его распространении по длине волокна при учёте члена второго порядка (ДГС) (рисунок 1).

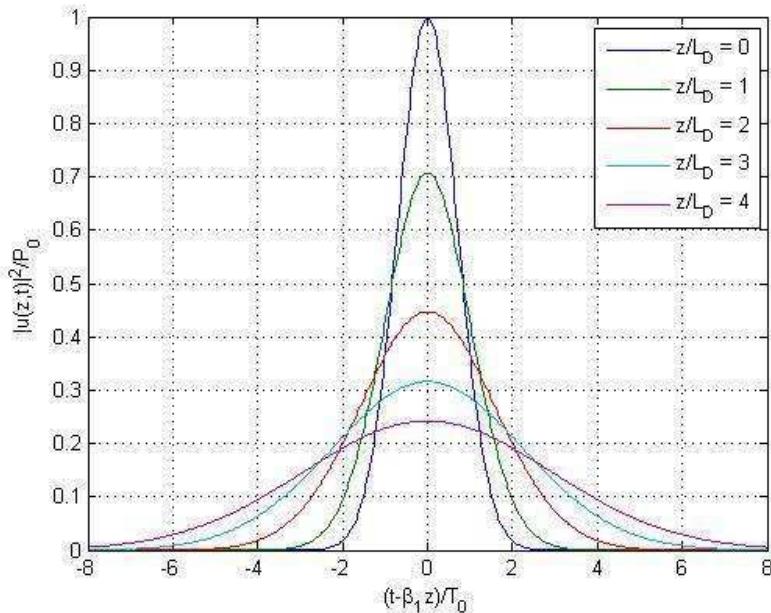


Рисунок 1 - Дисперсионное расплывание гауссова импульса в волокне

Детальная схема волоконного лазера приведена на рисунке 2. Резонатор лазера состоит из следующих конструктивных элементов:

- активная среда – волоконный световод, легированный ионами Er^{3+} ;
- модуль накачки на базе лазерного диода. Его излучение поступает в резонатор через WDM ответвитель. Ответвитель это устройство, предназначенное для разделения оптического излучения на определенной длине волны с заданным коэффициентом деления;
- контроллер поляризации обеспечивает становление синхронизированного излучения. Это устройство вносит вклад в осуществление пассивной синхронизации. Он заключается в том, что при повороте ручки поляризатора в оптическом волокне возникают механические напряжения, которые приводят к фазовой самомодуляции. Благодаря этому наблюдается вращение эллипса поляризации и становится возможна пассивная синхронизация мод;
- фарадеевский изолятор-поляризатор поворачивает плоскость поляризации в среде с магнитным полем. Обеспечивает однородность распространения излучения в резонаторе, при этом поляризатор вносит вклад в осуществление ПСМ;
- пассивное одномодовое волокно SMF-28 служит для компенсации ДГС активного волокна.
-

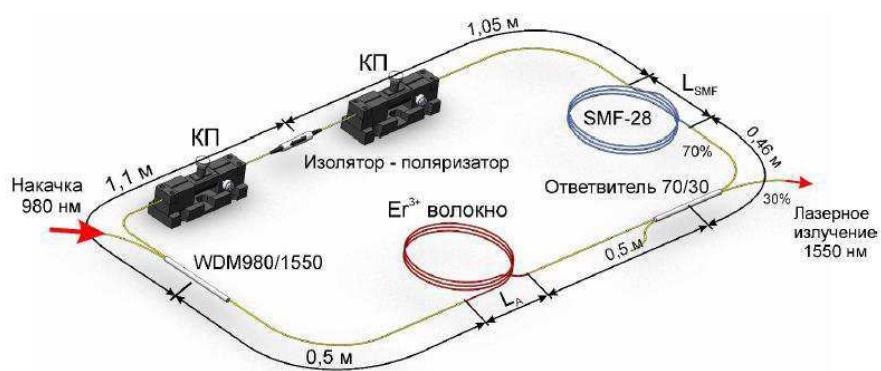


Рисунок 2 - Схема кольцевого волоконного эрбийового лазера с пассивной синхронизацией мод [2]

В резонаторе осуществляется генерация лазерного излучения, построенная на пассивной синхронизации мод. Роль модулятора выполняет участок, содержащий контроллеры поляризации в совокупности с оптическим изоляторм. Отличительной особенностью подобного схемотехнического решения является тот факт, что схема допускает функционирование в двух принципиально различных режимах, обеспечивая, тем не менее, генерацию фемтосекундных импульсов излучения на выходе [4, с. 61].

Авторами выполнены исследования возможности применения в обучающих комплексах достижений виртуальных технологий, основанных на средствах «Unreal Engine 4 (UE4)». Разработан и опробован

информационно-программный комплекс виртуализации средств технического оснащения оборудования и виртуального обучения персонала лабораторий физического и био-медицинского исследования.

Процесс генерации излучения в волоконной лазерной системе воспроизведен в среде виртуальной реальности. С помощью данного приложения можно осуществить детальное рассмотрение элементов волоконной лазерной системы, дистанционно выполнить запуск волоконного лазера и воспроизвести генерацию фемтосекундных лазерных импульсов. Интерактивное взаимодействие пользователя с системой осуществляется с помощью стилусов оператора или технологии захвата рук. Выбор того или иного способа взаимодействия зависит от предпочтений пользователя. Система аппаратно-программного комплекса формирует проекцию видеопотока на сетчатку глаз оператора через систему оптических линз. При этом оператор гарантированно получает неискаженную видеонформацию о внешнем виде всех приборов, показаниях датчиков, информацию о происходящих процессах внутри установки. Формируемая картина отличается высокой четкостью, точностью и реалистичностью [5].

Практическая эксплуатация разработанных средств информационно-технического обеспечения подтвердила эффективность виртуального обучения персонала при освоении фемтосекундных волоконных лазерных комплексов и приобретении профессиональных навыков работы на современном научно-исследовательском оборудовании. Процедура тренинга операторов способствует активизации процесса запоминания изучаемого учебного материала с помощью VR-технологий, при этом результативность процесса обучения сопоставима с проведением практических занятий в специализированных производственных цехах, оснащенных перспективными промышленными лазерными комплексами.

Таблица 2 – Фрагмент исходного кода

Листинг программы для реализации алгоритма SSFM
<pre> function u1 = ssprop(u0,dt,dz,nz,alpha,betap,gamma,maxiter,tol) if (nargin<9) tol = 1e-5; end if (nargin<8) maxiter = 10; end nt = length(u0); w = 2*pi*[(0:nt/2-1),(-nt/2:-1)]/(dt*nt); halfstep = -alpha/2; for ii = 0:length(betap)-1; halfstep = halfstep + 1i*betap(ii+1)*(w).^ii/factorial(ii);%modified by wxj end halfstep = exp(halfstep*dz/2); u1 = u0; ufft = ifft(u0)*nt; for iz = 1:nz, uhalf = fft(halfstep.*ufft)/nt; for ii = 1:maxiter, uv = uhalf.* exp(1i*gamma*(abs(u1).^2 + abs(u0).^2)*dz/2); uv = ifft(uv)*nt; ufft = halfstep.*uv; uv = fft(ufft)/nt; % if (norm(uv-u1,2)/norm(u1,2) < tol) u1 = uv; break; else u1 = uv; end end if (ii == maxiter) warning('progr:Nneg','Failed to converge to %f in %d iterations',... tol,maxiter); end u0 = u1; end end </pre>

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант № 16-08-01226), а также Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере "У.М.Н.И.К" (договоры №11606ГУ/2017 и №11545ГУ/2017).

Библиографический список

1. Летохов В.С. Теоретическая модель формирования УКИ в лазерах с пассивной синхронизацией мод //Успехи Физических Наук. – 1968. - №55. – С. 1077.
2. Agrawal A. Nonlinear Fiber Optics - Academic Press, 2013. - ISBN:9780123973078 – 627 р.
3. Хирд Г. Измерение лазерных параметров (экспериментальные методы оптической квантовой электроники). - М.: «Мир», 2009.- 367 с.
4. Бородкин А.А. Волоконные иттербийевые лазеры сверхкоротких импульсов на основе углеродных нанотрубок: Дис. к-та физ.-мат. наук. – М., 2015. – 140 с.
5. Немировский, Д.Ю., Россолов, Р.А., Давыдов, Н.Н. Автономные средства наблюдения и отображения информационных видеопотоков в 3D пространстве // Перспективные технологии в средствах передачи информации: Материалы 12-й международной научно-технической конференции / Владим. гос. университет; в 2-х томах; редкол. А.Г. Самойлов (и др.). – Владимир: ВлГУ, 2017, том 1. – 240 с. – с. 88-91.

MEANS OF INFORMATION - TECHNICAL SUPPORT AND VIRTUAL TRAINING OF PERSONNEL FOR LABORATORIES OF PHYSICAL AND BIO-MEDICAL RESEARCH

Lachina A.A, Nemirovskiy D.Y, Khorkov K.S, Davydov N.N, Prokoshev V.G.
Vladimir state University named Alexander G. and Nicholas G. Stoletovs, lachina.alena@mail.ru

Considered the principles of functioning of fourth-generation fiber laser systems and the main nonlinear-optical effects arising during the propagation of ultrashort radiation pulses along an optical fiber. Shown the possibilities of using the achievements of virtual technologies in educational equipment using the example of Unreal Engine 4 (UE4). Offered an information and software complex for virtualization of technical equipment and virtual personnel training in laboratories for physical and biological medical research.



КОМПЕТЕНТНОСТНЫЙ ПОДХОД ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОСНОВНЫХ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ БАКАЛАВРИАТА С УЧЕТОМ ТРЕБОВАНИЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ

Дмитриев В. Б., Шумарин С.В.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», kafbmi@mail.ru

С момента подписания Российской Болонской декларации (1999 г.) ведётся непрерывное совершенствование системы образования, образовательных стандартов и программ. За прошедшее время сменилось три поколения образовательных стандартов. Внедряемые в настоящее время федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО) ФГОС ВО 3++ являются логическим развитием ФГОС ВО 3+ и, одновременно с этим, платформой для апробации новых идей стандартов четвёртого поколения.

Планируемые к внедрению стандарты ФГОС ВО 3++ с одной стороны продолжают развитие компетентностного подхода, заложенного в стандартах предшествующих поколений, а с другой стороны – имеют существенные отличия. При их разработке реализовано Поручение Президента РФ об обязательном учёте положений профессиональных стандартов при формировании федеральных государственных образовательных стандартов профессионального образования (Пр-3050 от 26.12.2013 г.). Сопряжение ФГОС ВО 3++ и профессиональных стандартов детально рассмотрено в [1].

Ключевыми принципами подхода к разработке и реализации ФГОС ВО 3++ являются [2]:

- проведение актуализации ФГОС ВО 3, а не разработка новых стандартов;
- профессиональные стандарты являются приложением к ФГОС ВО 3++, что позволяет не менять ФГОС при появлении новых профессиональных стандартов;
- ФГОС и примерная основная образовательная программа (ПООП, разрабатывается Федеральным учебно-методическим объединением) – единый комплект нормативно-рекомендательного обеспечения разработки и реализации основной профессиональной образовательной программы (ОПОП, разрабатывается ВУЗом);
- в областях, где нет профессиональных стандартов, профессиональные компетенции ФГОС ВО 3++ формируются исходя из профессионального опыта.

В настоящее время представлены проекты ПООП по ряду направлений, что даёт возможность приступить к предварительной разработке ОПОП. При разработке ОПОП необходимо учитывать, что утверждённые в настоящее время профессиональные стандарты не в полной мере соответствуют потребностям профильных предприятий.

В качестве примера рассмотрим формирование перечня компетенций при разработке ОПОП одного из направлений подготовки бакалавров во Владимирском государственном университете (ВлГУ). Кафедра «Биомедицинские и электронные средства и технологии» обеспечивает подготовку бакалавров по трём направлениям: 12.03.04 – «Биотехнические системы и технологии», 12.03.01 – «Приборостроение» и 11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств».

В проекте ПООП направления 11.03.03 сформирован перечень универсальных и общепрофессиональных компетенций, которые в соответствии с требованиями ФГОС ВО 3++, должны быть полностью перенесены в ОПОП. Рекомендуемые ПООП профессиональные компетенции могут быть перенесены в ОПОП частично и дополнены с учётом специфических потребностей предприятий отрасли.

Выпускники ВлГУ преимущественно работают на предприятиях своего региона, Подмосковья и ближайших областей. Типичными видами профессиональной деятельности для них являются: проектно-конструкторская, производственно-технологическая, научно-исследовательская и в ряде случаев, организационно-управленческая и монтажно-наладочная. В проекте ПООП на основе профессиональных стандартов по этим видам деятельности предложены следующие компетенции:

- ПК-1. Способность строить простейшие физические и математические модели схем, конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения, а также использовать стандартные программные средства их компьютерного моделирования;
- ПК-2. Способность аргументировано выбирать и реализовывать на практике эффективную методику экспериментального исследования параметров и характеристик конструкций и технологических процессов электронных средств различного функционального назначения;
- ПК-3. Способность выполнять расчёт и проектирование электронных приборов, схем и устройств различного функционального назначения в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования;
- ПК-4. Способность осуществлять контроль соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам;
- ПК-5. Способность выполнять работы по технологической подготовке производства электронных средств;
- ПК-6. Способность организовывать метрологическое обеспечение производства электронных средств;
- ПК-7. Готовность участвовать в разработке организационно-технической документации (графиков работ, инструкций, планов, смет), установленной отчётности по утверждённым формам;
- ПК-8. Способность организовывать работу малых групп исполнителей;
- ПК-9. Способность налаживать, испытывать, проверять работоспособность измерительного, диагностического, технологического оборудования, используемого для решения различных научно-технических, технологических и производственных задач в области электронных средств;
- ПК-10. Способность осуществлять монтаж, испытания и сдачу в эксплуатацию опытных образцов изделий электронной техники.

В проекте ПООП указаны также компетенции, необходимые при сервисно-наладочной деятельности, однако этот вид деятельности не характерен для выпускников кафедры, поэтому при формировании ОПОП соответствующие компетенции исключены. В то же время, значительное место в работе выпускников данного направления занимает разработка печатных плат различного уровня сложности, проектирование СВЧ-устройств и устройств на базе микроконтроллеров и ПЛИС, обоснование выбора материалов и электронных компонентов, прогнозирование и обеспечение надёжности электронных средств в различных условиях эксплуатации, а также разработка технологических процессов производства электронных средств.

Перечисленные виды трудовой деятельности характерны для радиотехнической предприятий региона и включены в рекомендованные ПООП профессиональные стандарты [5-8], как составные части, трудовых функций и задач профессиональной деятельности. Анализ этих задач позволяет сформулировать дополнительный список профессиональных компетенций, определяемых ВУЗом самостоятельно:

- ПК-11. Готовность учитывать физико-химические свойства материалов, применяемых при проектировании и производстве электронных средств;
- ПК-12. Способность выбирать электронные компоненты с учётом требований технического задания на проектируемое изделие;
- ПК-13. Способность к разработке конструкций и корректировке программной и конструкторской документации на электронные средства и электронные системы на базе микроконтроллеров, микропроцессоров и ПЛИС;
- ПК-14. Способность выполнять компоновку и трассировку печатных плат с использованием систем автоматизированного проектирования;
- ПК-15. Способность осуществлять прогноз надёжности и использовать конструктивно-технологические методы её повышения в условиях климатических, механических, электромагнитных и радиационных воздействий на проектируемые электронные средства;
- ПК-16. Способность к разработке технологических процессов производства электронных средств.

Включение этих компетенций в ОПОП направления 11.03.03 – «Конструирование и технология электронных средств» и их реализация в учебном процессе позволит обеспечить качественную подготовку

специалистов – проектировщиков-конструкторов-технологов электронных средств, умеющих решать все виды задач профессиональной деятельности, характерные для радиотехнических предприятий региона.

Библиографический список

1. Особенности проектирования примерных образовательных программ высшего образования на основе ФГОС 3++, Пилипенко С.А., заместитель директора Департамента государственной политики в сфере высшего образования Минобрнауки России. <http://fgosvo.ru/uploadfiles/presentations/15.11.2017/pilip.pdf>.
2. О приоритетах развития высшего образования и задачах фумо. В.С. Тимонин. Санкт-Петербург, 2016 г. http://fgosvo.ru/uploadfiles/FUMO/110000/Meeting_13122016.pdf.
3. ФГОС ВО (3++). 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств.
4. Проект ПОП. 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств.
5. Профессиональный стандарт. 25.027 – «Специалист по разработке аппаратуры бортовых космических систем».
6. Профессиональный стандарт. 25.036 – «Специалист по электронике бортовых комплексов управления».
7. Профессиональный стандарт. 25.043 – «Инженер-технолог по сборке и монтажу приборов и кабелей в ракетно-космической промышленности».
8. Профессиональный стандарт. 29.006 – «Специалист по проектированию систем в корпусе».

COMPETENCY APPROACH TO DEVELOPMENT OF MAJOR PROFESSIONAL EDUCATIONAL PROGRAMS OF BACHELORATE WITH THE REQUIREMENT OF PROFESSIONAL STANDARDS

Dmitriev V. B., Shumarin S. V.

Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov", kafbmi@mail.ru

The problems of transition to higher education standards of the 3++ generation are considered. On the example of one of the directions of the department "Biomedical and electronic means and technologies" educational and professional standards are analyzed. Executed competencies are chosen from the recommended basic educational program of competencies, taking into account the specifics of the industry enterprises, additional professional competencies are proposed and formulated.



СЕКЦИЯ 7

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ДИАГНОСТИКИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ

МОДИФИКАЦИЯ ПРОЦЕДУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ ТИПОВ АВТОМОБИЛЕЙ ДЛЯ СИСТЕМ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТА

Архипов Е.А., Архипов И.Е.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых", Arxipov.evg@yandex.ru

В работах [1,2] показана актуальность исследований в области разработки методов идентификации автотранспортных средств на базе применения сигнатурного признака распознавания. Добавление помимо сигнатуры границы нового признака позволило бы увеличить точность работы программы. Таким признаком может быть расстояние между фарами автомобиля, так как «горящие» фары легко обнаружить на изображении. Так как изображение фар автомобиля намного ярче всего остального изображения, то их легко обнаружить простой пороговой обработкой (рисунок 4.12), которая заключается в удалении пикселей, значение яркости которых не превышает заданного порога.

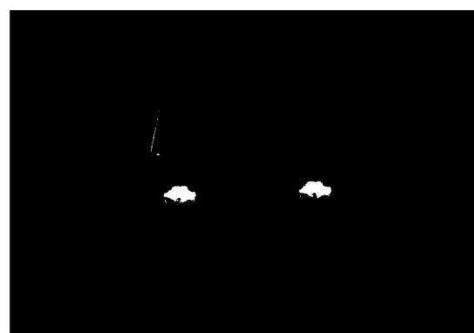


Рисунок 1 – Обнаружение фар автомобиля

Далее следует применить морфологическое размыкание для удаления лишних деталей, затем произвести оконтуривание. В результате чего получится две границы (рисунок 2).



Рисунок 2 – Результат оконтурирования фар

Координаты центроида этих границ ищутся по формулам 1,2:

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad (1)$$

$$y_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i. \quad (2)$$

Затем вычитанием по координате x можно получить расстояние между фарами в пикселях. Результат будет зависеть от типа используемого видеодетектора транспортного средства. Если в системе мониторинга при регистрации автомобилей используется детектор, срабатывающий, при заполнении объектом определенной площади кадра, то такой признак, как расстояние между фарами, будет определять грузовой или легковой транспорт. Как видно из рисунка 3 при одинаковой площади в кадре расстояние между фарами легкового автомобиля несколько больше.



Рисунок 3 – Одинаковое заполнение кадра легковым и грузовым автомобилями

Например, для изображений на рисунке 3 расстояния между фарами, найденные по данному алгоритму, равны $x = 256$ пикселей для грузового и $x= 281$ пиксель для легкового.

Однако в системе регистрации может применяться детектор, например на радиолокационном принципе действия, который срабатывает, когда автомобиль находится от него на заданном расстоянии (рисунок 4).



Рисунок 4 – Автомобили, снятые на одинаковом расстоянии от камеры

В этом случае расстояние между фарами грузового автомобиля больше чем у легкового.

Для обеспечения инвариантности к виду используемого детектора возможна модификация предложенного алгоритма. Пронормировав расстояние между фар к периметру P , получим безразмерную величину, не зависящую от способа получения изображения.

$$K=x/P.$$

Этот параметр, меньший единицы позволит исправить ошибки связанные со слиянием границ объекта и фона. В результате экспериментальных исследований было выяснено, что алгоритм распознавания на основе признака – расстояния между фарами автомобилей дал правильный результат в 70 процентах опытов. Связана такая точность, в первую очередь, с тем, что в 9 опытах из 40 фары автомобилей были не включены, или горели слишком тускло. В одном случае не горела одна фара, в остальных – ошибка вызвана тем, что микроавтобус с точки зрения данного признака сложно отличить от грузового автомобиля.

Библиографический список

1. Архипов И.Е. ,Архипов С.Е. ,Никитин О.Р. Идентификация транспортных средств//Методы и устройства передачи и обработки информации.-2011.-№13.-С13-18.
2. Архипов И.Е., Архипов С.Е., Никитин О.Р. Идентификация транспортных средств//Методы и устройства передачи и обработки информации.-2011.-№13.-С13-18.
3. Архипов И.Е., Архипов Е.А., Никитин О.Р. Моделирование процедур автоматического распознавания типов автомобилей для систем экологического мониторинга движения транспорта.- Физика и

MODIFICATION OF THE PROCEDURE OF AUTOMATIC RECOGNITION OF TYPES OF CARS FOR
THE SYSTEMS OF ENVIRONMENTAL MONITORING OF THE MOVEMENT

Arkhipov E.A ,Arkhipov I.E.

The Vladimir state university, Arxipov.evg@yandex.ru

In this paper discusses the option of modification of the main procedures of processing of images of vehicles for recognition of their type for the system of ecological monitoring of the motor transport. The simulation of the system within MATLAB translation.



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОЧНОСТИ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ РАСПОЗНАВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

Архипов Е.А., Архипов И.Е.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых", Arxipov.evg@yandex.ru

Для оценки точности работы методики автоматического распознавания типов автомобилей для систем экологического мониторинга движения транспорта, рассмотренной в [1,2,3], предлагается использовать понятие квантильных оценок погрешности [4] , т.е. значений погрешности с заданной доверительной вероятностью P_d , как границ интервала неопределенности, на протяжении которого встречается P_d процентов всех значений погрешности, $(1- P_d)$ процентов общего числа их значений остаются за границами этого интервала.

В теории и практике оценки надежности средств автоматики, электронной и измерительной техники общепринятая доверительная вероятность равна 0.9. Удобней всего доверительную погрешность снабжать индексом, численно равным принятой доверительной вероятности, т.е. писать, например $\Delta^{0.90}$ при $P_d = 0.9$, $\Delta^{0.95}$ при $P_d = 0.95$.

Доверительная погрешность обладает тем уникальным свойством, что для широкого класса наиболее употребительных законов распределения вероятностей только она имеет однозначное соотношение со среднеквадратическим отклонением в виде $\Delta^{0.9} = 1.6\sigma$ вне зависимости от вида распределения. Поэтому при отсутствии данных о виде закона распределения для определения двусторонней доверительной вероятности предписывал использование только $P_d=0.9$. Практическое определение Δ_d сводится к тому, что из всех полученных отсчётов отбрасываются наиболее удаленные от центра, а следовательно, самые ненадёжные отсчёты. Если при переменной N (количество измерений) отбрасывается постоянная относительная доля всех отсчётов, то определяемое по крайним членам оставшегося вариационного ряда значение Δ_d , в отличии от Δ_m , с ростом длины N серии отсчётов не возрастает, а стабилизируется и оказывает тем более устойчивым, чем больше объём выработки N , не уступая по простоте определения "максимальному" значению Δ_m . При этом следует иметь в виду, что по ограниченным экспериментальным данным мы получаем не точные доверительные значения, а лишь их приближённые значения - оценки. Достоверность квантильных оценок резко повышается с понижением значений P_d , а при постоянном P_d - с ростом числа отсчётов N . Поэтому квантильные оценки с большими доверительными вероятностями могут быть найдены только при большом числе отсчётов.

Располагая рядом из n отсчётов и отбрасывая с каждого из концов ряда по $N_{отб}$ отсчётов, можно определить с доверительной вероятностью, не большей, чем $P_d \leq (N-1) / (N+1)$. Отсюда число отсчётов N , необходимое для определения по экспериментальным данным с заданной вероятностью P_d , будет не меньшим, чем $N \geq (1+P_d+2N_{отб}) / (1-P_d) \approx [2(1+N_{отб})] / (1-P_d)$. Для различных значений P_d и $N_{отб} = 1$ приведено ниже:

P_d	0.8	0.9	0.95	0.98	0.99	0.995	0.997
N	20	40	80	200	400	800	1333

Таким образом, по экспериментальным данным легко определить значение Δ_d лишь с доверительной вероятностью $P_d \geq 0.95$ ($N = 80$), а определение $\Delta^{0.99}$ или $\Delta^{0.997}$ практически трудноосуществимо (нужно $N > 400-1333$).

Для определения точности работы программы путем фотосъёмки было получено 40 фотографий одного и того же участка автодороги, с движущимися по нему автомобилями, таким образом, чтобы в кадре присутствовало только одно транспортное средство.

Следует отметить одну особенность работы программы. При обработке фотографии, например с легковым автомобилем (рисунок 1-а), из-за помех может произойти ошибка в получении границы и далее

сигнатуры. Но так как эта область будет близка по форме к форме легкового автомобиля (рисунок 1-б), то программа классифицирует этот объект как легковой. Таким образом, произойдет случайное угадывание класса автомобиля.



а

б

Рисунок 1 – Изображение автомобиля (а), ошибочно сегментированная область, которая признается легковым автомобилем (б)

В ходе эксперимента было выяснено, что из 40 фотографий 3 фотографии классифицированы ошибочно, и одна случайно классифицирована верно, что также считается неправильным срабатыванием программы. Таким образом, правильно проанализированных изображений оказалось 36, что соответствует точности в 90 %.

Неправильное классифицирование связано с тем, что пропорции некоторых легковых автомобилей таковы, что сигнатуры их границ ближе к классу грузовых (рисунок 2).



Рисунок 2 – Легковые автомобили, имеющие пропорции грузовых

Также ошибка при распознавании может произойти по причине того, что цвет автомобиля близок к цвету фона, и при этом важные перепады яркости, отвечающие за границу автомобиля, не фиксируются при оконтуривании (рисунок 3).

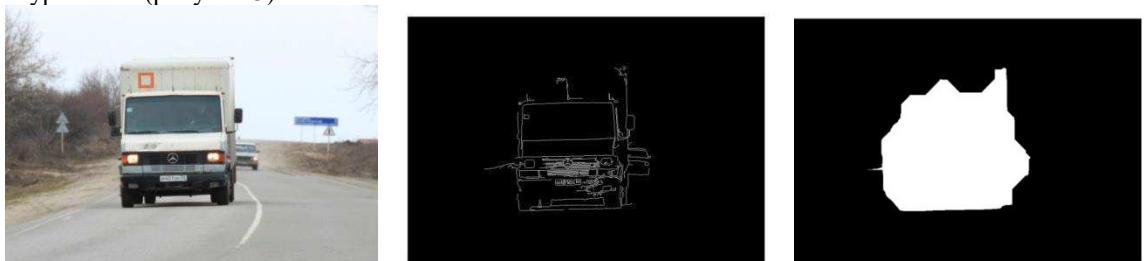


Рисунок 3 – Сливание границ объекта с фоном

Как было сказано выше, сигнтура есть описание границы объекта с помощью одномерной функции, в данном случае это зависимость расстояния от центроида до границы объекта в виде функции угла .

Координаты центроида ищутся следующим образом:

$$x_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \quad y_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i.$$

где: n – число точек границы.

В ходе эксперимента полученные по приведенным формулам координаты искусственно искажаются добавкой дельта с тем, чтобы проследить искомую зависимость (рисунок 4).

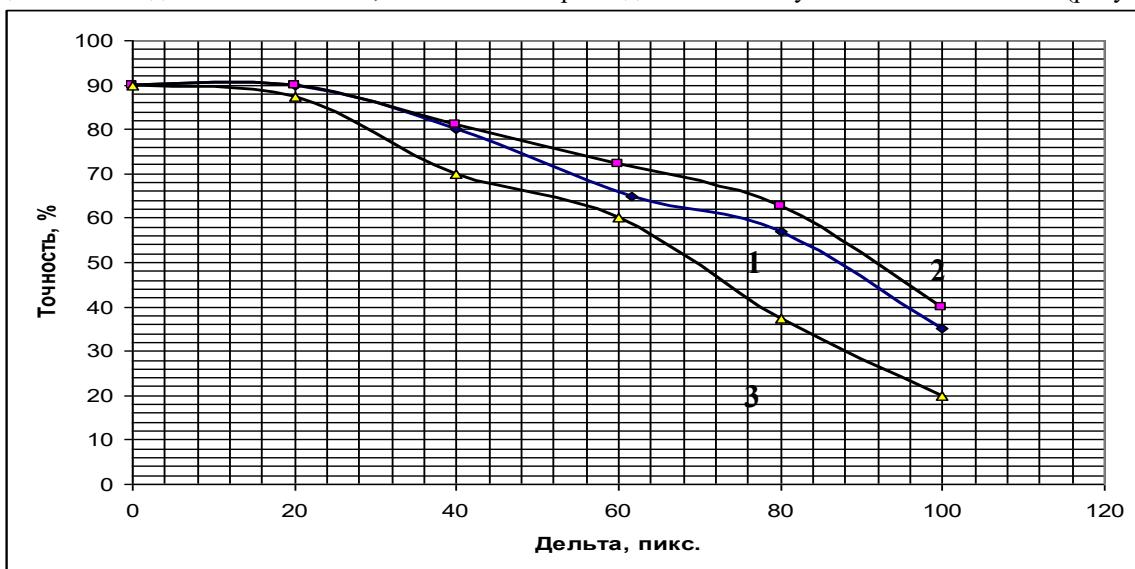


Рисунок 4 – Кривая 1- зависимость точности от сдвига по x, кривая 2- зависимость точности от сдвига по y, кривая 3 - зависимость точности от сдвига одновременно по x и y

Из полученных зависимостей следует, что определение координат центроида достаточно сильно влияет на точность работы программы. В свою очередь точность определения координат центроида зависит от «грубоści» морфологической обработки, так как при этом появляются большие «выбросы» пикселей переднего плана за реальную границу объекта. Следовательно, в дальнейшем следует более подробно проработать морфологическую обработку изображения с целью увеличения точности работы программы.

Библиографический список

1. Архипов И.Е., Архипов С.Е., Никитин О.Р. Идентификация транспортных средств // Методы и устройства передачи и обработки информации. -2011.-№13.-С13-18.
2. Архипов И.Е., Архипов С.Е., Никитин О.Р. Идентификация транспортных средств // Методы и устройства передачи и обработки информации. -2011.-№13.-С13-18.
3. Архипов И.Е., Архипов Е.А., Никитин О.Р. Моделирование процедур автоматического распознавания типов автомобилей для систем экологического мониторинга движения транспорта. - Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии Труды 12-й международной научной конференции «ФРЭМЭ'2016» с.242.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. -М.: Высшее образование, 2007.

DETERMINATION OF ACCURACY OF WORK OF THE PROGRAM OF RECOGNITION OF CARS

Arkhipov E.A ,Arkhipov I.E.

The Vladimir state university, Arxipov.evg@yandex.ru

The necessary volume of an experiment at a research of accuracy of work of the program of automatic recognition like the vehicle is found in work. Influence on the accuracy of recognition of shift of coordinates a centrode is defined when finding signature sign.



ИССЛЕДОВАНИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БИОЛОГИЧЕСКИХ СРЕД РЕЗОНАНСНЫМ МЕТОДОМ

Богдан О.П., Муравьева О.В., Злобин Д.В., Волков В.В.

ФГБОУ ВО Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова, pmkk@istu.ru,
Lelik_2005_05@mail.ru, [nedzv@istu.ru](mailto nedzv@istu.ru),

Ультразвуковое излучение широко используется в медицинской диагностике, а также при оценке качества биологических сред, в том числе и продуктов питания (например, молока). Применение

ультразвукового излучения в медицине и других сферах основано на его взаимодействии с биологическими средами (отражение, поглощение, деформация и т.д.) [1]. Для обеспечения достоверности и информативности исследований, - необходимо знать значения физических характеристик биологических сред (плотность, вязкость, скорость звука, коэффициент поглощения, акустический импеданс, упругие модули и др.) в норме и с патологиями. В настоящее время для оценки упругих модулей биологических тканей используют методы эластографии (статическая, динамическая и сдвиговая эластография) [2-4]. Динамический и сдвиговый методы эластографии позволяют количественно оценивать локальный модуль сдвига, в то время как метод статической эластографии, + усредненный по пространству, что приводит к существенным отличиям значений модуля сдвига биологических тканей и не дает полной достоверной его оценки. Для измерения вязкости биологических жидкостей существует метод, использующий затухание нулевой моды волны Лэмба, возбуждаемой в двух тонких пластинах различной толщины, погруженных в исследуемую жидкость [5], при этом в результат измерений может вносить погрешность дисперсия волны, искажая истинную величину вязкости. В связи с этим существует необходимость в разработке новых методов, позволяющих оценивать физические характеристики биологических сред.

Измерение характеристик биологических сред является актуальной, но сложной задачей, т.к. с течением времени, при изменении условий окружающей среды, при патологических изменениях происходит изменение и их акустических параметров. Одной из акустических характеристик, по изменению величины которой можно судить о наличии патологий в биологической среде или о соответствии ее норме, являются акустические продольный Z_l и сдвиговый Z_t импедансы среды, численно равные произведению плотности среды ρ на скорость звука в среде продольной C_l или сдвиговой C_t волны.

Целью работы является экспериментальная оценка акустических импедансов биологических сред резонансным методом, основанном на измерении амплитудно-частотных характеристик пьезопластины, анализе изменения ее параметров в области резонансов при нагружении на различные среды и расчете ее эквивалентной схемы замещения.

Измерение акустического импеданса среды

Блок-схема установки для экспериментальной оценки акустического импеданса среды представлена на рисунке 1а. С генератора через сопротивление развязки R_p подается электрическое напряжение U_g синусоидальной формы на продольную или сдвиговую пьезопластины (в зависимости от того, какой акустический импеданс измеряется - продольный $Z_l = \rho C_l$ или сдвиговый $Z_t = \rho C_t$). Изменяя частоту подаваемого на пьезопластины сигнала, регистрируется амплитудно-частотная характеристика, из которой определяются частоты резонанса f_r и антирезонанса f_a , а также соответствующие им значения минимального U_r и максимального U_a напряжения, используя которые можно оценить акустический импеданс среды (формула (6)), рассчитав параметры схемы замещения (рисунок 1б) (формулы (1)-(3)) свободной пьезопластины и пьезопластины, нагруженной на биологические среды, используя метод электроакустических аналогий [6].

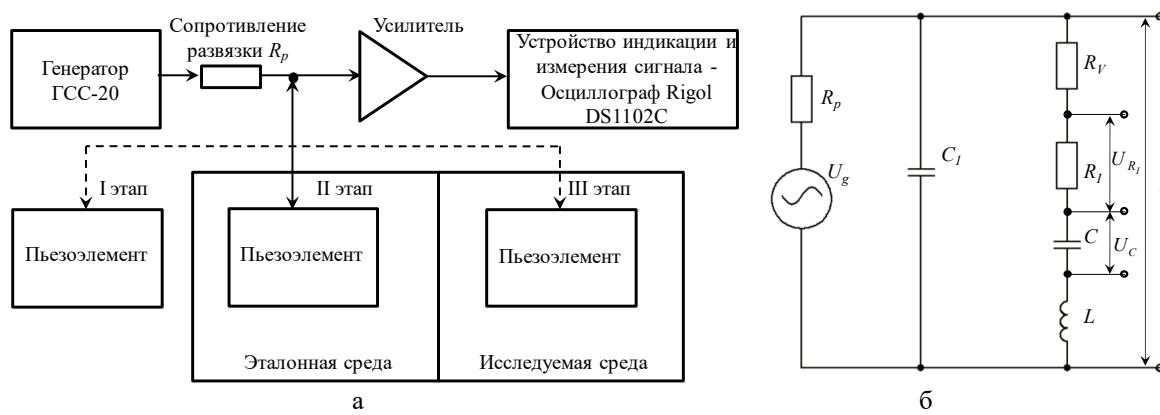


Рисунок 1 – Блок-схема установки для экспериментальной оценки импеданса среды (а) и эквивалентная схема замещения пьезопластины (б)

Измерение акустического импеданса биологической среды происходит в три этапа: I – определение параметров АЧХ ненагруженной (свободной) пьезопластины, колеблющейся в воздухе; II – определение параметров АЧХ той же пьезопластины, погруженной в эталонную среду; III – определение параметров АЧХ той же пьезопластины, погруженной в биологическую среду [7]. Алгоритм процесса оценки акустического импеданса среды резонансным методом представлен на рисунке 2.

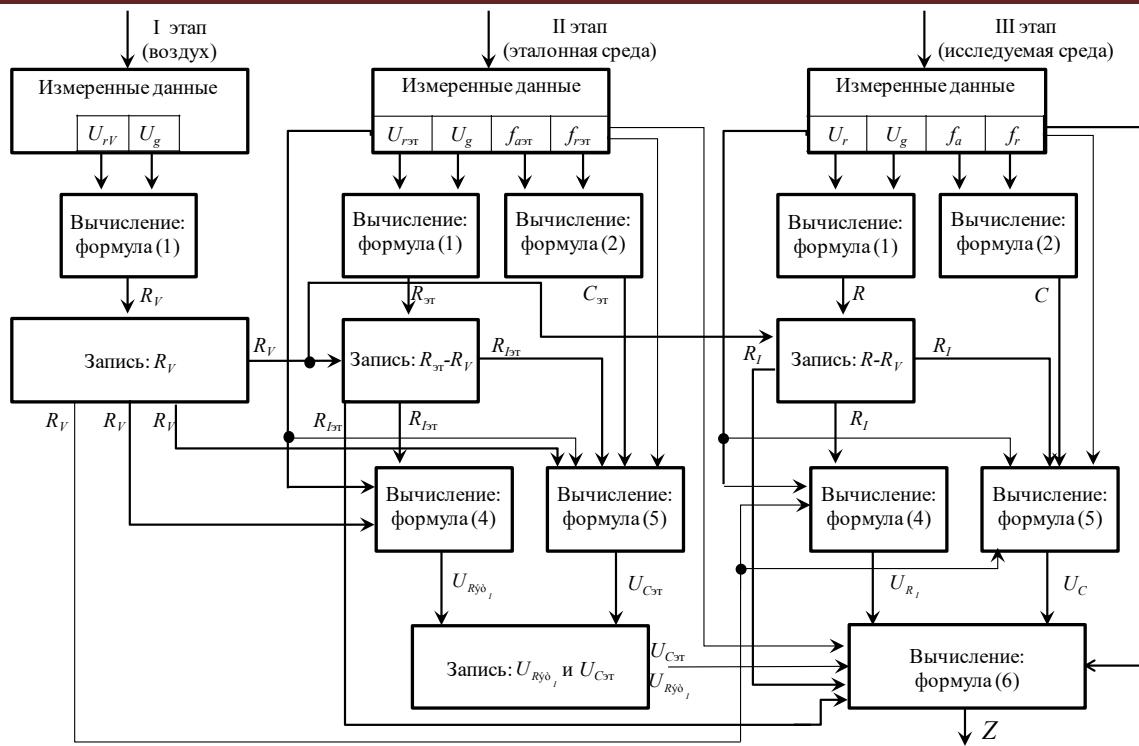


Рисунок 2 – Алгоритм оценки акустического импеданса среды резонансным методом

Эквивалентная схема замещения (рисунок 1б) содержит:

- эквивалентное сопротивление R [6]:

$$R = \frac{R_p}{\frac{U_g}{U_r} - 1}, \quad (1)$$

где U_g – напряжение, подаваемое на пьезоэлемент, R_p – сопротивление развязки.

- эквивалентную емкость C [6]:

$$C = C_1 \left[\left(\frac{f_a}{f_r} \right)^2 - 1 \right], \quad (2)$$

где C_1 – геометрическая емкость пьезопластины, f_r – частота резонанса, f_a – частота антрезонанса.

- эквивалентную индуктивность L [6]:

$$L = \frac{1}{f_r^2 C 4\pi^2}. \quad (3)$$

Падение напряжения на сопротивлении R (рисунок 1б) может быть найдено как:

$$U_{R_I} = \frac{U_r R_I}{R_V + R_I} = \frac{U_r R_I}{R}. \quad (4)$$

Сопротивление R_V , определяет внутренние потери пьезопластины, оно может быть определено как эквивалентный параметр схемы замещения свободной (колеблющейся в воздухе) пьезопластины; полное активное сопротивление R – как эквивалентный параметр схемы замещения пьезопластины, нагруженной на среды; сопротивление R_I , определяющее потери на излучение, находится как разница R и R_V .

Падение напряжения на емкости C (рисунок 1б) может быть найдено по формуле [7]:

$$U_C = \frac{U_r}{(R_V + R_I) 2\pi f C}. \quad (5)$$

Акустический импеданс биологической среды определяется по формуле [7]:

$$Z = \frac{U_{R_I}^2 U_{C3t}^2 Z_{3t} f_{r3t}^2 R_{f3t}}{U_{R_{f3t}}^2 U_C^2 f_r^2 R_I}, \quad (6)$$

где U_C и U_{C3t} – падение напряжения на емкости C при нагрузке пьезоэлемента на исследуемую и эталонную среды (формула (5)), U_{R_I} и $U_{R_{f3t}}$ – падение напряжения на сопротивлении R_I при нагрузке пьезоэлемента на

исследуемую и эталонную среды (формула (4)), f_r и $f_{r\text{эт}}$ – измеренные частоты последовательного резонанса при нагрузке пьезоэлемента на исследуемую и эталонную среды соответственно, $Z_{\text{эт}}$ – акустический импеданс эталонной среды, $R = R - R_V$ и $R_{r\text{эт}} = R_{\text{эт}} - R_V$ – сопротивление излучения для исследуемой и эталонной сред соответственно.

Результаты и обсуждение

Измерены амплитудно-частотные характеристики в биологических средах (печень, молоко различной жирности), с использованием продольной пьезопластины ЦТС-19 размером 20x20x1 мм, емкость $C_1 = 4,7 \text{ нФ}$, напряжение генератора $U_g = 10 \text{ В}$, сопротивление развязки 300 Ом, эталонная среда – вода ($Z_{\text{эт}} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{с}/\text{м}$ при температуре 20°C).

Амплитудно-частотные характеристики молока жирностью 1,5%, 3,2% и 10% представлены на рисунке 3а. Значения параметров эквивалентной схемы замещения пьезопластины (рисунок 1) представлены в таблице 1. Величины продольного акустического импеданса Z_l молока различной жирности, рассчитанная в соответствии с формулой (6) представлены в таблице 2. С увеличением жирности молока наблюдается снижение величины продольного акустического импеданса Z_l . Т.к. молочный жир имеет плотность и скорость звука ниже плотности и скорости звука обезжиренного молока, то увеличение его концентрации ведет к уменьшению общей средней по объему плотности и скорости звука молока, содержащего молочный жир.

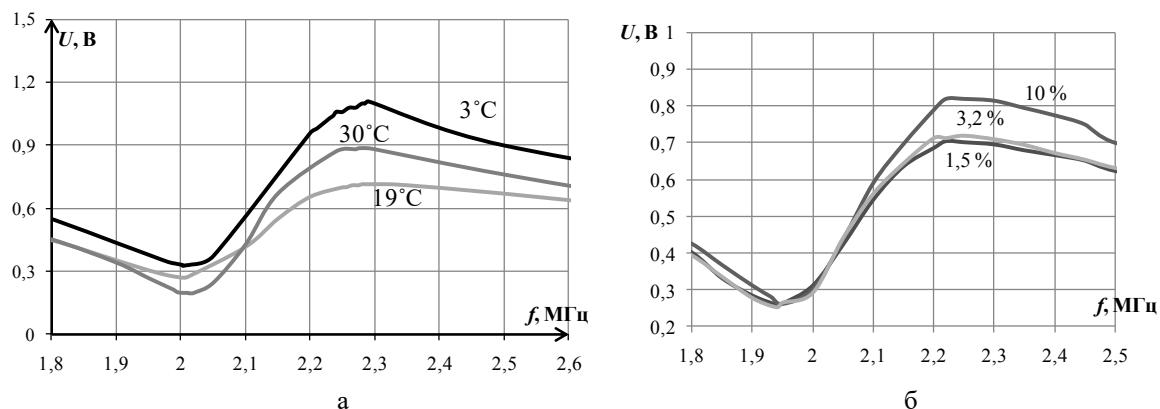


Рисунок 3 – Амплитудно-частотные характеристики свиной печени при различных температурах (а) и молока различной жирности (б)

Таблица 1 Электрические характеристики пьезопластины нагруженной на среды

Среда	f_r , МГц	f_a , МГц	U_r , В	U_a , В	R , Ом	C , нФ	L , мкГн
Воздух	2,010	2,220	0,063	5,750	1,920	0,950	6,480
Вода	1,993	2,212	0,217	2,490	5,850	1,090	5,850
Печень свиная (3°C)	2,003	2,290	0,326	1,110	9,877	1,443	4,374
Печень свиная (19°C)	2,003	2,300	0,269	0,715	7,757	1,470	4,294
Печень свиная (30°C)	2,015	2,282	0,196	0,885	5,079	1,328	4,697
Молоко жирностью 1,5%	1,940	2,220	0,260	0,700	5,910	1,460	4,630
Молоко жирностью 3,2%	1,940	2,220	0,250	0,710	5,770	1,460	4,630
Молоко жирностью 10%	1,950	2,220	0,260	0,820	5,990	1,390	4,790

Таблица 2 Акустический продольный импеданс биологических сред

Печень свиная		Молоко	
Температура	Продольный акустический импеданс Z_l , $10^6 \text{ Па} \cdot \text{с}/\text{м}$	Жирность	Продольный акустический импеданс Z , $10^6 \text{ Па} \cdot \text{с}/\text{м}$
3°C	4,47	1,5%	1,31
19°C	3,62	3,2%	1,29
30°C	1,75	10%	1,21

На рисунке 3а представлены амплитудно-частотные характеристики пьезопластины, нагруженной на печень при различных температурах (3°C , 19°C , 30°C). Из графиков видно, что увеличение температуры печени приводит к снижению ее плотности и, следовательно, к уменьшению напряжения U_r и сдвигу резонансной частоты f_r в сторону больших частот. Это объясняется тем, что с увеличением температуры

снижается сопротивление печени колебаниям пьезопластины, что приводит к снижению значения ее продольного акустического импеданса Z_l (таблица 2). Зависимость скорости звука биологических тканей от температуры носит непредсказуемый и изменчивый характер в зависимости от количества содержания жиров в ней [1]. Случайная погрешность оценки продольного импеданса по результатам 5 измерений составляет не более 2 %.

Аналогичные измерения выполнены для печени температурой 30°C с использованием сдвиговой пьезопластины размером 10x6x1 мм, емкость $C_1=0,96$ нФ, напряжение генератора $U_g=10$ В, сопротивление развязки 300 Ом, эталонная среда – эпоксидная смола ($Z_r=1,59 \cdot 10^6$ Па·с/м при температуре 20°C). Используя методику расчета, получено значение сдвигового акустического импеданса печени равное $Z_l=6,04 \cdot 10^6$ Па·с/м.

Используя формулы связи продольного и сдвигового акустических импедансов среды с ее модулями упругости, представленные в [6, 7] можно получить значение модуля сдвига G , который в свиной печени при температуре 30°C составил $G=34,4$ кПа. Измеренное значение модуля сдвига человека (температура 37°C) с использованием ультразвукового сканера Aixplorer с опцией сдвиговой эластографии составило $G=1,8$ кПа.

Таким образом, разработанные методика и устройство позволяют измерять продольный и сдвиговой акустические импедансы биологических сред *in vitro*. Методика оценки акустического импеданса проста в реализации и может быть воспроизведена с помощью несложного лабораторного оборудования. Оценка акустического импеданса биологических тканей позволит повысить информативность методов ультразвуковой медицинской диагностики за счет возможности исследования и определения упругих модулей здоровых и патологических тканей. Кроме того, данный метод может быть использован для оценки качества продуктов по изменению их акустических импедансов, в частности для определения жирности молока.

Библиографический список

- Хилл К., Бэмбер Дж., тер Хаар Г. Ультразвук в медицине. Физические основы применения: Пер. с англ. – М.: Физматлит. 2008. – 544 с.
- Муравьева О.В., Мурашова Д.С., Мурашов С.А., Богдан О.П. Исследование статической эластографии методом математического моделирования // Медицинская техника. 2014. № 3. С. 31-34.
- Муравьева О.В., Богдан О.П., Мурашова Д.С. Кузнецов Е.П. Методика и устройство оценки сдвиговых модулей мягких тканей с использованием статической эластографии // Вестник Ижевского государственного технического университета. – 2013. - № 4 (60). - С. 106-110.
- Muravieva, O.V., Bogdan O.P., Murashov, S.A., Murashova, D.S. Capabilities of elastography methods in ultrasound diagnostics // Mechanical Engineering, Automation and Control Systems (MEACS), 2014 International Conference on (16-18 Oct. 2014, Tomsk, Russia). Р. 1-6. DOI: 10.1109/MEACS.2014.6986937.
- Чуприн В. А. Контроль жидких сред с применением ультразвуковых нормальных волн. – М.: Издательский дом «Спектр», 2015. – 218 с.
- Бергман Л. Ультразвук и его применение в науке и технике: Пер. с нем. / Под ред. В. С. Григорьева и Л. Д. Розенберга. - Москва: Изд-во иностр. лит., 1957. - 726 с.
- Муравьева О.В., Муравьев В.В., Злобин Д.В., Богдан О.П., Сяктерев В.Н., Волков В.В. Методика и устройство для экспериментальной оценки акустического импеданса вязкоупругих сред // Приборы и методы измерений. 2017, т. 8, №4, с. 314-326.

INVESTIGATION OF ACOUSTIC CHARACTERISTICS OF BIOLOGICAL MEDIA BY RESONANCE METHOD

Bogdan O.P., Murav'eva O.V., Zlobin D.V., Volkov V.V.

Kalashnikov Izhevsk State Technical University, Lelik_2005_05@mail.ru, [nedzv@istu.ru](mailto nedzv@istu.ru), [pmkk@istu.ru](mailto pmkk@istu.ru)

Measuring the characteristics of organic fluids allows us to evaluate their quality, biological tissues – to differentiate healthy tissues and tissues with pathologies. One of the acoustic characteristics is the impedance, which allows one to fully evaluate the characteristics of biological media. The aim of this work were introduced experimental evaluation of the impedance of biological media by resonance method based on measuring of the amplitude-frequency characteristics the piezoelectric element, the analysis of changes of its parameters in the region of the resonances for loading in various environments and calculating of its equivalent circuit.

The paper introduces a methods and construction of the experimental evaluation of the impedances of biological media. The suggested methods is allowed measuring longitudinal and shear impedances and determining velocities of longitudinal and transverse ultrasonic waves and the values of the elastic moduli of biological media, including in various temperatures. The technique is fairly simple to implement and can be reproduced using simple laboratory equipment.

The results of the implementation of the developed technique for the estimation of acoustic impedance for a number of liver in various temperatures and milk of different fat content.

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ СРЕДЫ

Веселов О.В., Светушенко С.Г., Сабуров П.С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых", isida48@mail.ru, svetushenko@mail.ru, saburovpavel@mail.ru

В технической диагностике существует проблема принятия решения на основании разнородных характеристик производственной среды. Поскольку проанализировать объект необходимо за короткий промежуток времени, то целесообразно использовать специализированные системы реального времени, содержащие элементы поддержки принятия решений (СППР).



Рисунок 1 – Потери от дефектов электрооборудования

В качестве области исследований рассмотрим производственный процесс (ПП), в котором возможно возникновение экстремальной ситуации, например, пожар.

Он включает в себя широкий класс объектов самого различного назначения с потенциально возможным источником возникновения пожара.

Пример возникновения пожаров вызванных, например, дефектами электрооборудования на предприятиях и потери от них приведены на рисунке 1 [1].

Существующая сегодня система категорирования по взрывопожарной и пожарной опасности имеет довольно широкое применение. За последние десятилетия в ней появилось такое количество понятий и определений, методов расчета и допущений, что в результате из стройной системы взаимосвязи величин пожарной нагрузки получилась сложная зависимость мероприятий по пожарной безопасности

От категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности зависят его оборудование автоматической установкой пожарной сигнализации (АУПС), автоматической установкой пожаротушения (АУПТ), степень огнестойкости, площадь пожарных отсеков, исполнение оборудования, располагаемого внутри помещений и иное, и как следствие - безопасность людей и сохранность производственного оборудования.

В подавляющем большинстве нормативных документов рассматриваются вопросы по приодалению возникшего пожара с использованием систем извещения и пожаротушения. В меньшей степени рассматриваются вопросы предупреждения подобных явлений, хотя необходимо переходить от процессов управления по параметрам к процессам управления по состоянию. Последнее позволяет оценивать совокупность параметров, оценивающих текущее состояние производственной среды и более эффективно ей управлять и кроме того прогнозировать состояние среды.

Один из путей повышения эффективности оценки производственной среды связан с оперативным обнаружением и локализацией ситуаций, которые могут привести к негативным последствиям в процессе работы.

В связи с этим появляется необходимость проведения диагностических мероприятий для оценки состояния производственной среды, включающая в себя сбор и обработку информации с датчиков контроля среды, ее обработку и принятия решения о дальнейших действиях. При этом необходимо исходить из предположения, что предупреждение надвигающейся угрозы во много эффективней чем устранение ее последствий.

Очевидно, что для качественной диагностики необходимо использовать параметры, несущие максимальный объём информации о процессах, протекающих в том или ином функциональном пространстве производственной среды.

Эти параметры могут претерпевать существенные изменения во времени, зависят от многих составляющих (имеют сложную структуру) и являются в большинстве случаев нелинейно-параметрическими. Таким образом, диагностируемый производственный процесс можно, рассматривать как динамическую систему с нелинейными зависимостями между входными сигналами и сигналами управления оборудованием. Также важно прогнозирование состояния среды и её идентификация с целью минимизации затрат на преодоление возможных потерь.

Контроль состояния среды осуществляется датчиками – тепловыми, дымовыми, пламени, газовыми, комбинированными. Связь между датчика осуществляется либо по эфиру, либо по физическим магистралям. Основным их назначением является информирование о критических ситуациях производственной среды. Однако это не является оптимальной защитой.



Рисунок 2 – Структура диагностируемого процесса

Согласно приведенной выше концепции необходимо предпринимать действия для снижения рисков [2]. В этом случае будем рассматривать производственную среду как автоматическую систему регулирования, где управляющим воздействием является состояние среды, оцениваемое измерительными системами, а исполнительными устройствами – системы вентиляции и кондиционирования, а в случае возникновения пожара, включает системы пожаротушения. Законы управления реализуются в компьютерной системе и представляют собой управление по отклонению на основе методов искусственного интеллекта. Управление построим по иерархическому принципу, в виде трех уровней. Первый уровень будет самым простым. На основе минимального информационного обеспечения устанавливается значительное отклонение любого из параметров, но предпочтительным будет наличие горения, и затем передаются следующему уровню для анализа. На этом уровне устанавливается параметр или группа параметров близкие к критическим величинам или выходящих за границы, при которых процесс перестает быть управляемым (начальная стадия длится примерно десять минут) и потребуются системы ликвидации последствий. Последнее устанавливается на третьем уровне на основе анализа ситуации с использованием алгоритмов построенных на основе нечеткой логики.

Рассмотрим один из алгоритмов управления. Для реализации алгоритма необходимо решить ряд задач. Выбрать тип функции активации, сформировать базу данных для обучения, сформировать свод правил для выводов и оценить функцию дефазификации.

Положим, что имеем три измерительных устройства: газоанализатор, термодатчик, датчик пламени. Для создания базы данных необходимо построение модели в силу того, что реализовать в натуре пожар не представляется возможным. Все контролируемое пространство разбиваем на зоны, в которых имеются наборы датчиков, а информация собирается на компьютере. Принцип передачи информации может быть любым, но целесообразно использовать беспроводные системы связи.

Модель для каждого из параметров представим апериодическим звеном. Постоянные времени звеньев модели имеют значительные величины. Кроме того, учитываются и производные по параметрам, позволяющие оценивать скорость их изменения. Параметры процесса представим случайной функцией времени. Каждая из зон связана со своим контроллером, а выходы контроллеров объединяются, и, полученные данные обрабатываются с получением заключения о выполняемых действиях. Обработанный сигнал поступает на приводы и в случае превышения параметров оцениваемых сигналов включаются

исполнительные устройства до тех пор, пока показания с измерительных устройств не вернуться к исходным.

Установим интервал обучения температуре от 20°C - 50°C, для газовой среды оцениваемое по давлению насыщенных паров значение установим на уровне 99 - 102 кПа. Значение яркости (пламени) свечения оцениваем на уровне от 0 до 5В.

Для задания предельных значений факторов пожара будем руководствоваться следующими значениями: температура среды 70°C, тепловое излучение 500 Вт/м², содержание оксида углерода 0,1%, содержание диоксида углерода 6%, содержание кислорода менее 17%.

Представим множество температур в виде $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, давлений $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$ и яркостей $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$ со своими функциями принадлежности $\mu_{T_i}(t_n), \mu_{P_i}(p_n), \mu_{J_i}(j_n)$. [3,4] На основе четких значений представим их нечеткие аналогии в виде:

$T(s, \mu_{T_i}(s)) \mu_{TP} \in [0,1]$ множество значений температур,

$P(s, \mu_{P_i}(s)) \mu_{PP} \in [0,1]$ множество значений давлений,

$J(s, \mu_{J_i}(s)) \mu_{JP} \in [0,1]$, множество значений яркостей.

Здесь $i = \overline{1, Z}$, где Z – число зон обслуживания, а для упрощения записи будем полагать, что S универсальное множество для всех нечетких множеств, но имеющие свои значения.

В качестве терм – множеств выберем множества, описываемые выражением:

$$F(z) = \begin{cases} 1 - \frac{b-s}{b-a}, & a \leq s \leq b \\ 1, & b \leq s \leq c \\ 1 - \frac{s-c}{d-c}, & c \leq s \leq d \\ 0, & s \notin (a; d) \end{cases}$$

Для одной зоны $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$, $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, $J = \{j_1, j_2, \dots, j_n\}$, а для всех возможных зон предпосылки и заключения представлены в таблице. Термы можно представить в виде интервалов лингвистических переменных, имеющие следующее содержание: малый, средний, опасный. Такое решение позволяет в дальнейшем уменьшить базу знаний и при этом не потерять реальные значения параметров в результате дефазификации.

Таблица 1 – Предпосылки и заключения для всех возможных зон

Предпосылки		Заключение	
$T_1 \dots T_{1n}$	$P_1 \dots P_{1m}$	$J_1 \dots J_{11}$	$m_1 \dots m_{1z}$
$T_2 \dots T_{2n}$	$P_2 \dots P_{2m}$	$J_2 \dots J_{21}$	$m_2 \dots m_{2z}$
$T_3 \dots T_{3n}$	$P_3 \dots P_{3m}$	$J_3 \dots J_{21}$	$m_3 \dots m_{3z}$
$T_4 \dots T_{4n}$	$P_4 \dots P_{4m}$	$J_4 \dots J_{21}$	$m_4 \dots m_{4z}$
$T_5 \dots T_{5n}$	$P_5 \dots P_{5m}$	$J_5 \dots J_{21}$	$m_5 \dots m_{5z}$
$T_6 \dots T_{6n}$	$P_6 \dots P_{6m}$	$J_6 \dots J_{21}$	$m_6 \dots m_{6z}$
$T_7 \dots T_{7n}$	$P_7 \dots P_{7m}$	$J_7 \dots J_{21}$	$m_7 \dots m_{7z}$
$T_8 \dots T_{8n}$	$P_8 \dots P_{8m}$	$J_8 \dots J_{21}$	$m_8 \dots m_{8z}$
...
...
...
$T_p \dots T_{pn}$	$P_j \dots P_{jm}$	$J_k \dots J_{kl}$	$m_z \dots m_{zz}$

Для формирования заключения выполним анализ с использованием базы знаний которая представлена нечеткими правилами вида:

- Если s_t есть T_1 и s_p есть P_1 и s_J есть J_1 тогда m_1 .
- Если s_t есть T_1 и s_p есть P_{11} и s_J есть J_{11} тогда m_{11} .
- Если s_t есть T_1 и s_p есть P_{12} и s_J есть J_{12} тогда m_{12} .
- Если s_t есть T_{11} и s_p есть P_1 и s_J есть J_1 тогда m_{13} .
- Если s_t есть T_{11} и s_p есть P_{11} и s_J есть J_{11} тогда m_{14} .
- Если s_t есть T_{11} и s_p есть P_{12} и s_J есть J_{12} тогда m_{15} .

- ...
- Если s_t есть T_{12} и s_p есть P_{12} и s_J есть J_{12} тогда m_{19} .

...

Общее число правил охватывает все возможные сочетания. Действительно возможна например такая ситуация что четкое значение попадает в один из термов T_p, P_j, J_k , а нужное правило в базе отсутствует.

При формировании окончательного решения, переход от лингвистических значений к реальным числам, определяется методом дефадзификации с последующим формирование управляющего сигнала на входы приводов.

По этим правилам функционирующую и нечеткие контроллеры зон.

Нечеткий контроллер в котором собирается информация из контроллеров локальных зон имеет свою базу знаний и свою систему нечеткого вывода. В силу особенностей работы нечеткого контроллера сосредоточить в одном контроллере все сигналы зон приводят к непомерному увеличению базы знаний и снижает производительность оценки состояния. Поэтому структура строится по принципу дерева контроллеров.

Библиографический список

1. Баширов М. Г., Шикунов В. Н. Диагностика электрических сетей и электрооборудования промышленных предприятий. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2004. – 220 с.
2. Веселов О. В., Абрамова М. Г., Пономарёв А.М. Пожарная безопасность методическое пособие по пожарной безопасности технологических процессов / Владим. гос. ун-т., Сост. О.В. Веселов, М.Г.Абрамова, А.М.Пономарёв, Владимир, 2008. –140 с
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTECH - СПб.: БХВ - Петербург, 2005. – 736с.
4. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами Matlab. – М.:Горячая линия – Телеком, 2007. – 288с.

DIAGNOSTICS OF A CONDITION OF THE PRODUCTION ENVIRONMENT

Veselov O.V., Svetushenko S.G., Saburov P.S.

Vladimir state University named after A. G. and N. G. Stoletovs

The assessment of the state of the production environment is based on the organization of the diagnostic procedure in the form of an automatic system model and control algorithms based on fuzzy logic methods and logical organization in the form of a tree structure based on fuzzy controllers.



МОНИТОРИНГ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ЗЕМЛИ ИНФРАНIZКОЧАСТОТНОГО ДИАПАЗОНА С ЦЕЛЬЮ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ИХ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

Грунская Л.В. , Золотов А.Н., Бушуев А.С., Сныгина И.А.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая
Григорьевича Столетовых", grunsk@vlsu.ru

Разработана и создана на физическом полигоне ВлГУ система удаленного сбора данных для мониторинга характеристик природной среды: электрическое поле пограничного слоя атмосферы Земли, геомагнитное поле, метеоданные. Созданный комплекс выполняет задачи: регистрация электрического поля, геомагнитного поля, метеоданных; сбор, обработка и хранение результатов мониторинга; удаленный анализ баз экспериментальных данных. Актуальность создания мобильного приемно-регистрирующего комплекса заключается в важности и возможности осуществления мониторинга характеристик природной среды, влияющих на здоровье человека по территории промышленно развитого региона.

Разработка приемно-регистрирующего комплекса началась с 1972 года. Непрерывный мониторинг электрического и геомагнитного поля приземного слоя атмосферы в инфранизкочастотном диапазоне (ИНЧ ЭМПЗ) осуществляется с целью: фундаментальные исследования электромагнитного поля приземного слоя атмосферы; биофизическое влияние ИНЧ ЭМПЗ на показатели здоровья человека.

Разработанный комплекс имеет удаленный доступ к базам данных и возможность контролировать параметр системы мониторинга. Созданная система мониторинга позволяет осуществлять сбор данных, их хранение, дистанционный просмотр данных, обработку экспериментальных данных. В отличие от имеющихся систем мониторинга наша система является переносной, мобильной. Разработка системы осуществлялась на базе имевшегося комплекса, который как и большинство систем мониторинга являлся стационарным. Удаленный доступ к базам данных позволяет анализировать результаты мониторинга удаленно и корректировать характеристики системы. На рис.1 дана структура переносной системы мониторинга [1-8].

Разработанная система мониторинга характеристик природной среды может быть использована как на стационарных научно-исследовательских базах мониторинга, так и на передвижных. В основе

переносной системы мониторинга находится электростатический флюксметр, в корпусе которого размещается:

- электронный модуль управления двигателем флюксметра;
- электронный модуль детектирования и преобразования данных флюксметра;
- 16 разрядный многоканальный аналого-цифровой преобразователь (АЦП);
- одноплатный компьютер.

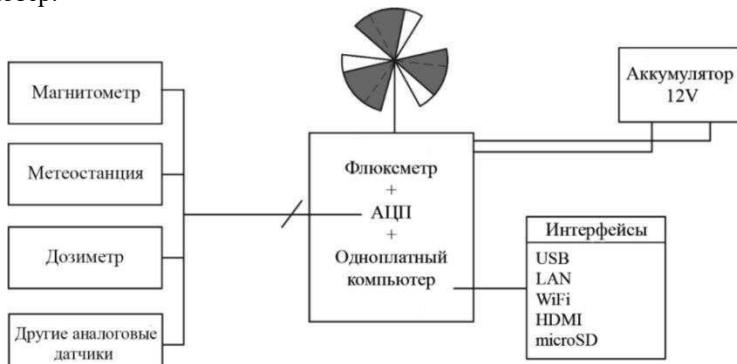


Рисунок 1 – Структура переносной системы мониторинга

Система питается от источника напряжением 12В, благодаря этому есть возможность использовать автомобильный аккумулятор в качестве питания, при рабочем токе 1,5А система может работать без подзарядки в среднем около двух суток. При необходимости система может работать и от сети переменного тока с использованием AC/DC преобразователя.

Получаемые данные мониторинга с помощью комплекса будут использоваться для изучения взаимосвязи электромагнитных полей пограничного слоя атмосферы Земли с геофизическими процессами и для исследования рисков возникновения заболеваний, связанных с характеристиками природной среды в промышленно развитом регионе.

Были проведены исследования по взаимосвязи электромагнитного поля Земли с уровнями ряда заболеваний и дорожно-транспортными происшествиями [9]. Исследования показали непосредственную связь уровня заболеваемости бронхиальной астмой, обструктивным бронхитом и ларинготрахеитом с уровнем напряженности электрического поля пограничного слоя атмосферы указанных факторов достаточно слабая (коэффициент корреляции составил: 0,01-0,3). Выявлено, что уровень напряженности электрического поля пограничного слоя атмосферы влияет на соотношение между уровнями заболеваемости, указанными выше. Примеры приведены на рис.2-3.

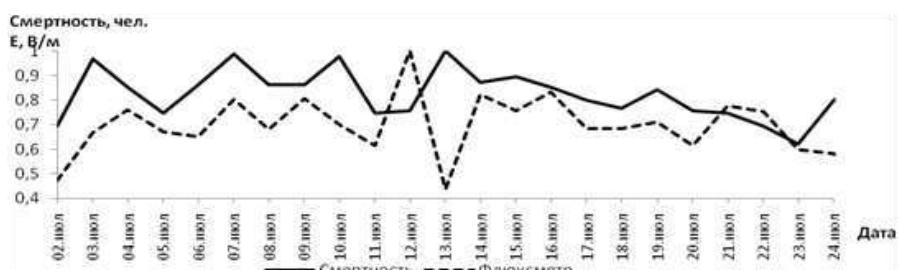


Рисунок – 2 Смертность людей и напряженность электрического поля (флюксметр №2) за период 2 июля – 24 июля 2003 по Владимирской области

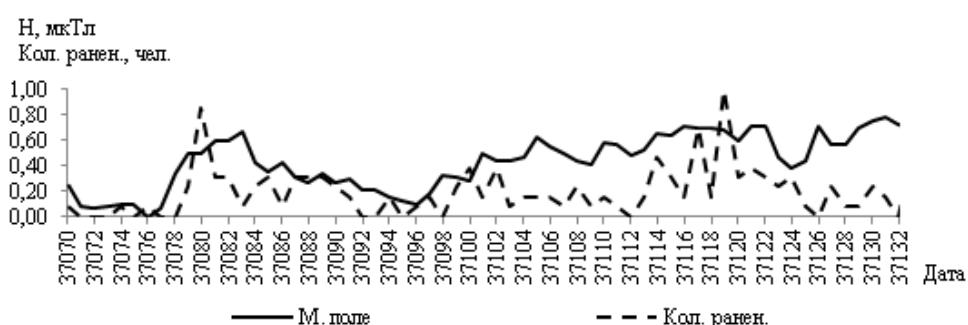


Рисунок 3 – Количество раненных в результате ДТП по Владимирской области и магнитное поле за период

28 июня – 29 августа 2001 года

Проводился анализ взаимодействия гелио- и геофизических факторов (числа Вольфа, электрическое поле Земли, магнитное поле Земли) с дорожно – транспортными происшествиями по Владимирской области по данным ФКУЗ «Медико-санитарной части МВД России по Владимирской области», Управления Государственной инспекции безопасности дорожного движения УМВД России по Владимирской области и ГБУЗ ВО «Городская больница скорой медицинской помощи г.Владимира». На отдельных участках временных рядов выявлена значимая корреляция между вертикальной составляющей напряженности электрического поля, магнитным полем Земли, числами Вольфа и количеством ДТП по Владимирской области [9].

Выявленные участки значимой корреляционной зависимости для временных рядов количества ДТП, погибших, раненных в результате ДТП по Владимирской области и напряженности электрического поля Земли, геомагнитного поля, чисел Вольфа за 2001-2004 года говорят о существовании взаимосвязи между этими процессами.

В настоящее время осуществляются работы по исследованию совпадения ряда биологических ритмов и периодов геофизических процессов [9-11].

Запланированы работы по составлению карты изменения электромагнитного поля приземного слоя атмосферы по территории Владимирской области, с целью изучения воздействия ЭМПЗ ИНЧ диапазона на показатели здоровья населения Владимирской области.

Библиографический список

1. Грунская, Л.В.Оценка параметров электрического поля приземного слоя атмосферы на основе метода корреляционного прием: монография / Л.В. Грунская.- Владимир: Владимирский государственный университет 2010. – 123 с. - ISBN 978-5-9984-0054-4.
2. Грунская,Л.В. Лунные приливы в электрическом поле пограничного слоя атмосферы / Л.В.Грунская, В.Н Морозов, В.А. Ефимов, А.А. Закиров // Известия вузов. Физика. - 2010. –т.53.- №1.- С.22-27.
3. Л.В.Грунская, В.Н Морозов, В.А. Ефимов, А.А. Закиров. Лунные приливы в электрическом поле пограничного слоя атмосферы // Известия вузов. Физика. 2010. –т.53.- №1.- С.22-27.
4. Л.В.Грунская, В.В. Исакевич, В.А. Ефимов, Л.Т. Сушкова, А.А. Закиров, Д.В. Рубай Решение задачи обнаружения лунных приливов в электрическом поле пограничного слоя атмосферы //Электромагнитные волны. Изд. Радиотехника.2012.-№3.- С. 45-50.
5. Л.В.Грунская,В.В.Исакевич, Д.В.Исакевич, Рубай Д.В., Золотов А.Н. Исследование воздействия лунных приливов на электромагнитное поле пограничного слоя атмосферы с помощью метода собственных векторов./ Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. Т. 56. № 4. С. 65-70.
6. Грунская Л.В.,Морозов В. Н., Ефимов В. А., Золотов А.Н., Рубай Д. В., Закиров А. А. Мониторинг электромагнитных полей пограничного слоя атмосферы Земли// Монография Издатель: Germany, LAP LAMBERT Academic Publishing. – ISBN: 978-3-659-32919-7. -2013 г, 192 с.
7. Л.В.Грунская, В.В. Исакевич, Д.В. Исакевич, Д.В. Рубай, А.Н. Золотов /Оценка амплитуды и исследование свойств составляющих электрического поля пограничного слоя атмосферы земли, спектрально локализованных на частотах лунно-солнечных приливов/ /Известия высших учебных заведений. Физика. 2014. Т. 57. № 5. С.118-124.
8. Л.В. Грунская, В.В. Исакевич, Д.В. Исакевич, Д.В. Рубай, А.Н. Золотов /Исследование воздействия лунных приливов на электромагнитное поле пограничного слоя атмосферы с помощью метода собственных векторов./Известия высших учебных заведений. Физика. 2013. Т. 56. № 4. С. 65-70.
9. Широбоков, А.В. Влияние геофизических факторов на здоровье человека / А.В. Широбоков, И.А. Лещев, Л.В. Грунская, В.Н. Буренков, Е.Г. Яскин, А.И. Ершов // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. - №6.-С.62-66.
- 10.Грунская Л.В., Лещев И.А., Сныгина И.А. Адаптация организма человека к характеристикам окружающей среды и электромагнитным полям земли/ Труды международной конференции «Агаджаняновские чтения», ISBN: 978-5-209-06957-7, Москва, РУДН, 28-29 января 2016г.- с.37-38.
- 11.Грунская Л.В., Лещев И.А., Сныгина И.А., Антонова М.А. /Биоритмы человека и электромагнитное поле Земли инфразвукового диапазона // XII Международная научно-техническая конференция “Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии” ФРЭМЭ’ ISBN:978-5-905527-13-5., 2016, 04 - 07 июля 2016 г., Владимир – Сузdalь.с.246-248.

MONITORING OF THE EARTH ELECTROMAGNETIC FIELDS FOR INFRALOW-FREQUENCY RANGE IN ORDER TO STUDY THEIR INFLUENCE ON HUMAN HEALTH

Grunskaya L. V. , Zolotov A. N., Bushuev A. S., Snygina I.A.

Vladimir state University named A. G. Stoletov and N. G. Stoletova, grunsk@vlsu.ru

The system of remote data collection for monitoring the characteristics of the natural environment: the electric field of the boundary layer of the earth's atmosphere, geomagnetic field, meteorological data was developed and created at the VISU physical site. The created complex performs the following tasks: registration of electric field, geomagnetic field, meteorological data; collection, processing and storage of monitoring results; remote analysis of experimental data bases. The urgency of creating a mobile receiving and registering complex is the importance and possibility of monitoring the characteristics of the natural environment, affecting human health in the territory of the industrialized region. The urgency of creating a mobile receiving and recording complex is the importance and possibility of monitoring the characteristics of the natural environment that affect human health throughout the territory of the industrialized region.



О КОМПЛЕКСНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МОЛНИЕВЫХ РАЗРЯДОВ

Дорожков В. В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых", dorozhkov@vlsu.ru

Актуальность исследования и мониторинга гроз определяется тем, что они относятся к опасным природным явлениям с достаточно широким спектром воздействия на человеческую деятельность и природную среду. Значительный ущерб грозы могут наносить линиям электропередач, высотным объектам, кабельным линиям связи, магистральным объектам. Знания о грозах необходимы при метеорологическом обеспечении полётов, при оперативном метеонаблюдении. Катастрофично проявление грозовой активности на обширных территориях вследствие возникновения лесных пожаров. Экологический ущерб от лесных пожаров усугубляется значительным загрязнением атмосферы и изменению её химического состава. По результатам исследований в России и за рубежом установлено, что в зависимости от местности и сезона более 40% лесных пожаров может быть обусловлено грозовыми разрядами.

Установлено, что движение грозовых очагов носит, как правило, сложный характер, характеризуется относительно небольшими расстояниями общего движения. При этом следует говорить скорее о перемещении условий для развития гроз, чем о непрерывном движении грозового фронта. Грозовые разряды нередко наблюдаются на границе облачных сгущений, что приводит к увеличению числа «сухих гроз». Это проявляется в возрастании числа лесных пожаров, особенно опасных в обширных лесных регионах Сибири и Дальнего Востока. Всё это определяет проблему изучения грозовой активности, как одну из важнейших в экологии, природопользовании и обеспечении безопасности.

Анализ грозовой активности позволил установить определённые закономерности её пространственного распределения и временного поведения, которые можно использовать при разработке методик и аппаратуры мониторинга гроз.

В настоящее время в мире широко используются пассивные радиотехнические системы пеленгации гроз, из которых наибольшую точность имеют многопунктовые системы. Наряду с многопунктовыми используются и однопунктовые грозопеленгаторы-дальномеры, которые позволяют получать оперативную информацию о грозовой деятельности с большой территории и, несмотря на погрешности в определении дальности до грозовых очагов, выделять при усреднении зоны повышенной активности.

Современные радиотехнические пассивные методы локации грозовых очагов – это методы, в которых обычно используется импульсное ОНЧ электромагнитное излучение молниевых разрядов. Эти методы основаны на свойстве ОНЧ-радиоволн распространяться в волноводе Земля-ионосфера на большие расстояния с малым затуханием.

Используются методы дальнометрии до грозового разряда, основанные на анализе амплитуды сигнала (амплитудные методы) или его формы как во времени (временные методы), так и в спектральном представлении – спектральные (частотные и фазовые) методы. Для определения дальности используются такие параметры низкочастотного электромагнитного сигнала (атмосфера), как: амплитуда принятого импульса; интервал между импульсом, пришедшим земным лучом и отражённым от ионосферы; длительность квазиполупериода «медленного хвоста» импульса; частота, на которой отмечается максимальная спектральная плотность; и многие другие параметры.

В целом, реализация как многопунктовых, так и однопунктовых систем регистрации гроз требует решения комплекса задач, связанных с определением пеленга грозовых очагов, дальнометрии, селекции регистрируемых сигналов.

Точность обнаружения и местоопределения грозовых очагов может быть значительно повышена при использовании для испытания, калибровки и контроля работоспособности средств местоопределения искусственного источника (имитатора) радиоизлучения молниевых зарядов. При этом постановка задачи создания такого имитатора определяется исходя из требования: необходимо в нужном месте (в заданной

точке приема, в месте расположения средств обнаружения и засечки) и в нужное время создать импульсное электромагнитное поле (ЭМП) подобное электромагнитному излучению молниевых разрядов.

Однако создание импульсных электромагнитных полей в достаточно больших объемах пространства в ИНЧ-ОНЧ-НЧ диапазонах связано с общей проблемой генерации низкочастотных ЭМП.

Степень приближения к физическим явлениям, происходящим в молниевом разряде, достигаемая в излучающем генераторе (имитаторе) электромагнитных импульсов, определяет дальность действия генератора и круг решаемых им вопросов. В соответствии с предложенной классификацией излучающих имитаторов, наибольшими функциональными возможностями обладают мобильные имитаторы, работающие ближней волновой и волновых зонах.

Разработаны технические принципы построения мобильного автоматизированного излучающего имитатора такого класса с дальностью действия $200 \div 300$ км [1-3]. Особенностью имитатора, обеспечивающим большую дальность действия, являются: схема с индуктивным накопителем энергии, обладающим высокой плотностью запасаемой энергии; мощный быстродействующий контактор постоянного тока с бездуговой коммутацией, обеспечивающий необходимый режим работы индуктивного накопителя [4]; специальное антенное устройство («динамическая антенна») [5].

На загородном научном полигоне кафедры общей и прикладной физики Владимирского государственного университета на действующих макетных образцах экспериментально подтверждена работоспособность и эффективность основных устройств, составляющих имитатор. «Динамическая антенна», представляет собой тросовую антенну, разворачиваемую малогабаритной ракетой многократного действия. Подъем ракеты обеспечивается твердотопливным двигателем. Ракета несет до 3-х километров провода-троса диаметром $0,4 \div 0,6$ мм. Время излучения серии импульсов, благодаря парашютной системе ракеты, может доходить до минуты.

Результаты испытаний и проведённые расчёты дальности действия имитатора, при амплитуде выходного напряжения генератора импульсов 1 МВ и при условии создания амплитуды вертикальной электрической составляющей импульсов E_z в точке контроля в 100 мВ/м, позволили оценить основные достижимые тактико-технические характеристики мобильного излучающего имитатора:

- амплитуда напряженности электрической компоненты импульсов (с максимумом спектра 20 кГц) на расстояниях $200 \div 300$ км – 100 мВ/м;
- спектральный диапазон импульсов – 0,3 кГц \div 100 кГц;
- амплитуда выходного напряжения генератора электрических импульсов – 1 МВ;
- форма и длительность импульсов – варьируются в широких пределах;
- мощность электропитания – 75 \div 100 кВт;
- характеристики «динамической антенны»: высота разворачивания – до 3-х км; диаметр провода – 0,4 \div 0,6 мм; скорость разворачивания – 200 м/с.

В имитаторе решены принципиальные вопросы мобильности, генерации высоковольтных импульсов при высокой плотности запасаемой энергии, эффективного излучения, автоматизированного управления с применением волоконно-оптических линий связи, техники безопасности и измерения импульсных полей высокой напряжённости.

Спектральный диапазон импульсов имитатора может быть расширен до 5 МГц при дополнительном использовании высокочастотной антенны аэростатного типа и применения способа комплексного сфазированного излучения и суперпозиции излученных полей в точке приема.

Разработаны принципы построения излучающего имитатора, использующего комплексное сфазированное излучение **E** и **H** компонент электромагнитного импульса на дальностях индукционной зоны излучения в ОНЧ диапазоне [6]. Излучающий имитатор этого класса отличается малой энергоёмкостью, массой, габаритами, широкими возможностями варьирования форм и спектров сигналов. Были проведены несколько серий экспериментов с созданным действующим имитатором с целью отработки и испытаний вариантов пассивного однопунктового локатора гроз, разработанного ИРЭ АН. В ходе исследований были измерены амплитудно-частотные характеристики и диаграммы направленности по полу, проведены калибровки электрических и магнитных антенн по чувствительности и уровню собственных шумов, оценена точность местоопределения.

Библиографический список

1. Дорожков В.В. О имитации ЭМИ молниевых разрядов // Материалы третьей Всероссийской конференции «Глобальная электрическая цепь» / Геофизическая обсерватория «Борок» - филиал Института физики Земли им. О.Ю. Шмидта РАН – Ярославль, 2017. – С. 42-43. ISBN 978-5-906682-96-3.
2. Дорожков В.В. Имитация импульсного электромагнитного излучения молниевых разрядов // Исследование, проектирование, испытания и эксплуатация приборных устройств военной техники. Материалы Всероссийской науч.-техн. конф. Владимир, 2008 г. – М., Российская академия ракетных и артиллерийских наук, 2008. – С. 66-70.

3. Дорожков В.В. Имитатор импульсов / Дорожков В.В. и др. // А.С.179994, 1982.
4. Дорожков В.В. Контактор постоянного тока с бездуговой коммутацией / Дорожков В.В. и др. // А.С. 826437 – БИ, 1981.
5. Дорожков В.В. Антенное устройство / Дорожков В.В. и др. // А.С.245644, 1986.
6. Дорожков В.В. Устройство для моделирования разряда молнии / Дорожков В.В., Захаров А.В., Магин А.В. // А.С. 1742850 – БИ, 1991.

ABOUT THE COMPLEX MODELING OF PULSED ELECTROMAGNETIC RADIATION OF LIGHTNING DISCHARGES

Dorozhkov V.V.

Vladimir state univercity named after Alexander and Nikolay Stoletov (VIGU), dorozhkov@vlsu.ru

The article is devoted to the complex of devices developed and tested for creation of pulsed electromagnetic fields similar to lightning discharge pulses in large volumes of space.



ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОРОШКОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕСТА И ХЛЕБА

Думская Н. С., Бойко Б.Н.

ФГБУН Институт биологического приборостроения с опытным производством РАН (ИБП РАН),
nat407@yandex.ru

При производстве обогащенных и функциональных хлебобулочных изделий в качестве сырья может использоваться растительное сырьё, что усложняет пищевую систему конкуренцией между компонентами за имеющиеся водные ресурсы, например, в тесте, степень клейстеризации крахмала будет зависеть от распределения воды между коллоидными компонентами системы и активности воды в соответствующих агрегатах. Поэтому проведено калориметрическое определение активности воды растительных порошков. Для этого определяли криоскопическую температуру (T_3) растительных порошков с высокой влажностью (55%) и использовали формулу 1.

Доминирующее взаимодействие клейковины с крахмалом и водой основа для изучения механизма гелеобразования в хлебопечении при формировании свойств теста [1]. В связи с интенсивно проводящимися калориметрическими исследованиями, посвященными зависимости хлебопекарных качеств пшеницы от клейковинных белков, основная оценка реологических свойств по общей деформации клейковины может проводится с пониманием механических свойств белков клейковины через температуру стеклования (T_g). В диапазоне этого параметра процессы взаимодействия клейковины с водой рассмотрены в данной работе калориметрическим методом в связи с реологическим методом.

Были изучены порошковая пшеничная клейковина фирмы Henan Lotus Flour Co, порошковый инулин Beneo GR (гранулированный, аморфный) от Orafti и Cosucra Groupe Warocoing и порошки, приготовленные кондуктивным методом сушки и измельчения из мякоти тыквы, моркови, свеклы, белокачанной капусты, банана.

Дополнительную гидратацию сырья проводили для методик исследования активной влажности и температуры стеклования. Одни пробы клейковины и овощных порошков исследовали с низким содержанием влаги не больше 10 %, другие с преобразованием этой нативной формы в гидратированную. Для гидратации образцов использовали дистиллированную воду. Гидратация клейковины для исследования составила 55 и 59%, других порошков 20%. Для калориметрического исследования одни образцы клейковины гидратировали перемешав до образования фибрillard, в другие образцы добавляли воду непосредственно перед исследованием, не перемешивая. Другие порошки гомогенизировались при гидратации.

Прибор Миксолаб Chopin Technologies использовался для исследования гелеобразующей способности клейковины по методике в работе [2]. Метод дифференциально сканирующей калориметрии (ДСК) проведен на отечественном микрокалориметре ДСМ-10МА производства ИБП РАН (г. Пущино), где сканирование образца происходит с увеличением температуры с постоянной скоростью 2 °C/мин.

По ДСК термограммам (рис.1) замороженных клейковин рассчитано, что первый пик А это плавление льда с энталпийей 330 Дж/г соответствующий массе воды образца. Если образец клейковины приготовлен гидратацией без перемешивания и без выдержки перед сканированием, то по его ДСК термограмме на рис.3А определяется T_g 40 °C и пик испарения вода от 70 °C, что свидетельствует о фазовом переходе в гидратированную структуру во время сканирования и ранним испарением не успевшей связаться влажности. Если клейковину гидратировали путем без перемешивания или с перемешиванием 30 минут, то на месте T_g происходит испарение воды из сформированного геля до 35 °C или до 48 °C в виде

пиков термограмм на рис. 2Б, рис. 2С соответственно. Учитывая скорость сканирования термограмм 2 °С/мин время окончания испарения части слабосвязанной влажности из гидратированной структуры геля клейковины составило 24 минуты при 48 °С (рис.2 С), 17,5 минуты при 35 °С (рис.2Б).

В результате данного исследования определены процессы, происходящие в гидратированной клейковине в условиях, соответствующим протеканию технологических операций производства хлебобулочных изделий на 0, 30, 60, 90 °С – заморозке, замесу и созреванию теста и выпечке хлеба. Если структура клейковины не успела сформироваться и связать воду, то воду клейковина отдает в диапазоне 65 - 70 °С в виде скачкообразного пика на рис. 2А, как при созревание теста. Если клейковина сформировала структуру, то воду клейковина не отдаст и при выпечке, вода испаряется только от 94 °С в виде скачкообразного пика С на рис. 1А. При температуре замеса 30 °С происходит гелеобразование клейковины (рис. 2А). Термограмма 1 рис. 1Б демонстрирует испарение свободной воды до температуры начала связывания. Термограмма 2 рис. 1Б тоже показывает испарение свободной воды, которая не успела связаться с клейковиной при первом прогреве. Отсутствие пика испарения свободной воды на третьей термограмме рис. 1Б означает, что вся присутствующая в образце вода оказалась связанный уже при втором прогреве. Наличие пиков плавления льда на всех термограммах рис.1 в виде пика А свидетельствует о том, что и свободная, и связываемая в условиях нашего эксперимента вода способны замерзать.

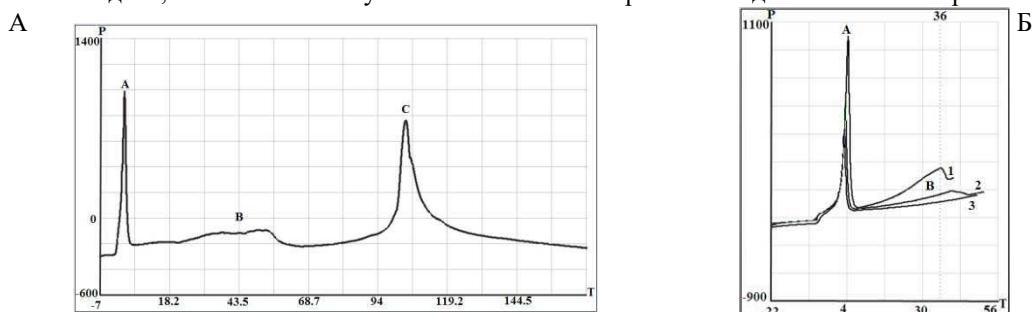


Рисунок 1 – Термограммы замороженных образцов клейковины: полной(А) и последовательных циклов сканирования (Б). Шкала температуры Т в градусах Цельсия, шкала теплового потока Т в условных единицах

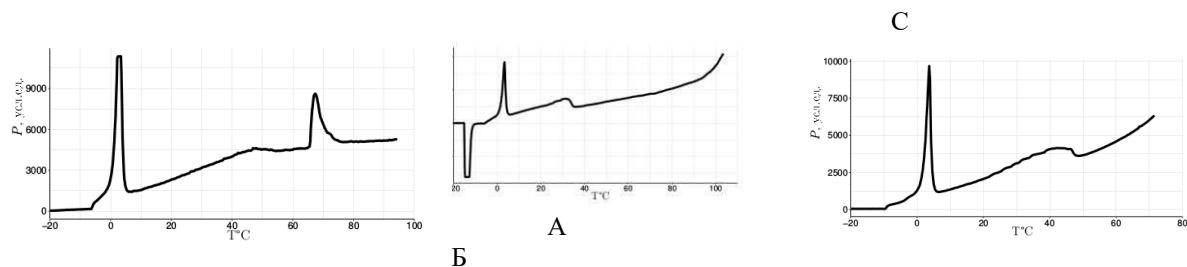


Рисунок 2 – Термограммы гидратированной до 55% клейковины: перед сканированием (А) и 30 минут без перемешивания (Б), 30 минут с перемешиванием (С)

Таким образом, показано, что взаимодействие нативной клейковины с водой (55%) заключается в образовании "слабых" связей со способностью к замерзанию на 0 °С. Образование этих связей более слабых происходит в клейковине гидратированной без перемешивания при нагревании до 35-48 °С в течении 17-24 минуты, и менее слабых в клейковине гидратированной с перемешиванием при комнатной температуре в течении 30 минут. Из данного исследования понятно, что гелеобразование клейковиной может меняться в зависимости от способа приготовления раствора, условий температурной обработки, но в условиях технологии хлебопечения показан основной принцип зависимости гелеобразования клейковиной от времени. Для определения активности воды для проб с высокой влажностью калориметром ДСМ 10 измеряли криоскопическую температуру гидратированного порошка по формуле 1 из работы [3].

$$\lg a_w = 1.152 - 314.7 \cdot \left(\frac{1}{t_3 + 273.15} \right), \quad (1)$$

где t_3 --- температура начала замерзания (криоскопическая температура) высоковлажного пищевого продукта, С., $\lg a_w$ - логорифм значения активности воды.

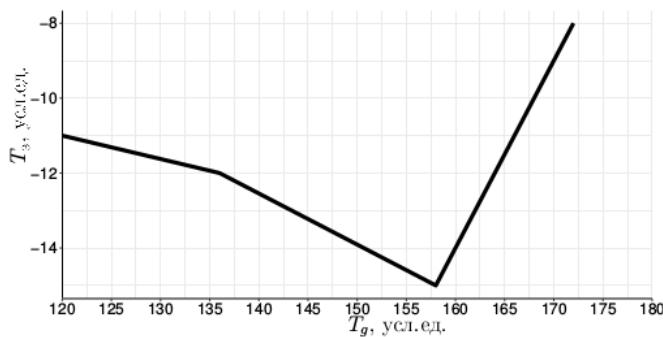


Рисунок – 3 Зависимость температур стеклования (T_g) и замерзания (T_z) растительных порошков

Теоретически температура 120 °C максимальный предел для контролирования термомеханических процессов в биополимерах в условиях низкой влажности [5]. Для контролирования этих процессов в разных порошках определены и представлены температуры стеклования (пластификации) при разной влажности в таб.1.

Таблица – 1 Термофизические характеристики растительных порошков.

Наименование порошка	Температура стеклования (T_g) При 10% влажности. °C	Температура стеклования (T_g) При высокой влажности. °C	Температура замерзания (T_z) При высокой влажности. °C	Активная влажность (Aw) При высокой влажности. Усл.ед.
клейковина	180	40	0	0.9997
инулин	153	125	0	0.926
тыквенный	172	-	-8	0.9228
банановый	136	115	-12	0.885
капустный	120	-	-12	0.885
свекольный; морковный	150	-	-15	0.857

В таблице 1 где прочерк - температуры стеклования не определялись.

По полученным термограммам растительных порошков с разной влажностью определены криоскопические температуры (T_z), температуры стеклования (T_g) и активная влажность a_w , представленные в таб.1. Определена активность воды 0.857 порошков свеклы, моркови с пиками замерзания на -15 °C, для порошка банана aw 0.885 с пиками замерзания от -12 °C, для порошка тыквы a_w 0.9228 с пиком замерзания от -8 °C.

На рисунке 3 показана зависимость температуры стеклования (T_g) сухих порошков и температуры замерзания воды (T_z) после гидратации порошков. Для сухих порошков с низкой температурой стеклования до 150~C после добавления влажности до 50% характерны более низкие температуры замерзания, для порошков с высокой температурой стеклования выше 158~C после гидратации характерна температура замерзания ближе к 0~C.

$$M = K_{kp} \frac{m \cdot 100}{\Delta t L} \quad (2)$$

где M -молекулярный вес растворенных веществ, K_{kp} -криоскопическая константа растворителя, 1.86 для воды(табличное значение), m - навеска вещества, g ; Δt -разность между точками замерзания чистого растворителя и испытуемого раствора, градус ($T=t_1-t_2$, где t_1 -точка замерзания чистого растворителя, t_2 -точка замерзания раствора); L навеска растворителя (воды), g .

Определено, что растительные порошки с активной влажностью 0.9228, 0.885, 0.857 ориентировочно соответствуют молекулярным массам 1162,5 и 775 и 620 Da, расчетанных по формуле 2. Значит критерием сохранения порошком определенной молекулярной массы является активная влажность, отражающая сохранение связанной в этих молекулах воды. Таким образом повышение активной влажности объясняется увеличением плотности порошка за счет повышения концентрации в нем доступных гидрофильных связей. Показанное в данной работе смещение температур замерзания в более низкие у гидратированных растительных порошков с более низким молекулярным весом и низкой активностью воды можно объяснить

образованием более сильных связей с водой.

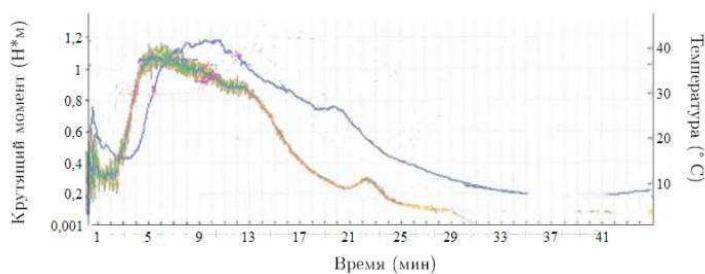


Рисунок 4 – Типичные миксолаб графики двух образцов клейковин с разной с влажностью 55 и 59 % (влажность соответствует нижнему и верхнему графику соответственно)

Прибором миксолаб определена динамика эффективной вязкости гидратированной клейковины. После того, как клейковина связывает и отдает часть слабосвязанной воды, увеличивается ее вязкость, что фиксируется пиком от 19-24 минут на миксолаб графике из рис.4. Таким образом миксолаб исследованием определено окончание формирования максимальной консистенции гидратированной клейковины с влажностью 55 и 59% на 24 минуте. Эти данные совпадают с временем окончания формирования геля клейковины на 24 минуте, определенным выше проведенным калориметрическим исследованием.

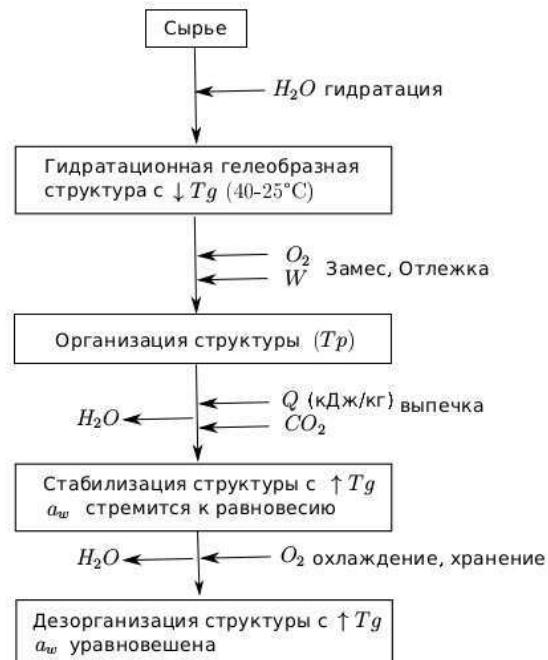


Рисунок 5 – Схема производства хлебобулочных изделий

Схема на рис.5 описывает влияние на структуру теста технологии хлебопечения. Определяющими теплофизические характеристики (T_p) структуры будет влияние времени гидратации и дегидратации, влияющие на температуру стеклования (T_g), активную влажность (a_w) агрегатов теста. Теоретически для более мягкой текстуры используют добавки с высокой активной влажностью [4] и с низкой температурой стеклования.

Вывод: Показано, что оценка характеристик рецептурных ингредиентов, обусловливающих процессы хлебопечения на рис.5, может осуществляться с использованием реологических методов и ДСК анализа. Миксолаб исследованием и калориметрией показано, что в условиях замеса и созревания теста (30-60 С) основной принцип зависимости гелеобразования клейковины от времени остается неизменным. Анализ проведенных исследований показал целесообразность применения растительного сырья при производстве хлебобулочных изделий с учетом их активной влажности и температуры стеклования.

Библиографический список

1. Матвеева И.В, Нестеренко В. Модифицированные крахмалы для формирования качества хлебобулочных и макаронных изделий // Хлебопродукты, 2011, №.3, С.43-45.

2. Нецеваев В.П., Третьяков М.Ю., Лютенко О.В., Пащенко Л.С., Попкова И.И. Сравнительная оценка реологических свойств муки и шрота озимой мягкой пшеницы на приборе mixolab . Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2010, No.,21(92), вып.13, С.,56-61.
3. Кулагин В.Н. Изменение активности воды как показателя качества продуктов при термообработке // Мясная индустрия.---СССР. 1982, No. 3, С.31-33.
4. Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Пищевая химия.--Спб.:Гиорд., 2003, 640с.
5. Rouilly A., Jorda J., Rigal L. Thermo-mechanical processing of sugar beet pulp. II. Thermal and rheological properties of thermoplastic SBP // Carbohydrate Polymers. 2006, V.,6, P.,117–125.

INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF PLANT POWDERS, DETERMINING THE THERMOPHYSICAL PROPERTIES OF DOUGH AND BREAD

Dumskaya N.S., Boyko B.N.

Institute for Biological Instrumentation of RAS, nat407@yandex.ru

In the conditions of the corresponding bread baking technology, the glass transition temperature and the active moisture of some plant powders are determined.



АМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ БИОСЕНСОР НА ОСНОВЕ РОДОКОККОВ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ МЕТАБОЛИЗМА ЮГЛОНА

Емельянова Е.В., Решетилов А.Н., Соляникова И.П.

Лаборатория биосенсоров и Лаборатория энзиматической деградации органических соединений, ФГБУН Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрябина РАН; elenvem@ibpm.pushchino.ru

Юглон является природным пигментом. Он имеет состав $C_{10}H_6O_3$ и представляет собой 5-окси-1,4-нафтохинон. Впервые юглон был получен в 1856 году при переработке свежей кожуры плодов грецкого ореха [1]. В наши дни природным источником юглона служат плоды ореха чёрного *Juglans nigra* L, растения, которое применяют для создания лесозащитных полос, а его плоды не используют как пищевой продукт [2]. Ещё в 1989 году Минздрав СССР разрешил использовать юглон, полученный синтетическим путём, в качестве консерванта для безалкогольных напитков. В ФГУП "ГНЦ "НИОПИК" было разработано и освоено опытно-промышленное производство препарата Юглон, который содержит не менее 95% основного вещества (<http://www.niopik.ru/products/chemical/yuglone/>).

Юглон, с его фунгицидным и антибактериальным действием, применяют в медицине для борьбы с грибковыми и бактериальными инфекциями. Кроме того, обладающий укрепляющим и общетонизирующими действиями, не вызывающий раздражения и аллергии юглон является универсальным средством для комплексной терапии при борьбе со многими заболеваниями [3]. Производные 5-гидрокси-1,4-нафтохинона (юглона) предложены в качестве средства, стимулирующего апоптоз клеток лейкемии человека [4].

В пищевой промышленности юглон используют как консервант, предотвращающий порчу безалкогольных напитков и вин. В косметической и парфюмерной промышленности - в качестве компонента кремов, шампуней, лосьонов, средств для загара, красителей для волос, лечебных кремов для ног и др. Также его применяют в качестве антимикробного агента при обработке кожи, текстиля, строительных материалов. 5-гидрокси-1,4-нафтохинон, обладающий выраженными аллелопатическими свойствами, используют в качестве гербицида [5].

По сравнению с используемыми для определения юглона методами, сенсорные анализаторы позволяют оперативно проводить детекцию юглона.

Целью работы была разработка лабораторной модели микробного амперометрического сенсора на 5-гидрокси-1,4-нафтохинон и оценка возможности использовать модель для изучения метаболизма юглона микроорганизмами. В разрабатываемой модели в качестве рецептора выступали покоящиеся клетки микробной культуры, иммобилизованные на носителе и зафиксированные на поверхности кислородного электрода типа Кларка, являющегося преобразователем.

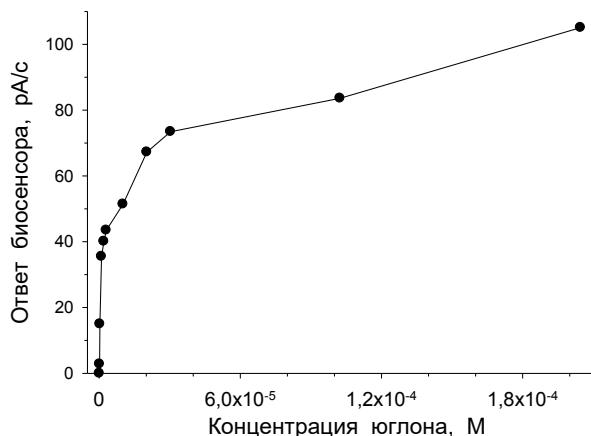
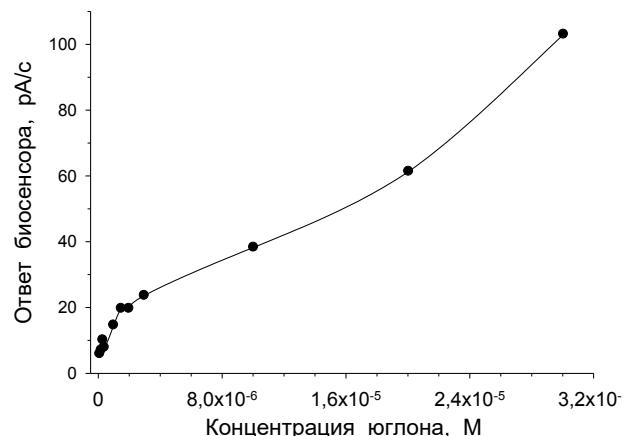
При разработке лабораторной модели биосенсора для детекции юглона была оптимизирована схема построения калибровочной кривой биосенсора. 5-гидрокси-1,4-нафтохинон малорастворим в воде. Был подобран растворитель, используемый для приготовления стандартного раствора юглона. Критерием отбора служило отсутствие реакции культуры на сам растворитель. Среди метанола, этанола, ацетона и диметилформамида был выбран ацетон. При построении калибровки использовали набор стандартных растворов с различной концентрацией юглона; объём раствора (юглон в ацетоне), вносимого в среду, не превышал 20 мкл. Измеряемым параметром служила максимальная скорость изменения силы тока в

системе, dI/dt , в ответ на внесение юглона (ответ биосенсора, pA/c), пропорциональная изменению потребления кислорода клетками культуры-рецептора.

Был проведён поиск культуры, которая могла быть использована для формирования рецепторного элемента в разрабатываемой модели биосенсора. В [6] показано, что юглон не только не оказывал ингибирующего действия на актиномицеты, но и усваивался ими, способствуя увеличению численности актиномицетов в почве. С целью выбора культуры-рецептора проведён отбор среди неспорообразующих актинобактерий рода *Rhodococcus* по интенсивности ответа на юглон. Были выбраны четыре культуры. На рисунке 1 приведены кривые зависимости ответ-концентрация для культур, показавших наилучшие результаты: **а** – культура №1; **б** – культура №2; **в** – культура №3; **д** – культура №4.

Как показано на рисунке 1, в биосенсорах на основе отобранных культур насыщение наступало при разных концентрациях субстрата-юглона. Различным было соотношение $S_{0.5}$ и насыщающей концентрации. Интервалы, когда наблюдали линейную зависимость ответа биосенсора от концентрации юглона, и количество линейных интервалов были различными. Культуры-рецепторы обладали различной устойчивостью к юглону. Когда использовали рецептор с культурой №1, увеличение отклика биосенсора наблюдали и при концентрациях юглона выше $1.8 \times 10^{-4} M$, а для биосенсора на основе №4 при содержании юглона выше $4 \times 10^{-5} M$ уже было зарегистрировано снижение реакции культуры (ингибиование субстратом).

С наибольшей достоверностью экспериментальные точки ложились на кривую, описываемую уравнением Хилла (сигмоидная зависимость скорости ответа, V , от концентрации юглона, S). В таблице приведены константы скорости реакции иммобилизованных клеток на юглон (ответ биосенсора), рассчитанные на основе экспериментальных данных для уравнения Хилла: $V = V_{max} \times S^b / (S_{0.5}^b \times S^b)$, где V_{max} – максимальная скорость ферментативной реакции (т.е. предельное значение скорости при $S \rightarrow \infty$); $S_{0.5}$ – концентрация субстрата, при которой $V = 1/2 V_{max}$; b – коэффициент Хилла, используемый для оценки S -образности функций, который не имеет физического смысла; его величина (<1 или >1) характеризует тип отклонения от гиперболической (Михаэлиса-Ментен) зависимости: соответственно, об "отрицательной" или "положительной кинетической кооперативности" по субстрату. Для биосенсоров на основе разных культур степень отклонения кривых "ответ-концентрация" от простых кинетических закономерностей типа классической гиперболической зависимости Михаэлиса-Ментен была разной. b изменялся в пределах от 0.48 до 1.14. Известно [7], что отрицательная кинетическая кооперативность обеспечивает достаточно высокий уровень активности ферментов в условиях исчерпывания субстрата. В нашем случае отрицательная кинетическая кооперативность – 0.48 и 0.77 – была отмечена для биосенсоров на основе двух культур (рис. 1а, в), для которых высокие отклики сенсора были получены при более низких концентрациях юглона, чем для двух других культур.

а**б****в****д**

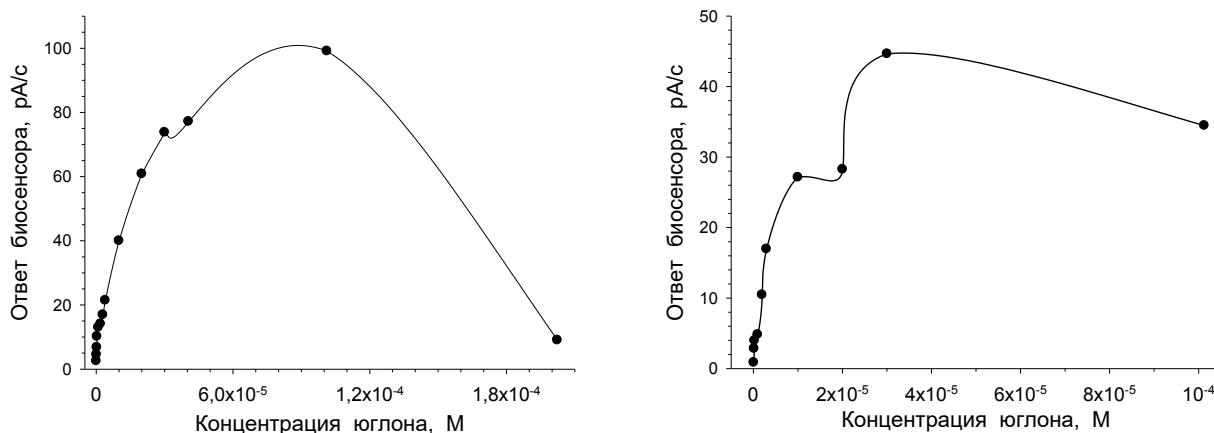


Рисунок 1 – Кривые зависимости ответа биосенсора от начальной концентрации юглона для культур: *а* - №1; *б* - №2; *в* - №3; *г* - №4

Как известно [8], реакция микробного сенсора (pA/c) формируется при суммировании скоростей двух процессов: скорости ферментативной реакции (метаболизм юглона под действием ферментов культуры-рецептора) и скорости транспорта юглона в микробные клетки рецептора.

В нашем случае $S_{0.5}$ – это комплексная величина, характеризующая прочность связывания юглона с ферментом и с транспортным посредником. Её величина по определению сходна с K_m уравнения Михаэлиса-Ментен. Для фермента юглон 3-монооксигеназы, индуцирующего разложение юглона у микроорганизмов, известны величины констант K_m , определённые для конститутивных и индуцибельных ферментов бактерий: 0.42×10^{-5} и 1.85×10^{-5} M, соответственно [9]. $S_{0.5}$, полученные нами (таблица) были того же порядка.

В [9] показано, что бактериальная юглон 3-монооксигеназа состоит из двух субъединиц (димер). Для ферментов, для которых доказано наличие субъединичной структуры и существование нескольких катализитических центров, связывающих субстрат, наблюдают различные кинетические аномалии – отклонения от гиперболической зависимости. В том числе, наличие перегибов на кривых "скорость реакции-концентрация субстрата", иногда наличие промежуточного плато [7].

Похожие отклонения были зафиксированы для сенсоров на основе отобранных культур (рис. 1). Возможно, отмеченные нами особенности определяются аллостерической природой ферментов, определяющих реакцию культур-рецепторов. Это предстоит ещё проверить.

Таблица. Кинетические константы сигмоидной зависимости Хилла, определённые на основе экспериментальных данных.

Культура	$S_{0.5}$, M	V_{max} , pA/c	b	R
№1	1.3×10^{-5}	121.6	0.51	0.9791
№2	1.0×10^{-4}	159.7	0.48	0.9940
№3	3.0×10^{-5}	139.1	0.77	0.9962
№4	4.3×10^{-6}	39.1	1.14	0.9662

Интенсивность отклика на юглон зависела от способа подготовки рецепторного элемента к работе. Так предварительные испытания модели биосенсора, где в качестве культуры рецептора использовали актинобактерию *GP-135*, показали, что через 6 суток хранения рецепторного элемента в буферном растворе ответ биосенсора на юглон был выше, чем через 2-е суток (Рис. 2). Кроме того, через 6 суток хранения точку полунасыщения наблюдали при меньших концентрациях субстрата (насыщение при меньших концентрациях юглона – крутой выход на плато). Минус на оси y (ответ биосенсора в pA/c со знаком минус) означает, что регистрируемый прибором ответ на внесение субстрата был направлен в сторону противоположную исходной. Под действием этой концентрации юглона происходило ингибиция дыхания клеток, иммобилизованных на рецепторе. Как видно из рис 2, увеличение продолжительности хранения рецептора приводило к изменению реакции на юглон. Это явилось следствием, прежде всего, исчерпания эндогенных запасов у клеток, иммобилизованных на рецепторе. Наблюдали увеличение величины отклика на юглон, т.е. культура-рецептор становилась более чувствительной к юглону. Поэтому после 6 суток хранения рецептора снижение реакции на юглон (ингибиция субстратом) происходило уже при меньших концентрациях юглона, чем то же после двухсуточного хранения.

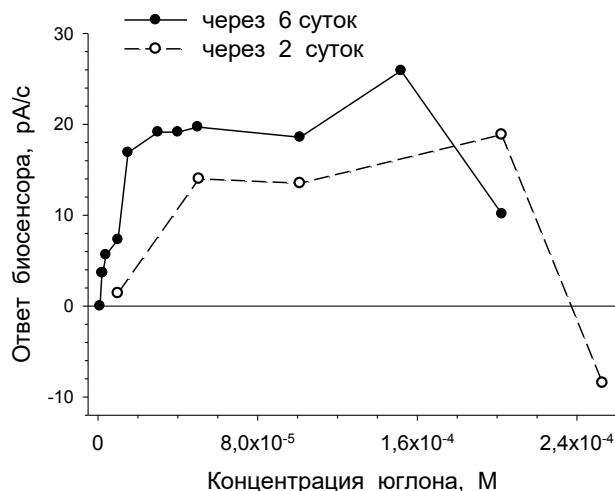


Рисунок 2 – Кривые зависимости ответа биосенсора от начальной концентрации юглона для культуры *GP-135* после 2 и 6 суток хранения рецепторного элемента в буферном растворе

Полученные результаты свидетельствовали о различной интенсивности процессов, связанных с метаболизмом юглона и действованных в формировании ответа биосенсоров, сформированных на основе разных культур-рецепторов. Поэтому в зависимости от конкретных условий проведения анализа (определение юглона) для формирования рецепторного элемента может быть использована наиболее удовлетворяющая условиям анализа культура из отобранных актинобактерий.

Библиографический список

1. Жунгиету Г.И., Влад Л.А.. Юглон и родственные 1,4-нафтохиноны. Кишенёв: Изд-во Штиинца, 1978. 95 с.
2. Тушканова О.В., Бойко И.Е. Исследование антибиотической активности юглона, выделенного из околоплодника *Juglans nigra* L. // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2017 Т. 18. № 1. С. 126-129.
3. Ильичева Е.С., Миннахметова Э.Р., Сафина Р.И., Крайнов А.С. Основные способы получения 5-окси-1,4-нафтохинона (юглона) – антибактериального препарата широкого спектра действия // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т.18. №3. С. 147-150.
4. Федор С.Н., Полоник С.Г., Шубина Л.К., Капустина И.И., Стоник В.А., Шастина В.В., Квак Я.Й., Парк Д.И., Джин Д.О., Квон Я.Х.. Средство, стимулирующее апоптоз клеток лейкемии человека: пат. 2372919 Российская Федерация. 2009. Бюл. № 32. 29 с.
5. Topal S., Kocaçalışkan I., Arslan O., Tel A.Z. Herbicidal effects of juglone as an allelochemical // Phyton (Horn, Austria). 2007. V. 46. F. 2. P. 259-269.
6. Ксенофонтова О.Ю., Чиров П.А. Экспериментальные данные о взаимодействии микроорганизмов и пестицидов в почве // Поволжский экологический журнал. 2005. № 1. С. 29 – 35.
7. Курганов Б.И. Аллостерические ферменты. М., Наука, 1978. С. 49-52, 27-41.
8. Тёрнер Э., Карубе И., Уилсон Дж. Биосенсоры: основы и приложения. М: Мир, 1992. 614 с.
9. Schonburg D., Schonberg I., Chang A. Handbook of enzymes. Vol. 27. Class I. Oxidoreductases XII. EC 1.14.15-1.97. Springer, 2006. P. 364-366.

AMPEROMETRIC RHODOCOCCUS BIOSENSOR FOR STUDIES CONCERNING JUGLONE METABOLISM

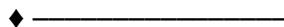
Emelyanova E.V., Reshetilov A.N., Solyanikova I.P.

Laboratory of biosensor and Laboratory of enzymatic degradation of organic compounds, FSBIS G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, RAS; elenvem@ibpm.pushchino.ru

The article is dedicated to a biosensor technique for studies concerning juglone (5-hydroxy-1,4-naphthoquinone) metabolism. A laboratory model of a microbial amperometric sensor developed for the first time was used in this research. Resting cells of a microbial culture, which were immobilized on a membrane and fixed onto the surface of a Clark-type oxygen electrode (a transducer), served as a receptor in this model. The maximum rate of change of the current in the system, dI/dt , in response to juglone injection (the biosensor response, pA/s) was a recorded parameter. The rate was proportional to oxygen consumption by cells of receptor. It is known that juglone did not exhibit the inhibiting effect on actinomycetes but was utilized by them providing an increase in the

amount of actinomycetes in soil. Hence, the culture-receptor was chosen among non-sporulating bacteria of the genus *Rhodococcus*.

Four cultures used for a receptor element of the biosensor were selected by intensity of a response to juglone. The obtained "response-concentration" dependencies were described with the use of the equation of sigmoid dependency, a three parametric Hill equation. The constants for the Hill equation are presented in the article. The "response-concentration" curves plotted for the said cultures were different in the extent of deviation from typical hyperbolic Michaelis-Menten kinetics. $S_{0.5}$ and saturation concentrations of juglone, linear intervals of the dependency of the biosensor response on concentration of juglone and the amount of linear concentration intervals were diverse for biosensors based on different cultures. Distinctions observed pointed to the different intensity of the processes forming the response to juglone of cultures-receptors. For certain conditions of juglone determination the most appropriate culture among chosen actinobacteria should be used to form a receptor element of the biosensor for juglone.



ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТЕКСТУРНОГО АНАЛИЗАТОРА³

Звягин М.Ю., Голубев А.С., Васильченкова Д.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых", muz1953@yandex.ru, andrey.golubev@vlsu.ru, darya.vasilchenkova@mail.ru

1. Введение

В современных интеллектуальных компьютерных системах ключевая роль отводится решению задач машинного зрения. Это не удивительно, учитывая, что подавляющий объем входной информации человек получает через органы зрения. К сожалению, процессы, происходящие в мозгу человека при обработке видимого изображения, изучены крайне слабо. Поэтому алгоритмы решения наиболее интересных задач машинного зрения носят, в основном, эвристический характер. В настоящий момент центральная роль в подобных алгоритмах должна отводиться процессу обучения. В то же время, у машинного обучения есть целый ряд как теоретических, так и практических затруднений. Это, в частности, вопросы сходимости и точности, обучения без учителя, проблемы накопления обучающего материала, его предварительной обработки, длительность и трудоемкость. В нашей работе мы рассматриваем задачу, которая наглядно демонстрирует это противоречие: с одной стороны, человек с легкостью решает её на основе своего опыта, с другой – чрезвычайно сложно построить искусственную систему для её решения на основе обучения.

Задача заключается в оценке качества изображения с точки зрения «среднестатистического» человека. Другими словами, необходимо построить функцию $f(I) \in \mathbb{R}$, которая для произвольного изображения I возвращает меру его «искажения», независимо от содержания. Под искажением понимается совокупность искажающих факторов: зашумленность, четкость, контраст, геометрические деформации и т.п. Практическая значимость подобной задачи весьма высока. Вот лишь некоторые возможные её приложения: автоматическая классификация и отбраковка изображений в базах, автоматическая настройка параметров видеоаппаратуры и алгоритмов видеообработки, выборка опорных кадров из видеопотока для систем обнаружения объектов и распознавания образов. Кроме того, решение подобной задачи может быть использовано для построения систем повышения качества изображений.

В настоящее время существует несколько подходов к оценке визуального качества цифровых изображений. Наиболее известными из них являются оценки на основе отношения сигнала к шуму (например, PSNR), хотя они характеризуют только относительное качество – т.е. искажение оцениваемого изображения относительно некоторого «эталонного». Кроме этого, существуют оценки отдельных показателей, таких как четкость или контраст. Проблема заключается в том, что подобные оценки носят технологический характер и могут быть использованы только в узких областях. В последнее время были выполнены эксперименты по использованию для решения данной задачи передовых сверточных нейронных сетей [1],[2]. Они продемонстрировали принципиальную возможность такого подхода, но столкнулись с проблемами получения обучающего материала.

В предыдущих наших работах [3],[4] была предложена концепция универсального инструмента текстурного анализа изображений на основе оперирования кодами мультипикселей. Мы применили ее для решения обсуждаемой задачи оценки качества.

2. Построение кода мультипикселя

³Работа выполнена в рамках государственного задания ВлГУ в сфере научной деятельности на 2018 г.

Мультипиксель – это область изображения размера 3×3 пикселя. Некоторое окно изображения размера $3m \times 3n$ разбивается на $m \times n$ непересекающихся мультипикселей. Далее последовательно строим код каждого мультипикселя по следующей схеме. Введем девять матриц W_1, \dots, W_9 размерами 3×3 – ортонормированный базис Фрея-Чена [5, с.214]. Реакция на некоторую маску W_i – это фиксация наличия примитива (градиент, пульсация, линия, лапласиан и константа) в рассматриваемом мультипикселе. Чтобы получить отклик на маску W_i , нужно выполнить операцию свертки значений яркостей мультипикселя и элементов маски. Таким образом, для каждого мультипикселя получаем набор откликов $(a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2, e)$. Далее каждому отклику присваиваем ранг. Чем больше абсолютное значение отклика, тем меньше ранг. Если величины откликов совпадают, то вводятся равные дробные ранги таким образом, чтобы сумма рангов всегда была равна 45. В результате каждому набору откликов ставится в соответствие последовательность рангов, которую и будем считать кодом мультипикселя C : $(a_1, a_2, b_1, b_2, c_1, c_2, d_1, d_2, e) \rightarrow C = (\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_9)$.

При построении кода возникает вопрос о точности вычислений при определении величины откликов, т.к. в ряде случаев от уровня округления может зависеть результат присвоения рангов. Поэтому для наглядности в построенном примере мы рассмотрим разные уровни округления.

Перейдем к процедуре собственно определения качества изображения путем анализа кодов мультипикселей.

3. Анализ качества изображения

Предлагается следующий подход. Среди кодов мультипикселей, входящих в анализируемую область, найти уникальные, т.е. не имеющие точных копий. Относительное количество таких мультипикселей и будет характеристикой качества изображения. Действительно, если изображение низкого качества, то в нем будут преобладать мультипиксели, полностью или частично лишенные микротекстуры, что непременно отразится на кодах этих элементов и пропорции уникальных мультипикселей.

Рассмотрим изображение «хорошего» качества (эталон) и его искажения, полученные разными способами (рис. 1).

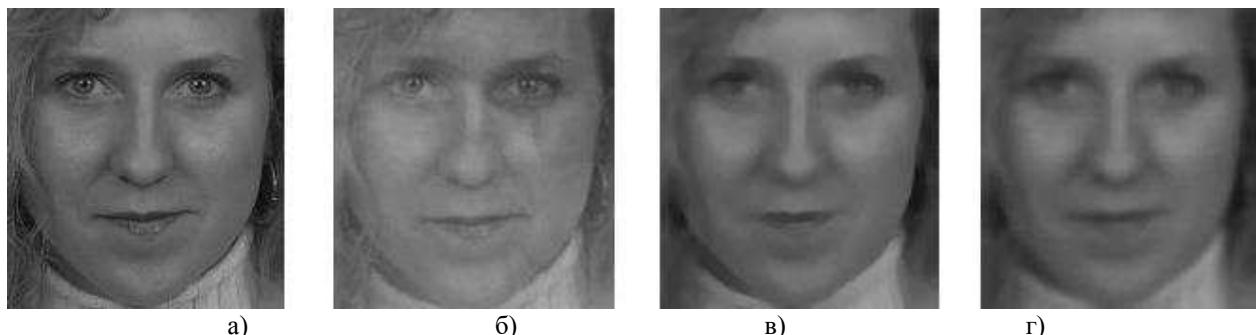


Рисунок 1 – а) эталон б) наложение тумана в) медианное размытие г) размытие по Гауссу

Получили следующие результаты. Для уровня округления при вычислении откликов 10^{-1} относительное количество мультипикселей с уникальными кодами: а) 84.4% б) 78.2% в) 62.2% г) 59% При уровне округления 10^{-5} : а) 79.4% б) 71.5% в) 57.3% г) 54.3%

Таким образом, гипотеза о связи качества изображения с долей мультипикселей, имеющих уникальный в рамках изображения код, подтверждается экспериментально. В рассмотренном примере изображения худшего качества имеют меньшую долю уникальных мультипикселей.

Библиографический список

1. Новикова Н.М., Дуденков В.М. Распознавание изображений с помощью сверточной нейронной сети и нечеткого гибридного классификатора // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – М.: Радиотехника, 2015. – №2. – с. 43-47. ISSN 1999-8554
2. Гришанов К.М., Белов Ю.С. Модель сверточной нейронной сети в задачах машинного зрения // Электронный журнал: наука, техника, образование. – Калуга: Манускрипт, 2017. – № СВ1(11).–с. 100-106. eISSN 2413-6220
3. Голубев А.С., Звягин М.Ю., Васильченкова Д.Г. Коррекция оптических искажений на основе цифровой фильтрации // Тезисы докладов Международной конференции по математической теории управления и механике (Сузdalь, 2017). – Владимир: Аркаим, 2017. – с. 73-74.
4. Голубев А.С., Звягин М.Ю., Васильченкова Д.Г. Исследование искаженных изображений при помощи инструментов текстурного анализа // Всероссийский научно-технический журнал «Проектирование

и технология электронных средств». – Владимир: Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, 2017. – №3. – С. 41-47. ISSN 2071-9809

5. Л. Шапиро, Дж. Стокман Компьютерное зрение: пер с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с. ISBN 5-94774-384-1

THE IMAGE QUALITY ESTIMATION BY MEANS OF TEXTURE ANALYSER

Zvyagin M.Y. Golubev A.S., Vasilchenkova D.G.

Vladimir State University, muz1953@yandex.ru, andrey.golubev@vlsu.ru, darya.vasilchenkova@mail.ru

We investigate the problem of image quality estimation in the case of image distortion by complex impact of multiple factors, for example, noisiness, sharpness, contrast, chromaticity, geometric deformations. The proposed solution based on the concept of “multi-pixels” and their codes builded with a special algorithm using the Frei-Chen basis. The relative number of unique codes is the desired quality estimation value. We provide results of computer experiments that confirm efficiency of the solution.

МОДЕЛЬ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ⁴

Звягин М.Ю., Голубев А.С., Васильченкова Д.Г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
"Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых", muz1953@yandex.ru, andrey.golubev@vlsu.ru, darya.vasilchenkova@mail.ru

Введение

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС) в настоящее время являются ключевым мировым трендом в развитии автотранспортных средств и дорожной инфраструктуры. В большинстве передовых стран проводятся активные исследования и эксперименты по опытной эксплуатации разнообразных технических средств с использованием современных информационных технологий. Наибольшую известность получили разработки в сегменте автономных (беспилотных) автомобилей, – однако их широкое внедрение, по ряду причин, скорее дело отдаленной перспективы. На текущий момент наибольшую практическую ценность имеют системы управления и коммуникаций, предназначенные для повышения эффективности работы транспортной сети и дорожных служб, оперативного информирования участников дорожного движения, предотвращения ДТП и автоматического оповещения об авариях. Подобные системы должны интегрировать бортовые и стационарные устройства в единое информационное пространство, при этом максимально задействовать потенциал существующих средств мобильной связи, сети Интернет, спутниковых систем позиционирования [1].

Начиная со второй половины 2000-х годов, работы в данной области активно ведутся в США, ЕС и Японии. На текущий момент в этих странах принято несколько стандартов, объединяемых общим понятием – технологии DSRC (Dedicated Short Range Communications). К ним, в частности, относятся стандарты IEEE 802.11p, IEEE 1609.x, WAVE, ETSI ITS-G5. Существует несколько компаний, изготавливающих устройства с поддержкой данных стандартов. В России работы по данному направлению находятся на этапе исследований: принято несколько нормативных актов о выделении частотных диапазонов для сетей ИТС, проводятся НИР и некоторые пилотные проекты по изучению отдельных их видов и аспектов применения. Одна из важнейших задач при разработке комплексных систем подобного типа – создание многоуровневых математических моделей и имитационных программных средств ИТС. Привлечение современных распределённых технологий для высокопроизводительных вычислительных систем дает возможность реалистично моделировать дорожную обстановку и взаимодействие участников движения в широком диапазоне сценариев. Например, для России актуальной является проблема коммуникации с автомобилями, находящимися в условиях частичного или полного отсутствия традиционной радиосвязи, включая эфирное радиовещание. Такие условия могут складываться на участках автодорог, расположенных на значительном удалении от населенных пунктов или проходящих в сильно пересеченной местности. Мы ставим своей целью решение данной задачи путем организации транзитной маршрутизации сообщений между автомобилями на основе специализированных протоколов. Далее предлагается описание концептуальной модели, на основе которой будет построен инструментарий для их разработки и тестирования.

Концептуальная модель

⁴Работа выполнена в рамках государственного задания ВлГУ в сфере научной деятельности на 2018 г.

Предлагается разделить модель обмена сообщениями между автомобилями во время движения на три подмодели: граф дорог (транспортная сеть), модель движения автомобильного транспорта (моделирование трафика) и модель обмена сообщениями между элементами. Опишем названные элементы, а именно: их структуру, свойства включенных в них объектов и динамику, если она имеется. Модели движения и обмена сообщениями являются динамическими, поэтому целесообразно ввести понятие времени. В нашем случае удобно отсчитывать время последовательными натуральными числами, т.е. дискретно по минимальным временным шагам – по тактам.

Граф дорог – статическая модель транспортной сети. Вся моделируемая область разбивается на клетки – элементы графа, т.е. узлы – это позиционные элементы (ПЭ). Свойства, или параметры ПЭ: маркер, характеризующий вхождение ПЭ в покрытие (да или нет: ПД+ или ПД–); емкость ПЭ, то есть указание максимального количества динамических элементов (ДЭ, автомобилей), которое может в нем содержаться. Идентификатором ПЭ являются координаты, т.е. пара натуральных чисел (i, j) . Соседние ПЭ обладают идентификаторами, которые отличаются друг от друга не более чем на единицу.

Модель трафика состоит из динамических элементов (ДЭ), свойствами которых являются: текущий динамический показатель, привязанный к моменту времени, т.е. указатель на ПЭ, в котором находится в данный момент ДЭ; при переходе к следующему такту указатель может измениться, а может остаться прежним (если автомобиль стоит на месте); поведение ДЭ во времени в целом характеризуется маршрутом. Маршрут – это последовательность идентификаторов ПЭ, в которой каждый следующий является соседом предыдущего. Поскольку ПЭ является соседом самого себя, то идентификатор может повторяться. Например, если ДЭ стоит на месте, то все идентификаторы маршрута одинаковы. Построение маршрута можно производить следующим образом. Пусть он начинается в ПЭ₁ и заканчивается в ПЭ₂. Соединим их кратчайшим (в смысле графа сети) путем. Путь можно удлинять, если входящие в него ПЭ повторять (при следующем такте ПЭ не меняется). Можно составлять циклические маршруты (например, маршруты движения общественного транспорта).

Анализ трафика предлагается проводить по следующей схеме. Фиксируем некоторый ДЭ: его идентификатор, ПЭ и номер такта. Пусть, например, предмет анализа – наполнение ПЭ, которому этот ДЭ принадлежит. Ищем остальные ДЭ из этого ПЭ. Их количество на данный момент времени – это заполнение ПЭ. Последовательно рассматриваем все ДЭ. Переходим к следующему такту. При этом меняется заполнение ПЭ. Изучаем динамику изменения заполнения во времени. Если есть порог заполнения, то может возникнуть переполнение. Подобная ситуация описывает пробку.

Модель обмена сообщениями – ее структурные элементы назовем информационными элементами (ИЭ). Свойства ИЭ: идентификатор ДЭ, который был генератором данного ИЭ; порядковый номер копии ИЭ; уровень приоритета класса сообщения, к которому принадлежит ИЭ. Динамика обмена ИЭ выглядит следующим образом. Некоторый ДЭ (обязательно принадлежащий ПД–) генерирует ИЭ; в ДЭ остаются только идентификаторы этих ИЭ; если же ДЭ оказывается в ПД+, то все ИЭ, которые в нем находятся, передаются статическому элементу (СЭ) – это, например, сотовая вышка, которая ассоциируется с зоной (или зонами) покрытия ПЭ+. Обмен копиями ИЭ может происходить в пределах окрестности одного ПЭ. В качестве окрестности, например, рассматриваем сам ПЭ и четыре (или восемь) ПЭ, смежных с ним. При этом определены вероятности связи с ДЭ, находящимися внутри них. Матрица вероятностей – это маска, задающая окрестность связи ДЭ. Маска является параметром модели, с помощью которого можно варьировать внешние условия, влияющие на качество связи (город, поле, горная местность и др.). В некоторый фиксированный момент времени рассматриваются все пары ДЭ, принадлежащие ПД–. Порядок отправления и приема сообщений определяется приоритетом класса, к которому принадлежит сообщение. ДЭ пытается передать все ИЭ, которые у него есть контрагенту. Контрагент, в свою очередь, принимает только те ИЭ, копий которых у него нет. Переходим к следующему моменту времени, в котором распределение ДЭ по ПЭ, естественно, поменялось.

Замечания. Для решения проблемы переполнения следует ввести счетчик и ограничение количества копий, которые может хранить и передавать ДЭ. При копировании ИЭ в ДЭ должен приниматься во внимание его приоритет: если в ДЭ достигнуто ограничение по количеству, то более приоритетный ИЭ должен заменять наименее приоритетный. Кроме этого, следует ввести параметр «время жизни ИЭ» (TTL), измеряемое в тактах. ИЭ, с момента создания (копирования) которых прошло больше тактов, должны автоматически удаляться (это нужно, чтобы ИЭ не находились в ДЭ бесконечно долго). Кроме этого, требуется рассмотреть проблему скорости доставки ИЭ статическому элементу (СЭ).

Предложенная концептуальная модель – это базовая платформа, которую предлагается положить в основу постановки имитаций (модельных экспериментов), отражающих различные свойства реальных процессов. Среди набора используемых инструментов отметим зафиксированные (счетчики, показатели переполнения, параметр TTL и др.) и динамические, подчиняющиеся некоторым вероятностным правилам. Эти принципы можно применить не только в процессе моделирования, но и в написании протоколов для реального функционирования аппарата.

Библиографический список

1. Жанказиев С.В., Воробьев А.И., Морозов Д.Ю. Тенденции развития автономных интеллектуальных транспортных систем в России // Транспорт Российской Федерации. Журнал о науке, практике, экономике. – 2016. №5(66).

THE NETWORK INTERACTION MODEL OF INTELLIGENT TRANSPORTATION SYSTEM

Zvyagin M.Y. Golubev A.S., Vasilchenkova D.G.

Vladimir State University, muz1953@yandex.ru, andrey.golubev@vlsu.ru, darya.vasilchenkova@mail.ru

We propose a multi-level conceptual model for simulating a wide-scale vehicle transportation system and evaluating VANET protocols and applications. The primary assignment is to provide advanced instrumentation facilities for developers of ad-hoc car-mounted communication devices which intended to be used in novel intelligent transportation systems.


РАЗРАБОТКА КНИ ПОЛЕВОГО ДАТЧИКА ХОЛЛА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Королев М.А., Козлов А.В., Девликанова С.С.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», kozlov_anton@org.miee.ru

Разработкой интегральных датчиков физических величин в мире занимаются свыше 40 лет, среди наиболее известных - датчики света, температуры, давления, скорости, ускорения, объема, влажности, газов и многие др. [1] Датчики контролируют параметры окружающей среды, помогая человеку принимать верные решения. Эффективно используются в автомобилестроении, авиационной промышленности, космической индустрии, энергетике, в повседневной жизни. При этом часть датчиков построена на принципе измерения параметров магнитного поля.

На сегодняшний день учеными многих стран разработано множество конструкций интегральных полупроводниковых датчиков магнитного поля, обладающих различными размерами, технологиями изготовления, магнитной чувствительностью, разрешающей способностью, диапазонами измеряемой индукции магнитного поля, величиной остаточного сигнала, величинами рабочих токов и напряжений и другими критериями качества. Интерес к этой области и разнообразие датчиков настолько велики, что в науке выделено отдельное направление – микромагнитоэлектроника [2], которое к настоящему времени насчитывает три этапа развития.

Наряду с такими известными конструкциями магниточувствительных элементов, являющихся основными чувствительными элементами датчика магнитного поля, как класс магнитотранзисторов, классический элемент Холла и магнитодиоды, в последние годы набирает популярность КНИ полевые датчики Холла, т.к. такие структуры обладают рядом непревзойденных достоинств – детектирование и преобразование магнитного поля при высоких температурах (до 300 °C); высокая устойчивость к воздействию радиации за счет КНИ-технологии; пороговая магнитная чувствительность может резко возрастать (в десятки раз); работает при низком значении рабочего тока; может управляться постоянным током и др.

Не смотря на то, что уже выпущены опытные образцы и проведены измерения (рис.1), дальнейшая оптимизация параметров КНИ ПДХ невозможна без использования численного моделирования. Наиболее доступным инструментом исследования явилась система приборно-технологического моделирования Sentaurus TCAD компании Synopsys [3], которая позволяет проводить численные расчеты электрофизических параметров областей полупроводниковых приборов и электрических характеристик в магнитном поле.

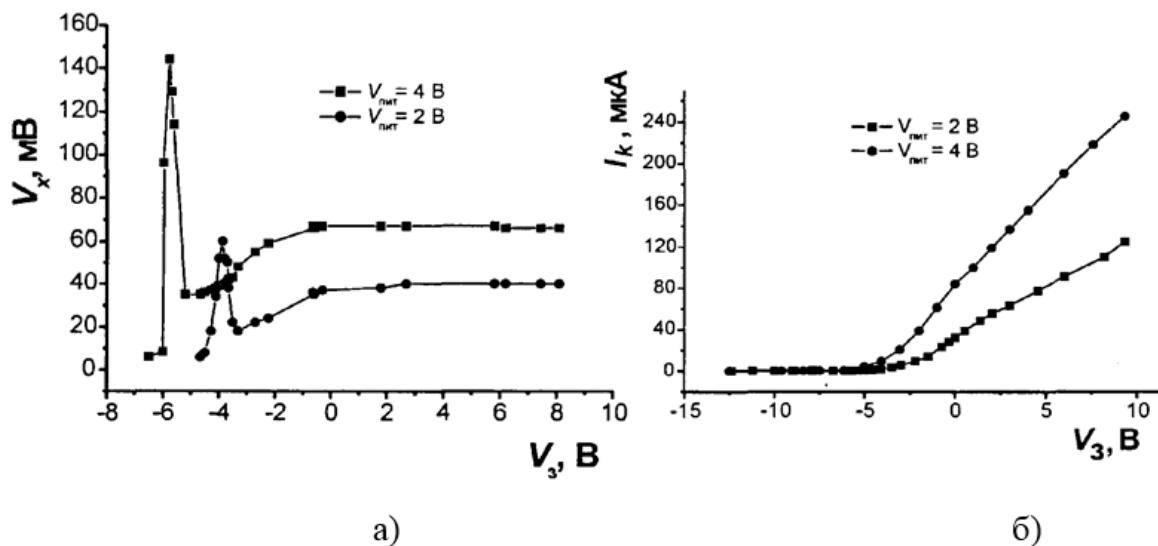


Рисунок 1 – Холловские (а) и сток-затворные (б) характеристики опытных образцов КНИ ПДХ при различном напряжении на верхнем затворе

В качестве основного материала используется слаболегированная кремниевая подложка n-типа, на которой выращивается слой оксида кремния. На изолирующий SiO_2 нанесен рабочий слой n-Si с постоянной концентрацией примеси фосфора. По краям рабочего n-Si слоя формировались омические контакты n⁺-Si со спадающей концентрацией донорной примеси. На рабочий n-Si слой нанесен диэлектрик SiO_2 , на котором сформирован алюминиевый слой – верхний электрод затвора. На нижней границе также нанесен алюминиевый слой – нижний электрод затвора. Для численного моделирования структура задавалась аналитически в редакторе MDRAW.

Двухмерная модель КНИ ПДХ представлена на рисунке 2.

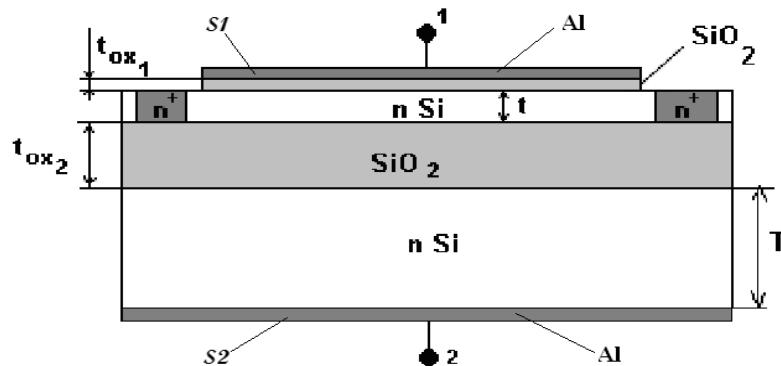


Рисунок 2 – Двухмерная модель КНИ ПДХ (1, 2 – контакты верхнего и нижнего затворов, t – толщина рабочего слоя кремния, t_{ox1} – толщина верхнего подзатворного диэлектрика, t_{ox2} – толщина скрытого диэлектрика КНИ структуры, T – толщина подложки)

Принцип работы КНИ ПДХ следующий. Если приложить разность потенциалов между n⁺ – омическими контактами стока и истока, то в рабочем слое n-Si образуется канал, и потечет ток стока. Изменяя величину управляющего потенциала верхнего затвора относительно истока, на поверхности кремния образуется область пространственного заряда, которая влияет на увеличение (повышая проводимость канала) или уменьшения тока стока (перекрывая канал). Т.к. р-п переходы в структуре отсутствуют, это позволяет использовать невысокие управляющие напряжения, что заметно снижает потребляемую мощность. Управлять током в канале можно также с помощью нижнего затвора.

Ранее [4] авторами проводилась настройка математической модели КНИ ПДХ, а также сравнение экспериментальной и расчетной передаточных характеристик. Установлено хорошее совпадение, что свидетельствует об адекватности разработанной математической модели реальному образцу прибора. В процессе исследования КНИ ПДХ были рассчитаны семейство выходных ВАХ ПДХ при разных

концентрациях примеси в рабочем слое, семейство передаточных ВАХ ПДХ в зависимости от концентрации примеси в рабочем слое прибора, семейство передаточных ВАХ ПДХ при разных концентрациях примеси в объеме подложки, зависимость тока стока от уровня легирования рабочего слоя при нулевом потенциале на затворе и др. На этом этапе использовалось двумерное моделирование с применением диффузионно-дрейфовой модели: решались уравнения непрерывности для электронов и дырок, а также уравнение Пуассона.

Использовался следующий алгоритм проведенных численных расчетов: 1) создание аналитической модели КНИ ПДХ в графическом редакторе MDRAW; 2) электрофизическое моделирование в программе DESSIS; 3) построение семейств ВАХ в программе INSPECT; 4) построение распределений технологических и электрофизических параметров в программах TECHPLOT и PICASSO.

Однако для моделирования холл-затворных характеристик потребовался переход на трехмерную модель, учитывающую распределение носителей заряда и растекание тока по трем координатам. На рисунке 3 представлена трехмерная модель КНИ ПДХ.

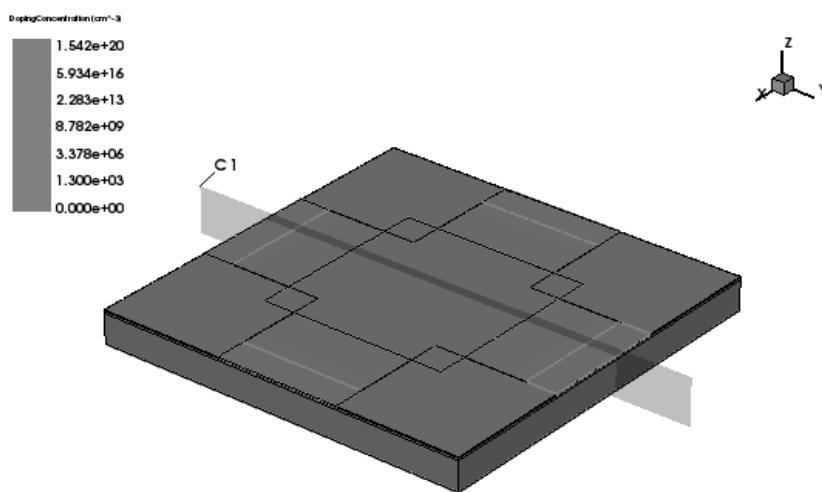


Рисунок 3 – Трехмерная модель КНИ ПДХ (крестовидная структура имеет два токовых контакта и два холловских контакта)

Трехмерная структура КНИ ПДХ формировалась в программе SDE аналитическим способом. В частности, создавались слои прибора, была указана концентрация примеси в них, формировались контакты, осуществлялось построение расчетной сетки для последующего расчета ВАХ, магнитной чувствительности, холловского напряжения в магнитном поле и в его отсутствии. Проводилась настройка параметров математической модели. Расчеты электрофизических параметров областей приборов и ВАХ осуществлялась в программе Sentaurus SDevice, для этого применялись модели DopingDep (учет влияния распределения легирующей примеси на подвижность носителей заряда) и Enormal (учет поперечного электрического поля на подвижность носителей заряда). Осуществлялся учет энергетического барьера между уровнем Ферми металла (верхним электродом) и уровнем Ферми кремния (рабочий n-слой) через тонкий подзатворный диэлектрик. Задавалась концентрация поверхностных состояний на границе Si/SiO₂ равной N_{ss}=10¹¹ см⁻³.

Выбиралась схема включения с общим электродом истока. Напряжение на верхнем затворе изменялось в диапазоне от -10 до 10В. Напряжение на электроде стока выбиралось постоянным V_d=2В. Задавалось постоянное магнитное поле, направленное перпендикулярно поверхности кристалла, с индукцией B=60 мТ. Анализ зависимостей ЭДС Холла от напряжения на верхнем затворе при различной концентрации примеси в рабочем n-слое позволяет сделать вывод, что максимальная величина ЭДС Холла соответствует низкой концентрации примеси в n-слое N_{Si}=10¹⁶ см⁻³. На рисунке 4 приведены зависимости максимума ЭДС Холла и величины динамического диапазона области повышенной магниточувствительности от концентрации примеси n-рабочего слоя. Из рисунка видно, что динамический диапазон, наоборот, возрастает с увеличением уровня легирования кремниевого рабочего n-слоя.

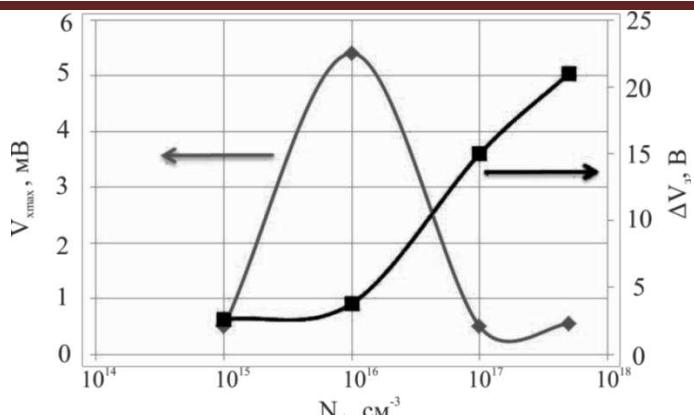


Рисунок 4 – Влияние уровня легирования рабочего п-слоя на ЭДС Холла и величину динамического диапазона области повышенной магниточувствительности

Ранее было показано, что максимальная чувствительность КНИ ПДХ наблюдается в области неполного обеднения работы прибора. В дальнейшем численные расчеты будут направлены на повышение ЭДС Холла, разрешающей способности и сокращение размеров элементов.

Заключение. Интерес к датчикам магнитного поля вызван развитием разных сфер науки и техники. В море информации и высокой занятости человек всё больше нуждается в помощниках для сбора данных окружающей среды, их первичного анализа, а в некоторых случаях даже принятия решения. Всё чаще люди доверяют свой комфорт радиоэлектронным устройствам с множеством датчиков физических величин. Удобство, которое доставляют «умные» радиоэлектронные системы, позволяет человеку сфокусироваться на новых задачах, объектах и делах.

Библиографический список

1. Шерстобитова А.С. Датчики физических величин. – СПб: Университет ИТМО, 2017. – 57 с.
2. Бараночников М.Л. Микромагнитоэлектроника Том 1 под общей редакцией д. ф- м.н., проф. Мордковича В.Н. Москва: Издательство «ДМК Пресс», 2011
3. Synopsys Sentaurus TCAD manual 2015.
4. А.В. Козлов, М.А. Королёв, С.С. Петрунина Математическое моделирование влияния концентрации примеси на величину тока стока КНИ полевого датчика Холла / Известия ВУЗов. Электроника, том 20, №4, 2015г., стр.377-381.

SOI HALL FIELD SENSOR DEVELOPMENT TO CONTROL THE PARAMETERS OF THE MAGNETIC FIELD ENVIRONMENT

Korolev M.A., Kozlov A.V., Devlikanova S.S.

National Research University of Electronic Technology, kozlovanton@org.miet.ru

In the article experience of development of the SOI Hall field sensor (SOI HFS) by means of the device-technological modeling by Synopsys Sentaurus TCAD described. It is shown that experimental samples of these sensors were developed earlier, but their further study is associated with the use of mathematical modeling tools. It is stated that the advantages of SOI HFS: determination of the magnetic field at high temperatures, high resistance to radiation, low value of the operating current, etc.

The diffusion-drift model in modeling was used, two-dimensional and three-dimensional approximation was used. At the initial step, the mathematical model was adjusted, then the transfer volt-ampere characteristics of the numerical model with the results of measurements of prototypes were compared. A good coincidence of graphs is established, which indicates the adequacy of the developed mathematical model to the real model of the device.

Use algorithm of Synopsys Sentaurus TCAD programs package to simulate the SOI HFS a magnetic field and in its absence. The volt-ampere characteristics in a wide range of control voltage at the upper gate were found. On the basis of the obtained results, the dependence of the Hall EMF and the dynamic range of the region of increased magnetic sensitivity on the doping level of the semiconductor working n-layer is constructed.

Further research at increasing the Hall EMF, the resolution of the sensor and reduce the size of the elements will be aimed.

ЭЛЕКТРОННЫЙ МЕТОД СТАТИСТИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Кротова Е.И.

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова, ken@uniya.ac.ru

Влажность воздуха - это величина, характеризующая содержание водяных паров в атмосфере Земли и являющаяся наиболее существенной характеристикой погоды и климата. Влажность воздуха в земной атмосфере колеблется в широких пределах. У земной поверхности содержание водяного пара в воздухе составляет в среднем от 0,2% в высоких широтах, до 2,5% в тропиках. В качестве параметров, характеризующих влагосодержание, используется абсолютная и относительная влажность.

Абсолютная влажность воздуха - это масса водяного пара, которая может содержаться в единице объема воздуха, т.е. плотность содержащегося в воздухе водяного пара [$\text{г}/\text{м}^3$]. Значения влажности колеблются от 0,1 до 1,0 г/м в зимнее время над материками, до 30 г/м³ и более в зоне экватора [1].

Относительная влажность - это отношение абсолютной влажности к максимальной влажности. Эта величина измеряется в процентах.

Известны приборы, позволяющие измерять относительную влажность воздуха, начиная с термогигрометров, использующих психрометрический метод измерения, и современных электронных измерителей влажности воздуха с микропроцессорным управлением, использующих метод прямого измерения относительной влажности воздуха.

Для измерения влажности прямым методом используются датчики: емкостные, резистивные, на основе оксида олова и на основе оксида аллюминия. Наибольшее распространение получили емкостные датчики.

Однако показания приборов, основанных на электронном методе измерения значительно отличается от традиционных приборов (гигрометров) особенно в холодное время года. Это обусловлено тем, что с одной стороны, чем ниже температура атмосферного воздуха тем он суще, а с другой стороны, чем выше температура воздуха в помещениях, тем меньше реальная величина воздуха в помещениях.

Приборы, имеющие повышенную точность не зависимо от времени года- термогигрометры, имеют связь с компьютером и возможность регистрации показаний в реальном масштабе времени через интерфейс. Эти приборы с помощью гистограммы отражает данные температуры и влажности за период до 12 недель без необходимости в проведении комплексного анализа на ПК.

При экологической оценке территории исследуется влияние показателей температуры и влажности воздуха на условия проживания, отдыха, трудовой деятельности населения. Необходимо понимать характер связи между температурой, относительной и абсолютной влажностью воздуха.

Для статистического анализа зависимости влажности от температуры используют различные методы. Например, для оценки степени влияния температуры воздуха на его влажность в различных климатических условиях используют корреляционный анализ связи этих параметров [2].

При этом необходимо установить взаимосвязь между тремя показателями воздуха: температурой, абсолютной и относительной влажностью. Применяется моделирование, основанное на выявление теоретических зависимостей относительной влажности воздуха от его температуры при разных уровнях абсолютной влажности.

При этом проводится анализ метеорологической и климатической изменчивости в конкретных условиях. В последнее время придается большое значение исследованию влияния на вышеуказанные характеристики воздуха не только различия метеорологических условий в разные промежутки времени на одной территории, но и неодинаковые климатические условия в разных географических зонах.

Расположенные вблизи к океанам и морям, искусственным водоемам и большим орошаемым территориям имеют повышенную абсолютную влажность воздуха, а поэтому при данном "оазисном эффекте" значительно снижается испаряемость и скорость влагопотребления растениями и живыми организмами.

В данной работе для исследования зональных климатических различий по абсолютной влажности предлагается использовать статистический метод обработки выборочных значений влажности, полученных при контроле в реальном времени.

При этом необходимо проводить идентификацию вида закона распределения плотности вероятности массива значений измеренной влажности [3],[4],[5].

При этом нет необходимости проводить расчеты соотношений между температурой воздуха, его относительной и абсолютной влажностью и другими характеристиками.

При рассмотрении вопроса контроля физико-химических свойств окружающей среды, к которым относится влажность, встает несколько задач [1]:

- 1) выбор оптимального числа и рода параметров;
- 2) определение объема представительной выборки;
- 3) методы нахождения аналитической формы закона распределения, адекватной реальному распределению значений контролируемого параметра.

Известно, что основные параметры, характеризующие окружающую среду, рассчитываются из условия, что значения влажности воздуха имеют среднее значение, соответствующее нормальному закону распределения.

Анализируя достоинства и недостатки современных методов контроля влажности воздуха, можно предложить следующее решение задачи повышения эффективности контроля состояния окружающей среды: непостоянство значений параметра влажности, что указывалось как недостаток автоматических устройств контроля, несет информацию о различном влагосодержании в разных порциях объема, контролируемого воздуха, наличии паров различных химических веществ, дополнительного подогрева за счет производственных процессов на предприятиях.

В [3] предлагается параметр идентификации вида распределения Z , определяемый суммой отношения энтропийного коэффициента k , к контрэксессу χ и учетверенного коэффициента асимметрии s , полученных для массива отсчетов влажности.

$$Z = \frac{k}{\chi} + 4s \quad . \quad (1)$$

$$k = \frac{d \cdot n}{2 \cdot \sigma} 10^{-\frac{1}{n} \sum_{j=1}^m n_j \lg n_j}, \quad (2)$$

где d — ширина столбца гистограммы

n — объем выборки

σ — среднеквадратическое отклонение

m — число столбцов гистограммы ($m = 4 \ln(n)$)

n_j — число наблюдений в столбце;

$$\chi = 1/\sqrt{\varepsilon}, \quad (3)$$

где ε — эксцесс;

$$s = \mu_3 / \sigma^3, \quad (4)$$

где μ_3 — момент третьего порядка,

σ^3 — среднеквадратичное отклонение в третьей степени.

Структурная схема системы автоматического контроля влажности [3], основанная на применении предложенного метода представлена на рис. 1.



Рисунок 1 – Структурная схема системы контроля влажности

Назначение и принцип работы основных блоков структурной схемы заключается в следующем.

Датчик изменяет свои электрические свойства (сопротивление) в зависимости от влажности воздуха, в который он помещен. Выходной сигнал с датчика подается на вход электронного измерителя-преобразователя, в котором осуществляется преобразование "сопротивление- частота", а затем, измеренное значение частоты в зависимости от величины изменения сопротивления датчика при разной влажности воздуха w_i , отображаются в визуальной форме с помощью индикатора. С другого выхода измерителя-

преобразователя массив данных, задаваемого объема N , в виде выборки значений частоты $x(t)$, пропорциональных влажности воздуха, подается на вход идентификатора закона распределения, в котором осуществляется идентификация закона распределения плотности вероятности по параметру Z , описанному ранее. На выходе идентификатора формируется среднеквадратичное отклонение и величина отклонения его от значения, соответствующего нормальному закону распределения значений частоты, соответствующей выборкам влажности $x_j(t)$.

На рис. 2 представлена подробная структурная схема электронного измерителя- преобразователя.

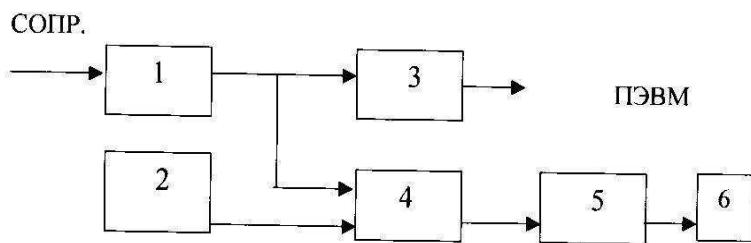


Рисунок 2 – Структурная схема электронного измерителя-преобразователя

Сопротивление датчика (СОПР.) включено в схему измерительного генератора 1, при изменении сопротивления датчика от влажности воздуха происходит изменение частоты этого генератора. С помощью частотомера 3 это изменение фиксируется и вводится в виде числового файла (вручную или автоматически с выхода частотомера 3 на ПЭВМ) в программу идентификации вида распределения.

Для обеспечения оперативного контроля влажности предусмотрена операция сравнения частоты измерительного генератора 1 с частотой опорного генератора 2 с помощью устройства сравнения 4. Выходное напряжение устройства сравнения интегрируется с помощью интегратора 5. Время интегрирования выбирается с учетом инертности датчика. При равенстве частот на выходе интегратора напряжение достигает определенного уровня. Это напряжение характеризует влажность и используется для включения индикатора при достижении влажности, соответствующей нормальным климатическим условиям в данное время года на данной местности в заданное время суток.

Индикатор 6 представляет собой ключевую схему, состоящую из компаратора и ключа, управляющего включением и выключением лампочки или светодиода.

Контроль влажности производился следующим образом: предварительно отградуированный датчик располагался над поверхностью земли. Далее, велся контроль и фиксирование значений частоты измерительного генератора с помощью частотомера и ввод его показаний в виде числового файла в ПЭВМ, где реализовался алгоритм идентификации, объем выборки $N=100$. После получения информации о виде закона распределения частоты измерительного генератора, соответствующей влажности воздуха, производилось определение вида закона распределения влажности, а, следовательно, отличие его от нормального закона распределения. При этом велся контроль за состоянием индикатора (лампочки), который при достижении заданной влажности, гаснет.

На рис. 3 представлен градуировочный график электронного измерителя влажности.

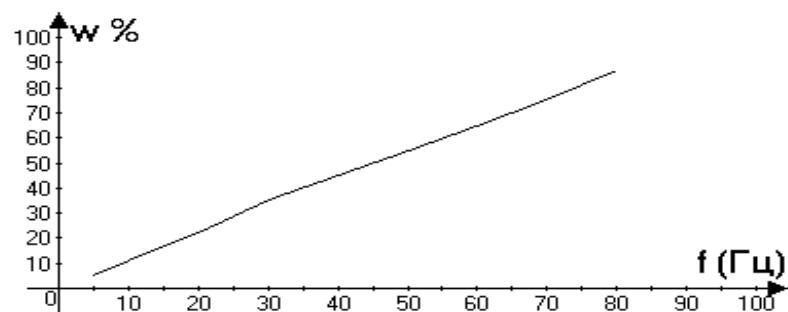


Рисунок 3 – Градуировочный график электронного измерителя влажности

Разработанный метод контроля влажности воздуха с использованием статистических характеристик и идентификацией распределения выборочных значений влажности позволяет обеспечить наблюдение за параметрами окружающей среды в реальном времени, позволяет выявить очаги повышенной влажности

техногенного характера, а при наблюдении за видом закона распределения влажности в течении суток создается возможность раннего предсказания атмосферных явлений, циклонических процессов. Это позволит более точно составлять прогноз погоды на данной территории. Вид распределения влажности в течении суток может идентифицироваться как равномерный, нормальный, арксинусный. При некоторых условиях параметр Z может соответствовать и другим видам распределения плотности вероятности. Электронное устройство довольно легко можно реализовать с помощью ПЛИС и микроконтроллеров.

Метод позволяет контролировать перемещение воздушных масс с различной влажностью над данной территорией, что может быть полезным для коммунальных служб, гражданской и военной авиации, промышленных предприятий.

Библиографический список

1. Колосков П.И. Климатический фактор сельского хозяйства и агроклиматическое районирование/П.И. Колосков.-Л.: Гидрометеоиздат, 1971.-328 с.
2. Полякова Л.С., Кашарин Д.В. Учебное пособие. "Метрология и климатология": Новочеркаск, НГМА, 2004.-107 с.
3. Кротова Е.И. Идентификация типа распределений результатов экспериментальных исследований //Известия вузов. Химия и химическая технология. – 1998, № 1. – С. 57 – 59.
4. Кротова Е.И. Моделирование работы алгоритма идентификации закона распределения влажности гранулированных материалов // Международный сб. трудов "Информационные технологии моделирования и управления". Выпуск 18 / Под ред. д.т.н., проф. О.Я. Кравца. – Воронеж: изд-во "Научная книга", 2004. – С. 95 – 101.
5. Кротова Е.И. Модель блока контроля состояния системы по виду распределения контролируемых параметров // Сб. трудов IV Всеросс. научной интернет-конф. "Компьютерное и математическое моделирование в естественных и технических науках", Тамбов, 2002. – Вып. 21. – Тамбов, 2002. – С. 75.

ELECTRONIC METHOD OF THE STATISTICAL CONTROL OF PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF THE ENVIRONMENT

Krotova E.I.

The Yaroslavl state university him. P.G.Demidova, E-mail: ken@uniya.ac.ru

In the report the method of the automatic control of humidity with application of identification of a kind of the law of distribution of selective values of humidity in real time is considered.



РОЛЬ ГИДРОДИНАМИКИ В ФОРМИРОВАНИИ ЯДЕРНЫХ ПОР.

Кувичкин В.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биофизики клетки Российской академии наук, vvkuvichkin@gmail.com

Исследование ДНК-липидных взаимодействий *in vitro* имеет 50-летнюю историю и происходило из исследования ДНК-мембранных комплексов (ДМК)[1]. На основе собственных и литературных данных была предложена модель DMC и их участие в формировании структур нуклеоидных и ядерных оболочек с порами.

Понимание роли ядерных пор не только в качестве каналов между ядром и цитоплазмой, но и в качестве основного регулятора экспрессии генов позволит использовать эти знания в нанобиотехнологии и медицине, в частности, в генной терапии. В генной терапии основным методом переноса генов в клетках являются комплексы ДНК, которые практически токсичны для человека. Циттерионные липиды составляют до 50 мас.% мембран, и, кроме того, участие в ДМК может действительно заменить катионные поверхностно-активные вещества в качестве переносчика нуклеиновых кислот в клетках.

В современных моделях ядерных пор (ЯП) участие ДНК и липидов не предполагается. Задача этого исследования заключалась в том, чтобы выбрать систему циттерионных липосом с добавлением других липидов, ДНК и Mg²⁺ для образования дырок в двойном липидном бислое, подобном ЯП, но без белков, которые, как полагают, основаны на конструкционном элементе в современных моделях ЯП [2]. Создание поры между разнесенными липидными бислойами является основным препятствием для таких моделей, но эту проблему легко преодолеть в нашей модели.

В этой системе есть много мест, где ТК расположен близко к двойному липидному бислою. В качестве одного бислоя может быть двухслойный большой липосомы, при этом второй бислой липосомы

составляет (1-5) мкм в диаметре вне гигантской липосомы. Липосомы такого размера удобнее наблюдать с помощью видимой микроскопии. Используя этот метод, мы получили образование кратковременных каналов между ТК и липосомой за пределами гигантской липосомы. Кроме того, мы наблюдали выбросы частиц, содержащих ДНК из гигантских липосом, что приводило к их перемещению на расстояние, кратное их размеру. Это указывает на высокую энергию плавления между ТК и липидным бислой. Не все ТК достигают ядерной мембранны и превращаются в поры; многие из них расположены далеко от ядерного конверта, также усиливая транскрипцию. ТС может формировать агрегаты, которые являются основой «транскрипционных фабрик». В нашей модели полностью отсутствуют белки.

Задача этого исследования заключалась в том, чтобы выбрать систему цвиттерионных липосом с добавлением других липидов, ДНК и Mg²⁺ для образования дырок в двойном липидном бислое, похожих на ядерные поры, но без белков, которые, как полагают, являются основным конструкционным элементом в современных моделях ядерных пор. Создание поры между расположенными далеко друг от друга липидными бислоями является основным препятствием для таких моделей, но эту проблему легко преодолеть в нашей модели [3]. В ней есть много мест, где ТС расположен близко к двойному липидному бислою. В качестве одного бислоя может быть бислой гигантской липосомы (диаметром > 10 μm), при этом второй липидный бислой составляет (1-5) мкм в диаметре и находится вне гигантской липосомы. Липосомы такого размера удобнее наблюдать с помощью видимой микроскопии. Используя этот метод, мы получили образование кратковременных каналов между ТК и липосомой за пределами гигантских липосом. Кроме того, мы наблюдали выбросы частиц, содержащих ДНК из гигантских липосом, что приводило к их перемещению на расстояние, кратное их размеру. Это указывает на большую разницу в энергии поверхностного натяжения между ТК и липидным бислой. Ядерные поры служат в качестве сайтов инициирования транскрипции в клетке, потому что одноцепочечная ДНК – лучший сайт инициации транскрипции. Не все ТК достигают ядерной мембранны и превращаются в поры; многие из них расположены далеко от ядерного конверта, также усиливая транскрипцию. ТК может формировать агрегаты, которые являются основой «транскрипционных фабрик».

Библиографический список

1. Kuvichkin V.V., (2002), Bioelectrochemistry, 58, 3–12;
2. Kuvichkin V.V., Danev, R., Shigematsu, H., Nagayama, K. J. Membr. Biol., (2009), 227:95–103;
3. Kuvichkin VV., (2011), J. Membr. Biol., 241,109-116.

THE ROLE OF HYDRODYNAMIC FORCES ON NUCLEAR PORE ASSEMBLY

Kuvichkin V.V.

Russian Academy of Sciences, Institute of Cell Biophysics 142290
Pushchino, Russia, kuv@ibpm.pushchino.ru

In current models of nuclear pore (NP), the participation of DNA and lipids is not assumed. The task of this study was to select a system of zwitterionic liposomes with the addition other lipids, DNA and Mg²⁺ to create holes in a double lipid bilayer similar to NP but without proteins, which are believed based constructional element in modern models of NP. The creation of pores between spaced lipid bilayers is the main obstacle of such models, but this problem easily overcomes in our model.



БИОСЕНСОРНЫЙ ПОДХОД К ИЗУЧЕНИЮ НОВЫХ АЭРОБНЫХ МЕТИЛОТРОФОВ

Кувичкина Т.Н., Капаруллина Е.Н., Доронина Н.В., Троценко Ю.А., Решетилов А.Н
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биохимии и физиологии
микроорганизмов им. Г.К. Скрябина Российской академии наук, kuv@ibpm.pushchino.ru

Аэробные метиlobактерии – группа метилотрофных прокариот, использующих окисленные и замещенные производные метана в качестве источников углерода и энергии. Следует отметить, что эти производные могут иметь несколько атомов углерода (например, триметиламин), однако не имеют С-С связи. Обнаружено, что способностью к метилотрофии обладают представители разных филумов, семейств и порядков бактериального домена [1]. Недавно нами выделены два новых штамма. Штамм F5 (ВКМ В-3226) выделен из прибрежного ила пресного озера в окрестности г. Пущино Московской области. На основании хемо- и генотаксономических данных штамм отнесен к классу *AlphaProteobacteria*, к новому виду рода *Paracoccus*, для которого предложено название *Paracoccus simplex* ВКМ В-3226 [2]. Другой штамм AzMo (ВКМ Ac-2782) выделен из прибрежной зоны Азовского моря. Секвенирование гена 16S рРНК штамма выявило его сходство с представителями рода *Rhodococcus*: 99.9% с *R. wratislaviensis* IEGM 1112^T

(=NCIMB 13082^T), 99,4% с *R. imtechensis* IEGM 940^T (=Rkj300^T) и 99,2% с *R. koreensis* IEGM 962^T (=DNP505^T). ДНК-ДНК гомология штамма AzMo с *R. wratislavensis* IEGM 1112^T составила 76%, что дало основание отнести новый изолят к данному виду. Представители рода *Rhodococcus* широко распространены в природе и обладают большой метаболической пластичностью, являются перспективными промышленными микроорганизмами для биотрансформации и биодеградации многих экологически важных органических соединений. Однако метилотрофные виды рода *Rhodococcus* до сих пор не описаны.

Целью работы являлось использование двух новых штаммов метилотрофов *Paracoccus simplex* BKM B-3226 и *Rhodococcus wratislavensis* BKM Ac-2782, как основы биосенсора для определения: метиламина, метанола, этанола, изопропанола.

Исследуемые штаммы выращивали в жидкой среде в колбах на качалке. Штамм *P. simplex* BKM B-3226 выращивали в среде с метиламином в качестве единственного источника углерода, азота и энергии. Биомассу (конец экспоненциальной фазы роста) отделяли центрифугированием, дважды промывали калий-фосфатным буфером. Суспензию клеток использовали для иммобилизации. Иммобилизованные клетки (ИмК) получали методом физической адсорбции на носителе (хроматографическая стеклобумага GF/A). В качестве преобразователя использовали кислородный электрод Кларка. Регистрируемым параметром являлась максимальная скорость изменения выходного сигнала dI/dt (нА/с), связанная пропорциональной зависимостью со скоростью изменения концентрации потребленного кислорода в измеряемом водном образце.

Выявлено, что оба штамма *P. simplex* BKM B-3226 и *R. wratislavensis* BKM Ac-2782 способны использовать метиламин в качестве источника углерода, азота и энергии. Показано, что содержание сырой биомассы 1,0 или 1,5 мг на рецепторе является наиболее благоприятным. Такое содержание биомассы использовали в дальнейшей работе. Для измерения pH-зависимости использовали 50 мМ калий-фосфатный буфер в диапазоне значений pH 4,80 – 8,30. Максимальный ответ ИмК *P. simplex* наблюдался при pH 7,5. Калий-фосфатный буфер с таким значением pH использовали в дальнейших экспериментах. Ионная сила не оказывала существенного влияния на ответ биосенсора. На рисунке 1 представлена градуировочная зависимость ответа биосенсора на основе ИмК штамма *P. simplex* BKM B-3226 от концентрации метиламина. Скорость окисления метиламина повышалась по мере увеличения его концентрации. Нижний предел определения составил 2,7 мкМ. Следует отметить, что градуировочный график включает в себя концентрацию, равную предельно допустимой концентрации (ПДК) для метиламина в воде (ПДК=1 мг/л или 33 мкМ). При введении в кювету ряда других субстратов также регистрировали ответы биосенсора. На рисунке 2 представлена субстратная специфичность. Показано, что штамм *P. simplex* BKM B-3226 окисляет метиламин классической метиламиндегидрогеназой [2]. При введении диметиламина в рассматриваемых концентрациях не наблюдалось ответа. Триметиламин (2) имеет меньшую величину ответа по сравнению с метиламином, возможно, из-за стерических затруднений. Культура не росла на метаноле (3), однако, регистрировали большую величину ответа. При введении формальдегида (4), продукта окисления метанола наблюдалась небольшая величина ответа. Для низших алифатических одноатомных спиртов гомологического ряда этанол (5), н-пропанол (6) и н-бутанол (8) наблюдались значительные величины ответов. Для изомеров изопропанола (7) и трет-бутанола (9) зафиксированы небольшие величины ответов. Вероятно, это связано со стерическими затруднениями. Другой новый штамм отнесен к *R. wratislavensis* BKM Ac-2782. Он способен расти на средах с метилированными аминами, а также на полиуглеродных субстратах. На рисунке 3 представлена градуировочная зависимость ответа биосенсора на основе ИмК штамма *R. wratislavensis* BKM Ac-2782 от концентрации метиламина. На рисунке 4 представлена градуировочная зависимость ответа биосенсора на основе ИмК штамма *R. wratislavensis* BKM Ac-2782 от концентрации метанола. Рост штамма на среде с метанолом в качестве единственного источника углерода и энергии явился предпосылкой для изучения окисления и других алифатических одноатомных спиртов: этанола, изопропанола и изобутанола. На рисунке 5 представлены градуировочные зависимости ответов биосенсора на основе ИмК штамма *R. wratislavensis* BKM Ac-2782 от концентрации этанола (1), изобутанола (2), изопропанола (3). Время анализа для обоих биорецепторов составляло 20 мин.

Таким образом показано, что оба новых изолятов *Paracoccus simplex* BKM B-3226 и *Rhodococcus wratislavensis* BKM Ac-2782, могут быть использованы как основы биосенсора для определения: метиламина, метанола, этанола, изопропанола.

Библиографический список

1. Троценко Ю.А., Доронина Н.В., Торгонская М.Л. Аэробные метилобактерии // Пущино: ОНТИ ПНЦ РАН. 2010. 325 с.
2. Доронина Н. В., Капаруллина Е. Н., Чемодурова А. А., Троценко Ю.А. *Paracoccus simplex* sp. nov. – новый факультативный метилотроф, использующий метиламин // Микробиология. 2018. В печати

BIOSENSORY APPROACH TO THE STUDY OF NEW AEROBIC METHYLOTROPHES

Kuvichkina T.N., Kaparullina E.N., Doronina N.V., Trotsenro Yu.A., Reshetilov A.N.

G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms Russian Academy of Sciences,
kuv@ibpm.pushchino.ru

Recently, we isolated two new strains. One of them is isolated from the coastal silt of a fresh lake in the vicinity of Pushchino, Moscow Region. The strain is classified as AlphaProteobacteria, to a new species of the genus *Paracoccus*, for which the name *Paracoccus simplex* VKM B-3226 is proposed. Another strain is isolated from the coastal zone of the Azov Sea and is characterized as *Rhodococcus wratislaviensis* VKM Ac-2782. It is shown that both new isolates can be used as a bioreceptor of the laboratory model of an amperometric biosensor for the determination of methylamine and lower aliphatic monohydric alcohols, methanol, ethanol, isopropanol.



**ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РАБОТЫ СИГНАЛИЗАТОРОВ, ПРЕДНАЗНАЧЕННЫХ ДЛЯ
ОБНАРУЖЕНИЯ АНОМАЛИЙ ВО ВРЕМЕННЫХ РЯДАХ**

Лукьянов В.Е., Грунская Л.В., Исакевич В.В., Исакевич Д.В.

Управление Россельхознадзора по Владимирской области, L.v.e@bk.ru

Владимирский государственный университет имени А. Г. и Н.Г. Столетовых, grunsk@vlsu.ru

ООО «Собственный вектор», eigenscope@yandex.ru

Данная работа посвящена разработке подхода, позволяющего в значительной степени улучшить качество работы различных сигнализаторов, предназначенных для обнаружения аномалий во временных рядах. С использованием схемы Бернулли получена оценка отношения правдоподобия возникновения аномальных событий при обработке временных рядов. В качестве решающего правила о наличии аномалий во временных рядах, величина оценки правдоподобия сравнивается с заданным пользователем порогом принятия решения.

Существуют различные методы, предназначенные для обнаружения реперных точек, связанных с предвестниками аномальных событий, в том числе геофизического и техногенного характерах [4-7]. Предупреждать стихийные природные явления и техногенные катастрофы на основе мониторинга их предвестников более выгодно, чем ликвидировать то, к чему стихийные бедствия и чрезвычайные ситуации приводят.

В патенте на полезную модель [1] предложено устройство, предназначенное для обнаружения реперных точек, связанных с предвестниками аномальных событий, при анализе временных рядов (ВР) вертикальной составляющей электрического поля и/или геомагнитного поля в пограничном слое атмосферы Земли (или ВР иной природы, например ВР концентрации радона на геофизических полигонах), с целью прогнозирования сильных землетрясений. Отмечено, что СИГК может быть использовано в других областях практической деятельности, где возникает задача наблюдения за некоторым объектом, поведение которого описывается ВР.

СИГК в своей работе использует в своей работе комбинацию айгеноскопии [2] с вычислением произведения коэффициентов разложения временных рядов по специально отобранным собственным векторам — произведение энергетически недоминирующих главных компонент (ГК). Далее, в качестве решающего правила, величина ГК сравнивается с заданным пользователем порогом принятия решения — квантилем заданного уровня, например $q=0.99$. Превышение порога рассматривается как наличие реперных точек, связанных с предвестником прогнозируемого аномального события.

Часто возникают ситуации, когда принятие решения о наличии реперных точек, связанных с предвестниками аномальных событий, затруднено. Порой это связано с тем, что энергия сигнала аномалии настолько мала, что выявить среди полезного сигнала является затруднительным. Пример подобной ситуации приведен на рисунке 2.

В работе авторами предложено использование оценки отношения правдоподобия L , которая получена при помощи схемы Бернулли. В качестве решающего правила принятия решения о наличии реперных точек, связанных с предвестниками аномальных событий, величина оценки отношения правдоподобия L сравнивается с заданным пользователем порогом принятия решения. Как будет показано далее, такой подход позволяет в значительной степени улучшить качество обнаружения аномалий во ВР.

Из источника [3] следует, что Бернулли схема (Бернулли испытания) — это независимые испытания с двумя исходами каждое ("успехом" и "неудачей") и такие, что вероятности исходов не изменяются от испытания к испытанию.

В данной работе под независимыми испытаниями понимается сравнение каждого значения ГК ВР с порогом, который равен значению медианы, вычисленной для ВР, обработанного СИГК. Если значение ГК в испытании выше значения порога, то такое испытание считается «успешным» (далее, событие A), ниже

значения порога – «не успешным». Вероятность исхода не изменяется от испытания к испытанию и равна $p=0.5$.

Весь ВР, обработанный с использованием СИГК, подвергался разбивке на равные участки, так называемые «окна испытаний», где для каждого «окна испытаний» (подробная схема проиллюстрирована на рисунке 1) :

15.Подсчитывалось количество независимых испытаний n .

16.Каждое значение ГК ВР, входящее в «окно испытаний», сравнивалось с порогом и подсчитывалось количество k появления события A .

17.С использованием схемы Бернулли находилась вероятность $P_B(n,k)$ того, что событие A наступит ровно k раз в n независимых испытаний

$$P_B(n,k) = C_n^k * p^k * q^{n-k}, \quad (1)$$

где $C_n^k = \frac{n!}{k!(n-k)!}$;

$q = 1 - p$.

18.С использованием (2) определялась оценка отношения правдоподобия обнаружения значимых изменений ГК при работе СИГК

$$L = \frac{P_B(n,k)}{\max\{P_B(n,k)\}}, \quad (2)$$

где $\max\{P_B(n,k)\}$ - максимум значения вероятности $P_B(n,k)$.

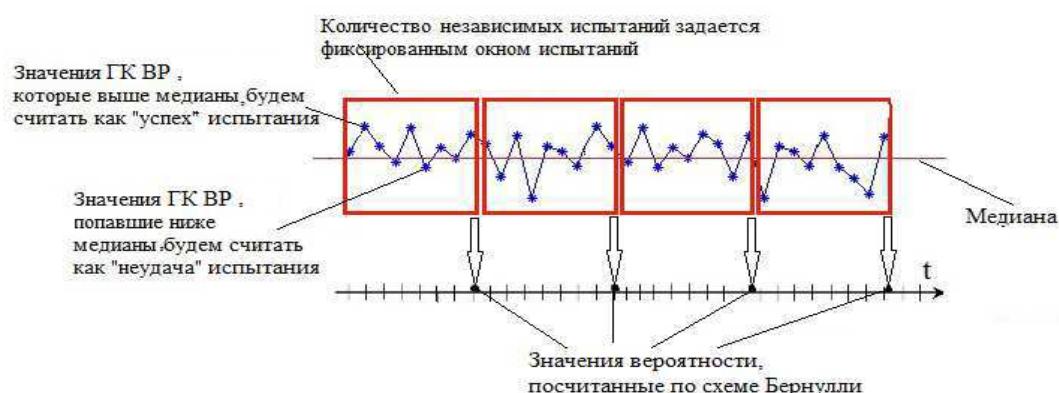


Рисунок 1 — Иллюстрация схемы обработки ВР с использованием схемы Бернулли

В качестве примера на рисунке 2 представлен ВР пуссоновского потока. На участке ВР с 30 по 35 сутки добавлена аномалия в значение интенсивности потока λ .

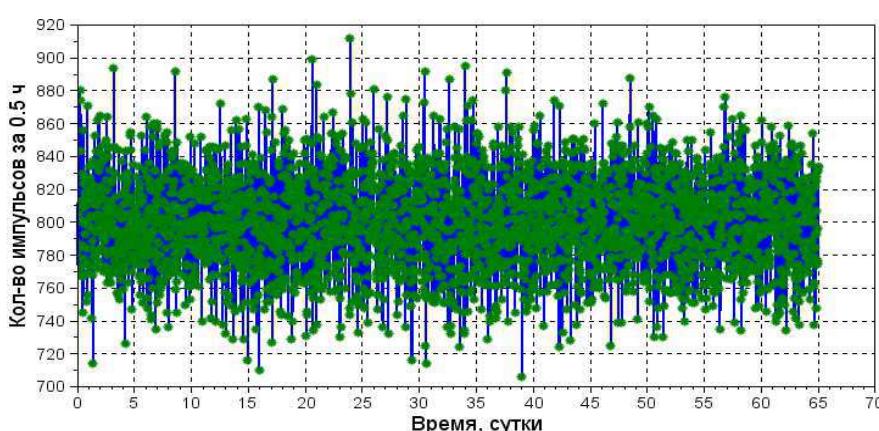


Рисунок 2 — Временной ряд пуссоновского потока; интенсивность $\lambda = 800$ импульсов за $T_{дискр.} = 30$ минут. На участке ВР с 30 по 35 сутки для каждого дискретного значения времени внесена аномалия в значение интенсивности потока, такое что $\lambda_2 = \lambda(1 + \gamma)$, где γ – сгенерированное случайное значение, распределенное по нормальному закону распределения, с математическим ожиданием $\zeta = 0$ и дисперсией $\delta^2 = 0.02$. При этом γ генерируется отдельно для каждого последующего дискретного значения ВР

Как видно из рисунка 2, визуально определить наличие аномалии во ВР не представляется возможным. На рисунке 3 приведено сравнение результатов работы СИГК и предложенного метода, основанного на использовании оценки отношения правдоподобия, полученной с использованием схемы Бернулли. В качестве решающего правила принятия решения о наличии аномалии во ВР, происходило сравнение сигналов, полученных на выходе, с порогом принятия решения — квантилем уровня $q=0.99$.

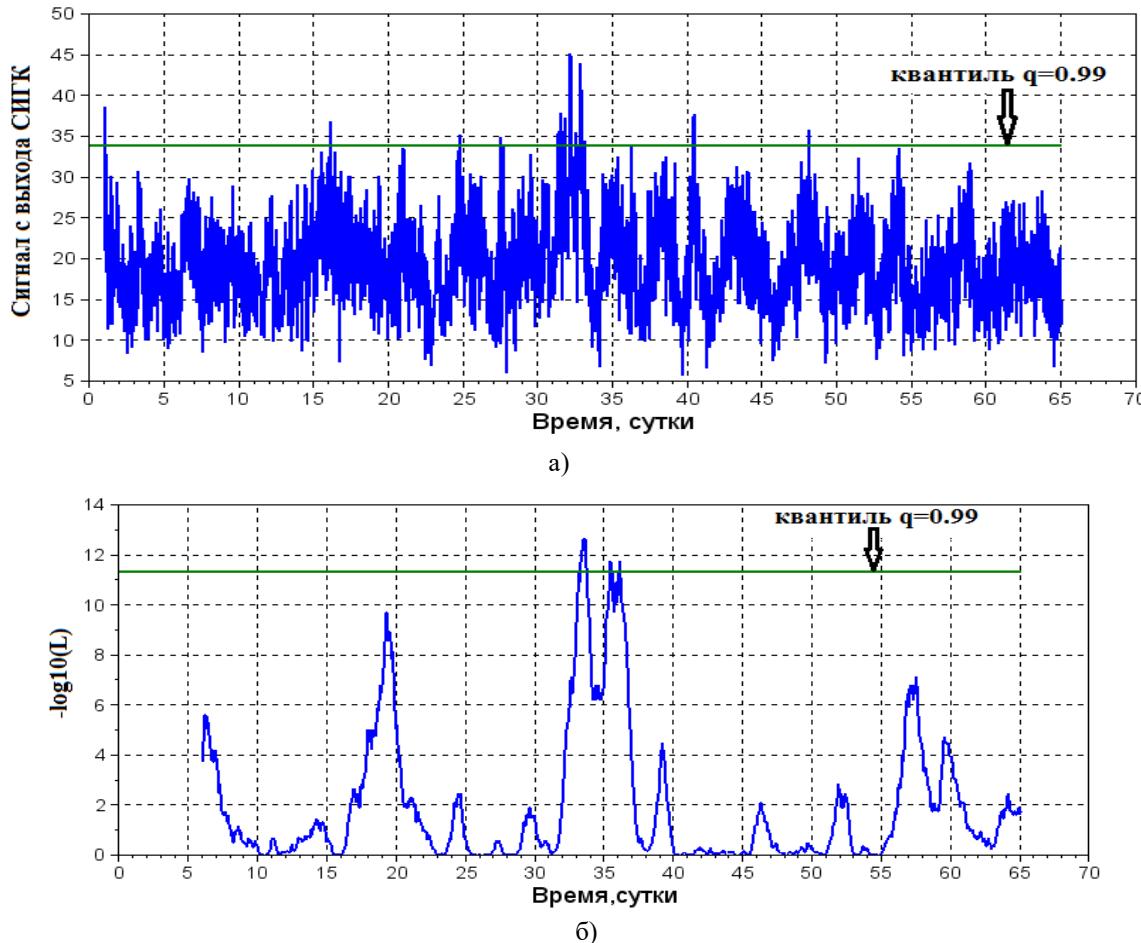


Рисунок 3 — На рисунке 3а представлен результат обработки ВР пуассоновского потока, приведенного на рисунке 2, с использованием СИГК; на рисунке 3б — оценка отношения правдоподобия, полученная с использованием схемы Бернулли (показано в перевернутом логарифмическом масштабе)

Сигнал с выхода СИГК превышает заданный порог шесть раз, что затрудняет принять решение о выявление аномалии. В то время, как использование оценки отношения, как видно из рисунка, позволило с уверенностью выделить момент аномального поведения в наблюдаемом ВР. Таким образом, использование оценки отношения правдоподобия, полученной с использованием схемы Бернулли позволяет в разы улучшить качество выявления аномальных событий во ВР устройством СИГК. Подход, предложенный в данной работе, можно применять и в других методах и устройствах, предназначенных для анализа ВР, с целью увеличения качества обнаружения аномалий, в том числе реперных точек, связанных с предвестниками аномальных событий.

Библиографический список

2. Патент РФ № 116242. Анализатор собственных векторов и компонент сигнала / Грунская Л.В., Исакевич Д.В., Исакевич В.В.. // Полезная модель.
3. Патент РФ № 141416. Сигнализатор изменения главных компонент / Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Грунская Л.В., Фирстов П.П. // Полезная модель.
4. Математическая энциклопедия. Главный редактор И.М. Виноградов. Серия «Энциклопедии, словари, справочники» М. Советская энциклопедия. 1977г.
5. Патент РФ № 159604. Индикатор риска / Исакевич В.В., Исакевич Д.В., Лукьянов В.Е. // Полезная модель. Опубл. 11.11.2015 г.

6. В.Е. Лукьянов, Л.В. Грунская, В.В. Исакевич, Д.В. Исакевич, П.П. Фирстов, Е.О. Макаров Метод оценки вероятности возникновения аномальных событий при обработке временных рядов // Материалы конференции –XII Международная научно – техническая конференция «Перспективные технологии в средствах передачи информации – ПТСПИ - 2017». Сузdalь, 5-7 июля 2017г.

7. Лукьянов В.Е. Прогнозирование возникновения катастрофических событий с использованием «Индикатора риска» / В.Е. Лукьянов, Л.В. Грунская // XII Международная научная конференция «физика и радиоэлектроника в медицине и экологии» с элементами научной молодежной сессии ФРЭМЭ-2016. Сузdalь, 5 – 7 июля 2016г. – С.217-220.

8. Лукьянов В.Е. Предвестник землетрясений с использованием сигнализатора значимых отличий и сигнализатора изменения главных компонент / Лукьянов В.Е. // Труды 11-й международной научной конференции «ФРЭМЭ'2014» с элементами научной молодежной школы. Том 2. – Владимир, 1-3 июля 2014 г. – С.193-196.

ABOUT INCREASING THE QUALITY OF WORK OF INDICATORS INTENDED FOR DETECTING ANOMALIES IN TIME RANGES

Lukyanov V.E., Grunskaya L.V., Isakevich V.V., Isakevich D.V.

Federal service for veterinary and phytosanitary surveillance of the Vladimir region , L.v.e@bk.ru

Vladimir State University named after A. G. and N.G. Stolетов, grunsk@vlsu.ru

LLC "Own vector", eigenscope@yandex.ru

This work is devoted to the development of an approach that significantly improves the performance of various alarms designed to detect anomalies in time series. Using the Bernoulli scheme, we estimate the likelihood ratio for the occurrence of anomalous events in the processing of time series. As a decisive rule about the presence of anomalies in time series, the magnitude of the likelihood estimation value is compared with the decision threshold set by the user.



ВОЗДЕЙСТВИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА МИКРОСЕЙСМИЧЕСКИЙ ФОН ПРИ ДОЛГОВРЕМЕННЫХ ГРАВИМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ

Малышева Д.А.¹, Дробышев М.Н.²

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, г. Владимир, Россия, dmalysheva.npa@gmail.com

²Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики Земли им. О.Ю.Шмидта Российской академии наук, г. Москва, Россия

Введение

Данная статья является продолжением исследований учета влияния внешних факторов на гравиметрические измерения, проводимых в ИФЗ РАН.

На гравиметрический комплекс, при проведении долговременных гравиметрических наблюдений, оказывают влияние множество внешних факторов. Наиболее значительное воздействие оказывают приливные, сейсмические и метеорологические явления. Оценены неполный или ошибочный учет приливного и сейсмического воздействия, отмечено влияние сезонных метеорологических факторов и значительное воздействие отголосков землетрясений [Абрамов Д.В. и др. 2013а,б, 2016][Дробышев М.Н., Конешов В.Н. 2013, 2014].

В современных гравиметрах предусмотрены системы учета и введения поправок, но несмотря на это наблюдается остаточное влияние действующих факторов. Вызвано это тем, что микросейсмические воздействия устраняются простым осреднением, а влияние изменения атмосферного давления учитывается простой аналитической формулой, без учета массы атмосферы над пунктом наблюдения. В связи с этим получение точностей на уровне первых мкГал невозможно без использования дополнительной информации в пункте наблюдения. Для получения точности измерений на уровне первых мкГал необходимо проводить уточнение поправочных коэффициентов, обусловленных влиянием факторов непосредственно на пункте наблюдений.

В данной статье рассматривается вариант учета высокочастотного эффекта, наблюдаемого сейсмическими датчиками и гравиметрами во время понижения атмосферного давления. Определен поправочный коэффициент атмосферного давления на пункте наблюдений "Запольское". Так же установлено значительное влияние суточных эффектов на сейсмические датчики и возможность их снижения с сохранением информативности в области низких частот. Это позволяет устранить остаточное влияние названных факторов на высокочастотные гравиметрические измерения.

Постановка задачи

Целью работы являлось оценка уровня микросейсмического фона, при изменении атмосферного давления, в частотном диапазоне, соответствующем времени накопления информации одного и серии единичных отсчетов гравиметра, и методы его снижения.

Условия проведения экспериментов

При проведении долговременных гравиметрических наблюдений использовался аппаратурный комплекс, размещённый в геофизической обсерватории на территории научного экспериментального полигона "Запольское" [Абрамов Д.В. и др., 2010], [Малышева Д.А. и др. 2013, 2014]. В состав постоянно действующего аппаратурного комплекса входят относительные гравиметры CG-5 Autograv, высокочастотная сейсмическая станция UGRA, оборудованная датчиками СМЗ-ОС, и метеостанция, регистрирующая изменение температуры и атмосферного давления с необходимой дискретностью [Технические характеристики АНИ-SD, 2012].

Относительные гравиметры CG-5 являются основными приборами гравиметрического комплекса. Точность их работы, а так же уровень активности влияния внешних факторов на измерения характеризуются значением среднеквадратического отклонения (СКО) единичного отсчета [Абрамов Д.В. и др. 2013б].

Удалённость обсерватории от промышленных и транспортных объектов обеспечивает минимизацию влияния антропогенных источников вибрационных помех. Уровень грунтовых вод постоянен благодаря дренажной системе, проложенной на территории, прилегающей к обсерватории.

Из всех факторов влияющих на гравиметрические измерения наибольший интерес представляют метеорологические, поскольку они регистрируются в широком диапазоне частот. Реакция поверхности Земли на изменение атмосферного давления разной продолжительности изучалось многими авторами [Адушкин В.В. и др., 2008, 2016], [Сидоренков Н.С. 2002], [Старовойт Ю.О. 1998]. В рамках повышения точности гравиметрических измерений до первых мкГал использование обобщенного коэффициента недостаточно и необходимо определить его непосредственно в пункте наблюдений.

Экспериментальные результаты

Верхняя граница частоты регистрируемых гравиметрических данных определялась периодом накопления единичного отсчета гравиметра, задаваемого оператором. В ходе эксперимента использовался период, равный 1 минуте. Следовательно, значение СКО единичного отсчета характеризовало изменение зашумленности сигнала в частотном диапазоне от 1/60 до 6 Гц [Относительный гравиметр CG-5..., 2008].

На рисунке 1 представлены графики гравиметрических измерений и изменения давления за период с 30 апреля по 9 июля. Из данных был удален тренд применением полинома 4-го порядка.

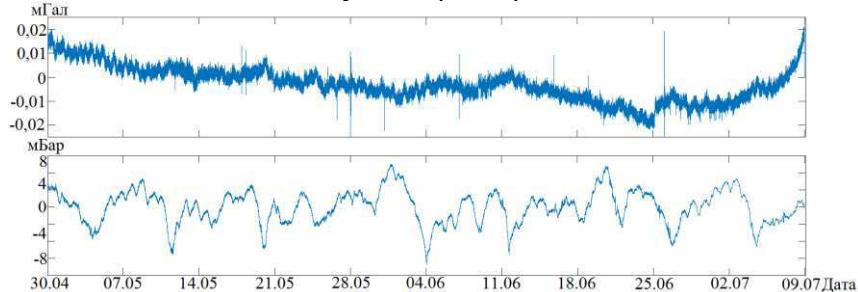


Рисунок 1 – Графики гравиметрических измерений и изменения давления за период с 30 апреля по 9 июля

Применение стандартного коэффициента учета давления (-0.3 мкГал/мБар) не полностью компенсирует барометрическое влияние. СКО гравиметрических измерений при этом снижается с 0,028 мкГал до 0,026 мкГал. Для определения поправочного коэффициента на пункте "Запольское" были использованы ряды гравиметрических измерений и изменения давления за период с 30 апреля по 9 июля.

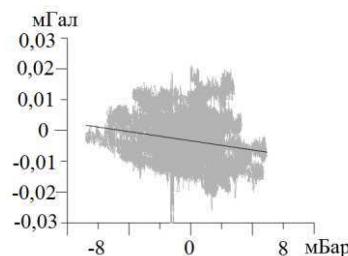


Рисунок 2 – Зависимость гравиметрических данных от давления (серый) аппроксимирующая кривая 2-го порядка (черный)

Аппроксимировав зависимость гравиметрических данных от давления получена кривая, угловой коэффициент которой характеризует наклон и фактически является коэффициентом зависимости двух величин. Применение полученного коэффициента -0.744 мкГал/мБар позволяет повысить точность учета давления, СКО гравиметрических измерений снижается до 0.025 мкГал

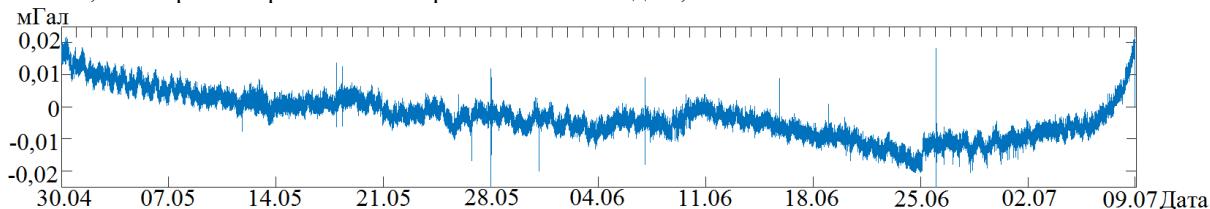


Рисунок 3 – График гравиметрических данных с использованным поправочным коэффициентом $-0,744$ мкГал/мБар

Поскольку влияние метеорологических факторов происходит в широком диапазоне частот рассмотрим влияния изменения атмосферного давления на регистрируемые гравиметром и сейсмометром данные в частоте менее $1/300$ Гц в.

На рисунке 4 представлены графики гравиметрических измерений в диапазоне периодов 1-5 мин., соответствующие значения СКО, выработанные гравиметром, и метеоданные за данный период времени.

Из приведенных графиков на рисунке 4 видно, что пониженное атмосферное давление характеризуется повышением СКО гравиметра. При этом значительное понижение атмосферного давления 11 мая 2016 г. оказало влияние и на гравиметрические измерения.

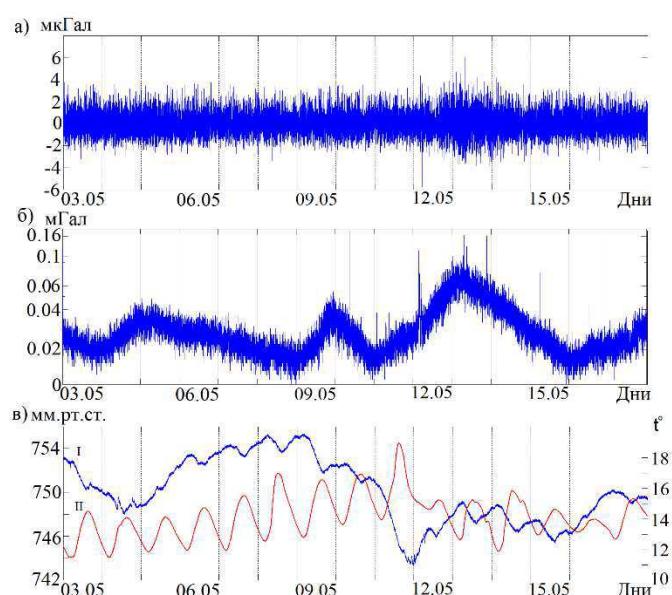


Рисунок 4 – Временные ряды гравиметрических измерений в диапазоне периодов 1-5 мин., СКО, выработанного гравиметром, и график изменения атмосферного давления в общем интервале времени с 03.05.2016 по 17.05.2016; а) гравиметрические измерения, б) СКО гравиметрических измерений, в) график изменения атмосферного давления (I), график изменения температуры (II)

Используемые для снижения зашумленности гравиметрических данных сейсмические ряды [Дробышев М.Н., Конешов В.Н. 2014, 2015], так же подвержены воздействию метеорологических факторов. Применение фильтрации в низкочастотной полосе может вызвать снижение достоверности результатов и уменьшение точности измерений, для правомерности применения различных мер необходимо оценить факторы влияющие на сейсмическую станцию.

Общее внешнее воздействие, оказываемое на гравиметр и сейсмическую станцию, регистрируется приборами в соответствии с их частотными характеристиками. Сопоставление информации возможно в общем частотном диапазоне [Дробышев М.Н., Конешов В.Н. 2013]. Поскольку гравиметрическая информация имеет дискретность 1 мин, то верхняя граница частоты регистрируемых гравиметрических данных равна $1/60$ Гц и СКО гравиметрической информации характеризует зарегистрированное воздействие с частотой выше $1/60$ Гц. Сейсмическая станция регистрирует сигнал в частотном диапазоне $1/16-8$ Гц [Цифровая трёхкомпонентная сейсмическая станция..., 2005]. Оценка соответствия полученных данных проводилась путем сравнения СКО единичного гравиметрического отсчета и СКО полученного по сейсмическим данным в том же частотном диапазоне. (Рисунок 5)

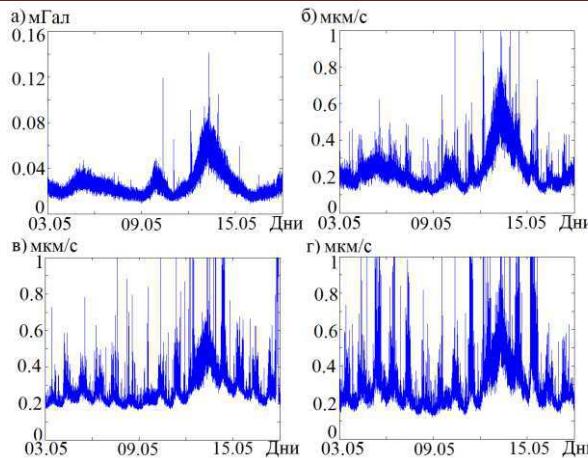


Рисунок 5 – СКО гравиметра и сейсмических датчиков за период времени с 03.05.2016 по 17.05.2016; а) СКО гравиметра, б) СКО вертикальной компоненты, в) СКО компоненты восток-запад, г) СКО компоненты север-юг

Характер изменения СКО гравиметра и СКО всех трех компонентов сейсмической станции имеет явное сходство, следовательно, корректно оценить влияние зарегистрированного воздействия в области частот, соответствующих времени накопления единичного отсчета гравиметра по данным сейсмической станции [Малышева Д.А. 2014], [Табулевич В.Н. 1986].

Для оценки барометрического влияния были выбраны участки сейсмограммы во время наиболее высокого и низкого значения атмосферного давления и проведен их спектральный анализ для определения полосы частот, наиболее подверженной воздействию атмосферного давления.

На рисунке 6а показан график данных, зарегистрированных сейсмической станцией в период с 5 по 9 мая 2016 г. В этот период зарегистрирован стабильный уровень повышенного атмосферного давления ~754 мм.рт.ст., там же представлен амплитудный спектр этого ряда. На рисунке 6в показан график зарегистрированного сейсмической станцией воздействия пониженного атмосферного давления, в период 10-14 мая 2016 г. и его спектр.

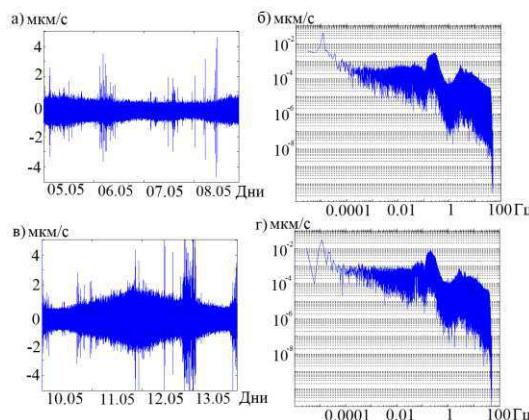


Рисунок 6 – Данные, зарегистрированные сейсмической станцией в периоды с разной зашумленностью и их амплитудные спектры; интервал с 5 по 9 мая 2016 г. а) ряд сейсмических наблюдений; б) спектр; интервал с 10 по 14 мая 2016 г. в) ряд сейсмических наблюдений; г) спектр

Из сравнения спектров видно, что наиболее значительное изменение зарегистрировано в диапазоне частот 0,05 - 0,5 Гц.

Суточные воздействия, зарегистрированные сейсмической станцией и гравиметром, наблюдаемые при оценке СКО и спектров, находятся в полосе пропускания гравиметра, но далеко за полосой пропускания сейсмической станции. Было предположено, что выявленный эффект вызван значительным влиянием температуры на сейсмические датчики. Вследствие корректной работы системы термостабилизации, суточное изменение температуры не оказалось значительного влияния на гравиметрические данные, поэтому для корректного вычитания сейсмических данных необходимо устранить помеху, вносящую трендовую составляющую.

Для снижения температурного влияния на сейсмические датчики использовался специально созданный термоизолирующий короб. Оценка его эффективности проводилась на участках с примерно одинаковой амплитудой изменения внешней температуры в 2015 и 2016 гг. (Рисунок 7а, 7в).

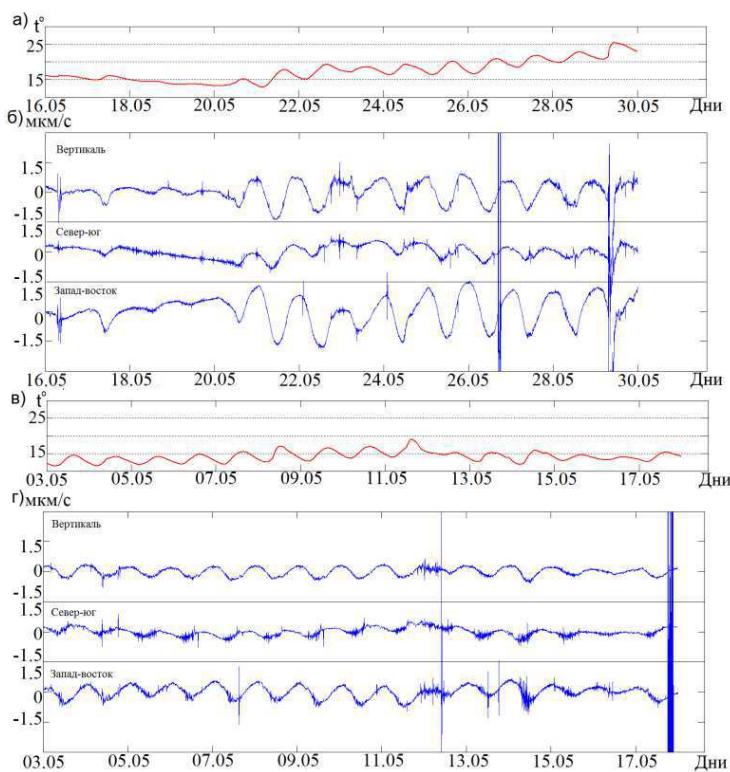


Рисунок 7 – Временные ряды изменения температуры и сейсмических данных а), б) в 2015 г. без термоизолирующего короба и в), г) в 2016 г. с установленным коробом

Как видно из рисунка 7, использование термоизолирующего короба позволило снизить наблюдаемый эффект суточных колебаний сейсмического сигнала более чем в 2 раза, что подтверждает предположение о влиянии суточного изменения температуры окружающей среды.

Заключение

Перед совместной обработкой гравиметрических и сейсмических данных ряд сейсмических измерений следует дополнительно обработать для снижения низкочастотных помех, либо учесть влияние метеорологических факторов при планировании измерений.

При проведении гравиметрических измерений во время нестабильных погодных условий рекомендуется увеличить время накопления единичного отсчета гравиметра.

В результате проведенного эксперимента получены следующие основные выводы:

1. Необходимо рассчитывать коэффициент влияния атмосферного давления на гравиметрические данные непосредственно на пункте наблюдений.

2. Пониженное атмосферное давление вызывает повышение уровня микросейсм, регистрируемых гравиметрическим комплексом в диапазоне частот 0,05-0,5 Гц.

3. При пониженном атмосферном давлении на измерительном гравиметрическом пункте рекомендуется использовать время накопления единичного отсчета относительного гравиметра CG5-Autogav более 1 мин.

4. Для корректного учета и вычитания из сигнала относительного гравиметра сейсмических данных необходимо учитывать факторы, влияющие на уровень микросейсмического шума, в частности изменение температуры и атмосферного давления.

Библиографический список

1. Абрамов Д.В., Дорожков В.В., Конешов В.Н. Особенности построения и использования наземного сейсмогравиметрического комплекса // Сейсмические приборы, 2010, Т.46, №4, с. 5-13.
2. Абрамов Д.В., Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Уточнение значений дельта-фактора на фундаментальном гравиметрическом пункте «Долгое Ледово» // Физика Земли – 2013а, №1 с.84-87.
3. Абрамов Д.В., Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Оценка влияния сейсмических и метеорологических факторов на точность измерений относительным гравиметром // Физика Земли – 2013б, №4 с.105-110.

4. Абрамов Д.В., Конешов В.Н., Чебров В.Н. Совершенствование методики долговременных наблюдений относительным гравиметром CG-5. // Сейсмические приборы, 2016, Т.52, №3, с. 20-26.
5. Адушкин В.В., Локтев Д.Н., Спивак А.А. Влияние барических возмущений атмосферы на микросейсмические процессы в земной коре // Физика Земли, 2008, №6, с. 77-85.
6. Адушкин В.В., Спивак А.А., Рыбнов Ю.С., Харламов В.А. Влияние Лунно-Солнечного прилива на вариации атмосферного давления // Динамические процессы в геосферах, 2016, №8, с. 100-109.
7. Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Оценка предельной точности гравиметра CG-5 Autograv // Сейсмические приборы, 2013, Т.49, № 2 с. 39-43.
8. Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Учет сейсмического воздействия на высокоточные измерения гравиметром CG-5 Autograv // Физика Земли - 2014, №4 стр. 131-134.
9. Дробышев М.Н., Конешов В.Н. Оценка величины вертикального движения точки на земной поверхности по геофизическим данным // Сейсмические приборы, 2015, Т.51, № 4 с. 22-28.
10. Малышева Д.А. Дорожков В.В. О возможности регистрации микросейсмических составляющих в сейсмически тихом месте // Материалы X Международной научно-технической конференции "Перспективные технологии в средствах передачи информации - ПТСПИ'2013"/ Владимир. гос. университет; редкол.: А.Г. Самойлов (и др.). - Владимир: ВлГУ, т. 2.- 2013. - С. 174-176. ISBN 978-5-905527-07-4
11. Малышева Д.А., Дорожков В.В., Конешов В.Н. О возможности мониторинга микросейсмической активности на экспериментальном полигоне // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: Доклады 11-й межд. научн. конф. Книга 2 – Владимир: 2014. стр. 196-199. ISBN 978-5-905527-08-1
12. Малышева Д.А. Влияние давления на компоненты микросейсмических составляющих // Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых : материалы науч.-практ. конф. 7 – 18 апр. 2014 г., г.Владимир [Электронный ресурс] / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир : Изд-во ВлГУ, 2014. стр. 70-71. ISBN 978-5-9984-0527-3
13. Относительный гравиметр CG-5. Система Scmtrex Autograv: руководство по эксплуатации // ред. 4. 2008. – 156 с.
14. Сидоренков Н.С. Физика нестабильностей вращения Земли // М.: Наука. Физматлит, 2002. - 384 с. - ISBN 5-9221-0244-3.
15. Старовойт Ю.О. Чувствительность сейсмической станции "Обнинск" к микроколебаниям атмосферного давления // Сейсмические приборы. М.: ОИФЗ РАН. 1998. Вып. 30. С. 22-39.
16. Табулович В.Н. Комплексные исследования микросейсмических колебаний // Новосибирск: Наука. 1986. 151с.
17. Технические характеристики Автономного Накопителя Информации АНИ-SD геофизического комплекса на основе частотных датчиков // 2012. – 4 с.
18. Цифровая трехкомпонентная сейсмическая станция Югра: руководство по эксплуатации // Обнинск, 2005. – 57 с.

EFFECT OF METEOROLOGICAL FACTORS ON MICROSEISMIC BACKGROUND IN LONG-TERM GRAVIMETRIC OBSERVATIONS

Malysheva D.A., Drobyshev M.N.

Federal state budgetary foundation of higher education "Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stolетов", Vladimir city, Russia, dmalyshova.npa@gmail.com

Federal state budgetary foundation of science "Institute of physics of Earth named after O.U. Schmidt of Russian academy of sciences", Moscow, Russia

For the definition of the influence degree of meteorological factors on long-term gravimetric measurements the assessment of reaction of crust to change of atmospheric pressure in the frequencies range, appropriate time of accumulation of information was made for one and series of simple gravimeter counting. During the experimental works, as a result of atmospheric pressure change gained a high-pitched effect. Experimental results of long term observations on measuring gravimetric points confirm that microseism vibration level is considerably lower during increased atmospheric pressure over. By atmospheric pressure lowing the maximum amplitude increase in microseismic noise spectrum happens in a frequency range of 0.05-0.5 Hz. During gravimetric observations the necessity to eliminate daily microseism level variations caused by environment temperature variation was shown.



ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНОГО ПАРОСОДЕРЖАНИЯ АТМОСФЕРЫ И ВОДОЗАПАСА ОБЛАЧНОСТИ В ПРОЕКТЕ КЭ «КОНВЕРГЕНЦИЯ»

Пашинов Е.В.¹, Стерлядкин В.В.¹, Кузьмин А.В.¹, Шарков Е.А.,¹ Садовский И.Н.^{1,2}

¹ Институт Космических Исследований РАН

²Владимирский Государственный Университет
pashinove@mail.ru

Введение

Вода является одной из основных молекул, определяющих физические и химические процессы в атмосфере Земли. Составляя менее 0,5 % массы атмосферы, вода отвечает примерно за 70 % поглощаемого атмосферой излучения, оказывая, таким образом, доминирующее влияние на радиационный баланс. Более того, водяной пар является основным парниковым газом атмосферы Земли, действующим с положительной обратной связью, задавая погоду и влияя на глобальные климатические изменения. Молекулы воды, составляющие атмосферный водяной пар, поглощают излучение во всех диапазонах от радио- до ультрафиолетового и далее. Известны два механизма, позволяющие атмосферному водяному пару накапливать значительное количество энергии и переносить ее вместе с потоками воздуха на большие в планетарных масштабах расстояния. Это фазовые переходы и перераспределение энергии по внутренним степеням свободы молекул. Внутренняя энергия, накапливаемая атмосферным водяным паром, предположительно оказывает ключевое влияние на формирование и динамику развития тропических циклонов и имеет первостепенное значение не только для предсказания количества осадков, но и для заблаговременного оповещения о возможных чрезвычайных погодных явлениях [3]. Непрерывно поступающая точная количественная информация о пространственном распределении влажности атмосферного воздуха имеет первостепенное значение для прогнозирования погоды и наблюдения за глобальными климатическими изменениями. Наиболее полная в планетарных масштабах информация такого рода может быть получена из результатов спутникового зондирования.

Для решения задачи определения содержания водяного пара в атмосфере наиболее подходящим является микроволновый диапазон радиоволн. Радио волны микроволнового диапазона обладают высокой проникающей способностью и тем самым позволяют получать не только пространственные распределения параметров среды, но и интегральные. Так же в микроволновом диапазоне находятся линии поглощения водяного пара и окна прозрачности кислорода, что физически подтверждает целесообразность использования этого диапазона.

В настоящий момент, решение задачи глобального мониторинга водяного пара в атмосфере, при помощи микроволнового дистанционного зондирования осуществляется несколькими спутниковыми программами. Среди них следует отметить программу Министерства обороны США – DMSP. Спутники DMSP с установленными на борту радиометрическими приборами SSM/I зарекомендовали себя как надёжные, и обладающие хорошей точностью. Также стоит отметить микроволновый прибор AMSR-E, запущенный в 2002 году на борту спутника Aqua [7]. Этот прибор превосходит SSM/I практически по всем параметрам и обладает набором радиометрических каналов, до сих пор являющимся «стандартным» для исследования интегральных характеристик системы океан-атмосфера.

Данный прибор наиболее близок по характеристикам к разрабатываемой в ходе КЭ «Конвергенция» аппаратуре – МИРС. За время существования прибора было разработано множество алгоритмов восстановления различных геофизических параметров на основе его данных. Поэтому в настоящем проекте было решено использовать уже имеющиеся алгоритмы восстановления интегрального паросодержания атмосферы для прибора AMSR-E и адаптировать их к аппаратуре КЭ «Конвергенция».

Рабочие частоты AMSR-E, ГГц	Рабочие частоты МИРС, ГГц
10,65 (В, Г)	10,65 (В, Г, ± 45)
18,7 (В, Г)	18,7 (В, Г, ± 45)
23,8 (В, Г)	23,8 (В, Г)
36,5 (В, Г)	36,5 (В, Г, ± 45)

Восстановление интегрального паросодержания атмосферы

Для восстановления интегрального паросодержания атмосферы обычно применяются пассивные микроволновые измерения вблизи линии поглощения водяного пара – 22,235 ГГц. Величина поглощения атмосферы вблизи этой линии достаточно слаба (0,2 нп), что обеспечивает хорошую проникающую способность сигнала, но при этом достаточна для обеспечения чёткой зависимости сигнала от величины интегрального паросодержания [1]. Однако, из-за слабого поглощения атмосферы, существенным ограничением для микроволновых методик обычно служит сильная изменчивость излучательных характеристик подстилающей поверхности. Особенно эта изменчивость сильна для поверхности суши,

поэтому стандартные методы практически не позволяют проводить измерения интегрального паросодержания над поверхностью земли.

Для решения задачи восстановления интегрального паросодержания атмосферы обычно применяются три вида алгоритмов: физические – основанные на решении уравнения переноса излучения, эмпирические или регрессионные, основанные на поиске и аппроксимации зависимостей между принимаемым сигналом и исследуемой характеристикой, и нейросетевые, которые можно считать разновидностью эмпирических алгоритмов [1]. Наибольшее применение в данное время имеют последние два типа алгоритмов. В нашем случае, применение нейросетевых алгоритмов представляется возможным только после запуска аппаратуры на орбиту и получения достаточно большого временного ряда данных. Поэтому далее будет рассматриваться решение задачи восстановления интегрального паросодержания атмосферы с применением эмпирических регрессионных алгоритмов.

Особенностью приборов AMSR-E и МИРС является наличие двух поляризаций (В, Г) на канале 23,8 ГГц, в то время как на большинстве микроволновых спутниковых приборов применяется только вертикальная поляризация. Эта особенность позволяет существенно уменьшить влияние изменчивости излучения подстилающей поверхности на результат измерений интегрального паросодержания. В 2007 году, в работе [5] была предложена методика, использующая данную особенность прибора AMSR-E для восстановления интегрального паросодержания атмосферы, как над океаном, так и над поверхностью суши. Авторы предложили алгоритм, использующий разность яркостных температур на вертикальной и горизонтальной поляризациях на каналах 18,7 ГГц и 23,8 ГГц: $\Delta T_y = T_{y_V} - T_{y_H}$.

Основой большинства алгоритмов восстановления физических характеристик системы океан-атмосфера служит точная параметризация зависимостей сигналов на некоторых частотных каналах от восстанавливаемых величин, которые могут быть получены из модельных расчётов, либо из непосредственных измерений (*insitu*). В работе [5] проводится такая параметризация для разницы между вертикальной и горизонтальной поляризациями $\Delta T_{y_{19}}$, $\Delta T_{y_{24}}$ на каналах 18,7(В, Г) и 23,8(В, Г) прибора AMSR-E.

$$\Delta T_y \approx \Delta \varepsilon \exp(\beta_0 + \beta_1 T_s + \beta_2 LWP + \beta_3 PWV), \quad (1)$$

где PWV-интегральное паросодержание атмосферы, LWP-интегральный водозапас облачности, β_{0-3} -коэффициенты линейной регрессии.

Обе величины $\Delta T_{y_{19}}$ и $\Delta T_{y_{24}}$ пропорциональны поляризационной разнице излучательных характеристик подстилающей поверхности $\Delta \varepsilon = \varepsilon_V - \varepsilon_H$, но величина $\Delta T_{y_{24}}$ существенно более чувствительна к паросодержанию атмосферы. Кроме того, величина $\Delta \varepsilon$ имеет слабую зависимость от частоты. Таким образом, отношение величин поляризационных разностей на частотах 23,8 и 18,7 ГГц имеет сильную экспоненциальную зависимость от паросодержания атмосферы и слабо зависит от излучательных характеристик подстилающей поверхности.

Исходя из перечисленных свойств в работе [5] были предложены две версии алгоритма восстановления паросодержания атмосферы по данным прибора AMSR-E. Первая – более сложная, использует информацию об излучательных характеристиках подстилающей поверхности и водозапасе облачности.

$$PWV = \frac{\ln\left(\frac{\Delta T_{y_{24}}}{\Delta T_{y_{19}}}\right) - \ln\left(\frac{\Delta \varepsilon^{24}}{\Delta \varepsilon^{19}}\right) - (\beta_0^{24} - \beta_0^{19}) - (\beta_1^{24} - \beta_1^{19})T_s - (\beta_2^{24} - \beta_2^{19})LWP}{\beta_3^{24} - \beta_3^{19}} \quad (2)$$

где $\beta_0^{24} = \beta_0^{19} = 4,39$; $\beta_1^{24} = 0,00414$; $\beta_1^{19} = 0,00423$; $\beta_2^{24} = -0,45$; $\beta_2^{19} = -0,275$; $\beta_3^{24} = -0,0179$; $\beta_3^{19} = -0,00585$.

Учитывая, что типичный водозапас облачности LWP составляет менее 1% от общего влагозапаса атмосферы PWV, последним слагаемым в числителе можно пренебречь. Также, можно пренебречь слагаемым $\ln\left(\frac{\Delta \varepsilon^{24}}{\Delta \varepsilon^{19}}\right)$ из-за слабой частотной зависимости $\Delta \varepsilon$. Таким образом, упрощённая версия алгоритма для прибора AMSR-E оперирует только яркостными температурами на каналах 18,7 (В, Г) и 23,8 (В, Г) и информацией о температуре подстилающей поверхности:

$$PWV = \frac{\ln\left(\frac{\Delta T_{y_{24}}}{\Delta T_{y_{19}}}\right) - (\beta_0^{24} - \beta_0^{19}) - (\beta_1^{24} - \beta_1^{19})T_s}{\beta_3^{24} - \beta_3^{19}}, \quad (3)$$

Данный алгоритм был взят за основу для МИРС. Основное отличие прибора МИРС от прибора AMSR-E – другие углы встречи с землёй: у МИРС на канале 18,7 ГГц угол встречи с землей $53,1^\circ$, а на канале 23,8 ГГц $-54,4^\circ$, в то время как на всех каналах прибора AMSR-E угол падения -55° . Очевидно, что коэффициенты в (3) для такого угла будут несколько отличаться и будут уточнены после начала получения спутниковой информации.

В работе [5] отмечается, что зависимость (3) от температуры подстилающей поверхности очень слаба и ошибка значения PWV при погрешности измерения температуры поверхности в 10 К составит 0,07

мм. Поэтому, для упрощения алгоритма имеет смысл заменить величину T_s на константу и привести выражение (3) к простому линейному виду:

$$PWV_{MIRCS} = \alpha \cdot \ln \left(\frac{\Delta T_{\text{я}24}}{\Delta T_{\text{я}19}} \right) + \beta \quad (4)$$

Точный подбор коэффициентов α и β в выражении (4) может быть выполнен только на основе реальных спутниковых данных, когда прибор уже будет запущен и начнет работать. На стадии проектирования можно предварительно подобрать коэффициенты исходя из модельных расчётов.

Моделирование проводилось для трёх стандартных атмосферных профилей метеопараметров – тропического ($PWV=41,2$ мм), средние широты лето ($PWV=29,4$ мм) и средние широты зима ($PWV=8,6$ мм) [4]. Подстилающая поверхность – гладкая поверхность океана с температурой равной температуре приземного слоя атмосферы, солёность воды - 35‰. Атмосфера без облачности и осадков. Коэффициенты подбирались итерационным методом, путём минимизации невязки между истинным и восстановленным значением интегрального паросодержания.

Минимальное значение невязки было получено при значениях коэффициентов $\alpha = -92,59$ и $\beta = -5,7$.

Проводить модельную оценку погрешности восстановления для такого эмпирического алгоритма не представляется целесообразным, поскольку учесть при моделировании все факторы, влияющие на ошибку, практически невозможно. Судя по результатам, представленным в работе [5], можно ожидать СКО ошибки измерений интегрального водяного пара в пределах 5 мм.

Восстановление водозапаса облачности

Учёными предложено множество методик восстановления водозапаса облачности на основе данных приборов SSM/I, AMSR-E и других. Наибольшее распространение в настоящее время получили статистические регрессионные алгоритмы, заключающиеся в аппроксимации большого набора спутниковых и подспутниковых измерений регрессионными методами.

Для решения данной задачи в рамках КЭ «Конвергенция» рассматривается алгоритм, предложенный для прибора SSM/I в работе [8]. Авторами утверждается, что двухканальных измерений может быть достаточно для восстановления водозапаса облачности. Учитывая то, что в условиях облачной атмосферы наиболее сильное влияние на яркостные температуры, измеряемые прибором SSM/I на каналах 19,35; 22,235; 37; 85,5 ГГц оказывают концентрация водяного пара и водозапас облачности, авторами предлагается следующее соотношение для восстановления водозапаса облачности:

$$LWP = a_0 [\ln(290 - T_{\text{я},1}) + a_1 + a_2 \ln(290 - T_{\text{я},2})], \quad (5)$$

где $T_{\text{я},2}$ – яркостная температура вблизи линии поглощения водяного пара (22,235 ГГц для SSM/I) и $T_{\text{я},1}$ – яркостная температура на частоте из окна прозрачности атмосферы. Коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 зависят от используемой яркостной температуры $T_{\text{я},1}$ и находятся статистическими методами из экспериментальных данных.

Поскольку сигнал различных частотных каналов испытывает насыщение при различных значениях водозапаса облачности, авторами предлагается использование различных частот $T_{\text{я},1}$ в зависимости от получаемых значений водозапаса:

$$LWP = \begin{cases} LWP_{19V} & \text{если } LWP_{19V} \geq 0,6 \text{ мм} \\ LWP_{37V} & \text{если } LWP_{37V} \geq 0,2 \text{ мм или } PWV \geq 30 \text{ мм} \\ LWP_{85H} & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

Адаптация данного алгоритма для МИРС в отсутствии реальных спутниковых данных может быть проведена только в ходе компьютерного моделирования. Основные отличия в характеристиках приборов МИРС и SSM/I [6] заключаются в отличии центральных частот радиометрических каналов и угла падения.

Рабочие частоты SSM/I, ГГц	Угол падения, град	Соответствующие частоты МИРС, ГГц	Угол падения, град
19,35 (B, Г)	53,1	18,7 (B, Г)	53,1
22,235 (B)		23,8 (B, Г)	54,4
37,0 (B, Г)		36,5 (B, Г)	53,1
85,5 (B, Г)		88,0 (B, Г)	53,1

Очевидно, что для прибора МИРС коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 в (5) будут отличаться. Для их подбора необходимо провести моделирование спутникового сигнала в условиях облачной атмосферы при различных значениях водозапаса облачности. Помимо моделирования радиофизических свойств в облачности, описанных ранее, для расчёта спутникового сигнала необходимо иметь модельную или измеренную какими-либо способами информацию о распределении параметров облачности по высоте.

На данном этапе работы было решено использовать данные о высотном распределении параметров облачности на основе модели [2] для облаков St и Sc типа, поскольку в данных видах облаков мала вероятность образования больших капель дождя, что позволяет пренебречь эффектами рассеяния.

Основным параметром облачности, меняющимся с высотой, является её водность – \bar{Q} ($\text{г}/\text{м}^3$). Модель [2] предлагает следующее соотношение для расчёта средней водности облаков St и Sc в зависимости от высоты:

$$\bar{Q} = A(1+b \times T_{\text{н.обл.}})(1+a_1 z + a_2 z^2 + a_3 z^3), \quad (6)$$

где $T_{\text{н.обл.}}$ – температура нижней границы облачности ($^{\circ}\text{C}$), z – высота над нижней границей облачности (км), $A = 0,13$; $b = 3,7 \cdot 10^{-2}$; $a_1 = 5,0$; $a_2 = -6,0$; $a_3 = 2,1$.

Согласно соотношению (6) было проведено моделирование облачности, соответствующей значениям водозапаса 0,2; 0,45; 0,75 мм. Далее был проведён расчёт сигнала каналов, соответствующих прибору МИРС для стандартной тропической атмосферы ($\text{PWV} = 41,4$ мм) и стандартной атмосфере средних широт лето ($\text{PWV} = 29,4$ мм) [4] при четырёх значениях водозапаса облаков: 0; 0,2; 0,45; 0,75 мм. Подстилающая поверхность – гладкая морская с температурой 300 К и солёностью 35 %. Далее, по полученным 8 точкам итерационным способом подбирались коэффициенты a_0 , a_1 и a_2 в соотношении (5) при $T_{\text{я,1}} = 36,0$ ГГц, поскольку данный канал является наиболее универсальным при восстановлении выбранных 8 значений влажности. Минимум невязки (0,001) был достигнут при значениях коэффициентов $a_0 = -2,17$; $a_1 = -2,75$; $a_2 = -0,38$.

Проводить модельную оценку погрешности восстановления для такого эмпирического алгоритма не представляется целесообразным, поскольку учесть при моделировании все факторы, влияющие на ошибку практически невозможно. Однако, нужно отметить, что результаты восстановления водозапаса облаков сильно зависят от того, находятся ли значения интегрального паросодержания атмосферы в пределах значений при которых производился подбор коэффициентов a_0 , a_1 и a_2 . Так, например, если значения паросодержания находятся в пределах от 30 до 40 мм, относительная ошибка восстановления водозапаса облаков не превышает 1-2 %, но при выходе из этих пределов ошибка достигает 50% и более. Это означает, что при подборе коэффициентов a_0 , a_1 и a_2 необходимо использовать данные подспутниковых измерений с как можно большей вариацией значений паросодержания.

Библиографический список

1. Кутузов Б. Г., Данилычев М. В., Яковлев О. И. Спутниковый мониторинг Земли: Микроволновая радиометрия атмосферы и поверхности. М.: ЛЕНАНД, 2016. 336 с.
2. Мазин И.П., Хргиан А.Х. Облака и облачная атмосфера. Справочник. - Л.: Гидрометиздат, 1989. 647с.
3. Третьяков М. Ю. Спектроскопические аспекты радиометрии влажности атмосферного воздуха. часть I: основы моделирования атмосферного поглощения // Исследование Земли из космоса. 2016. № 6. С. 82-90.
4. Clatchey R.A., Fenn R.W., Selby J.E.A. et.al. Optical properties of the atmosphere. (Third edition) // AFCRL 72-0497. 1972. P. 108.
5. Deeter, M. N., A new satellite retrieval method for precipitable water vapor over land and ocean // Geophys. Res. Lett., 2007, Vol. 34, L02815.
6. Hollinger,J., R. Lo, G. Poe, R. Savage, and J. Pierce. Special Sensor Mirowave/Imager User's Guide. Naval Research Laboratory Report , Washington DC. 1987. 177 P.
7. Kawanishi, T., et al. The Advanced Microwave Scanning Radiometer for the Earth Observing System (AMSR-E), NASDA's contribution to the EOS for global energy and water cycle studies // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., 2003, Vol. 41, P 184 – 194.
8. Weng F., Grody N. C. Retrieval of cloud liquid water using the special sensor microwave imager (SSM/I) // J. Geophys. Res. 1994. Vol. 99, N. D12, P. 25,535-25,551.

RETRIEVING INTEGRATED WATER VAPOR AND CLOUD LIQUID WATER CONTENT DURING «CONVERGENCE» SPACE PROJECT

Pashinov E. V.¹, Sterlyadkin V. V¹., Kuzmin A. V¹., Sharkov E. A¹., Sadovskiy I.N.^{1,2}

¹Space Research Institute(IKI), pashinove@mail.ru

² Vladimir State University

The space experiment "Convergence" will be performed aboard the International Space Station in order to study the interaction of the ocean and the Earth's atmosphere. One of the devices participating in "Convergence" project is the passive microwave radiometer "MIRS", which provides measurements of brightness temperatures at frequencies of 10-200 GHz. The paper presents methods for retrieving the integral characteristics of the atmosphere, which are planned to be used during the "Convergence" experiment. The presented approaches are based on existing

approaches for AMSR-E and SSM / I devices, which have been revised taking into account the characteristics of the MIRS device and based on the results of direct problem simulation.

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОФИЛЕЙ ТЕМПЕРАТУРЫ И ВЛАЖНОСТИ В ПРОЕКТЕ КЭ «КОНВЕРГЕНЦИЯ»

Пашинов Е.В.¹, Селунский А.Б.¹, Кузьмин А.В.¹, Стерлядкин В.В.¹, Шарков Е.А.¹, Садовский И.Н.^{1,2}

¹ Институт Космических Исследований РАН, pashinove@mail.ru,

²Владимирский Государственный Университет

Введение

В настоящее время дистанционные методы зондирования для определения параметров системы океан - атмосфера с борта космических аппаратов развиваются очень быстрыми темпами. Одним из объектов пристального изучения в атмосфере является водяной пар. Водяной пар оказывает определяющее влияние на радиационный баланс Земли и является основным переносчиком энергии в атмосфере. Именно поля водяного пара, создавая сложные положительные обратные связи, влияют на зарождение и интенсификацию опасных атмосферных явлений – тропических циклонов (ТЦ), сильных циклонов умеренных широт, а также формируют глобальные и региональные вариации в климатических системах. Так по анализу спутниковых данных показано, что адвективные потоки полей водяного пара приводят к резкому повышению его интегрального содержания, что, в свою очередь, ведет либо к генезису, либо к множественно-временной интенсификации ТЦ [2,3,4,5].

Все современные модели формирования погоды и прогноза климата опираются так или иначе на температурно-влажностные данные, которые необходимо предоставить в глобальных масштабах и с малым периодом обновления. Очевидно, что оперативный глобальный мониторинг распределения водяного пара в атмосфере может быть осуществлён только с помощью дистанционного зондирования с борта космических аппаратов. На современных метеорологических спутниках для определения влажности используются измерительные приборы, работающие как в микроволновом, так и в инфракрасном диапазоне электромагнитных волн. Достоинством микроволнового излучения по сравнению с инфракрасным является возможность проведения измерений при наличии облачности и осадков. Учитывая, что облака закрывают до 70% поверхности Земли, это обстоятельство указывает на преимущество микроволнового диапазона.

В настоящее время на околоземных орbitах используется около десятка микроволновых радиометрических комплексов, позволяющих в той или иной мере восстанавливать вертикальный профиль влажности атмосферы. Практически все пассивные микроволновые приборы, запущенные с целью влажностного зондирования атмосферы проводят измерения радиояркостных температур на 3-6 каналах в области линии поглощения водяного пара 183,31 ГГц. Однако, особенности радиофизических свойств системы океан-атмосфера не позволяют достичь хороших результатов восстановления профиля влажности, особенно в нижней части тропосферы, из-за низкой чувствительности этого частотного диапазона к нижним слоям. Несмотря на обилие работ в данной области нельзя сказать, что задача восстановления влажности полностью решена и не требует дальнейших исследований.

В проекте космического эксперимента «Конвергенция» на РС МКС рассматриваются возможности комплексного решения задачи восстановления профиля водяного пара в тропосфере из космоса на 6-8 высотных уровнях на базе микроволновых измерений как в окрестности линии 183,31 ГГц, так и в окрестности линии 22,235 ГГц. Особенностью использования низкочастотной полосы является новый метод дифференциальных измерений, основанный на работе [1]. Достоинством этого метода является высокая чувствительность измерений к нижним слоям тропосферы, а также возможность снижения вкладов облачности, осадков и подстилающей поверхности на результаты измерений, что повышает точность решения задачи восстановления.

В данной работе рассматривается возможность решения обратной задачи восстановления профиля температуры и влажности тропосферы по радиометрическим данным в рамках проекта «Конвергенция» с использованием метода нейронных сетей на основе компьютерного моделирования прямой задачи дистанционного зондирования.

Восстановление профилей температуры и влажности тропосферы

Для проверки возможности восстановления профиля температуры и влажности в рамках проекта «Конвергенция» было проведено решение обратной задачи на основе компьютерного моделирования прямой задачи дистанционного зондирования. Уравнение, описывающее яркостную температуру, принимаемую радиометром, находящимся на космической орбите, имеет вид [8]:

$$\begin{aligned}
 T_R(v) = & \left[I - R(v, \theta) \right] \times T_S \times \exp(-\tau_o(v) \times \sec \theta) + \\
 & \int_0^{\infty} T(h) \times \gamma(v, h) \times \sec \theta \times \exp[-\tau(v, h) \times \sec \theta] dh + \\
 & + R(v, \theta) \times \exp(-\tau_o(v) \times \sec \theta) \times \int_0^{\infty} T(h) \times \gamma(v, h) \times \sec \theta \times \exp[-(\tau_o(v) - \tau(v, h)) \times \sec \theta] dh + \\
 & + Tr \times R(v, \theta) \times \exp(-2\tau_o(v) \times \sec \theta).
 \end{aligned} \tag{1}$$

где первое слагаемое описывает излучение подстилающей поверхности, ослабленное атмосферой, второе – описывает вклад восходящего излучения атмосферы, третье слагаемое отвечает за нисходящее излучение, отраженное от поверхности и ослабленное атмосферой, а четвертое учитывает вклад реликтового излучения отраженного поверхностью и дважды ослабленное атмосферой; $R(v, \theta)$ - коэффициент отражения, зависящий от частоты излучения v , угла встречи луча с поверхностью θ , плоскости поляризации и свойств подстилающей поверхности; T_S - термодинамическая температура поверхности; Tr - температура реликтового излучения, $T(h)$ - высотный профиль температуры атмосферы; $\alpha(v, h) = \alpha_{atm}(v, h) + \alpha_{obl}(v, h)$ - коэффициент погонного ослабления атмосферы [7], в котором учитывается возможность вклада облаков $\alpha_{obl}(v, h)$; $\gamma(v, h) = \gamma_{atm}(v, h) + \gamma_{obl}(v, h)$ - погонное поглощение атмосферы и облачности; $\tau(v, h) = \int_h^H \alpha(v, h') dh'$ - оптическая плотность слоя толщиной (h, H) , где h – текущая высота слоя, а H – верхняя граница атмосферы;

Для решения обратной задачи необходимо по известным значениям яркостной температуры на выбранных частотах определить значения физической температуры и влажности. Исходное интегральное уравнение, вообще говоря, относится к классу нелинейных интегральных уравнений типа Урысона, т.к. неизвестная функция входит в ядро. Даже, если эту зависимость ядра от искомого параметра считать слабой, мы, тем не менее, все равно получаем уравнение Фредгольма 1-го рода. В нашем случае оно допускает множество решений и относится к классу некорректных задач.

Существуют основные методы решения таких задач: это статистическая регуляризация, линейная регрессия, матричный метод и нейронные сети. Сюда можно добавить менее популярные методы, например, интерполяция полиномами или сплайнами и разложение по базису ортогональных функций (например, в ряды или интеграл Фурье).

Первые три из приведенных методов требуют знания дополнительной информации: корреляционных матриц и статистической информации, знания стандартных профилей или наличия обратной матрицы преобразования. В последние годы для решения обратных задач в широком спектре научных дисциплин стал применяться метод нейронных сетей. Нейронные сети не требуют наличие уравнения, связывающего искомые величины с известными. Это делает метод почти универсальным.

Нейронная сеть состоит из нейронов, образующих слои, число которых может меняться от 2-х и выше. Количество нейронов в слоях также может сильно варьироваться (обычно от 1-го до 20-ти). Между нейронами соседних слоев существуют связи с весовыми коэффициентами W_j . Нейроны соседних слоев связаны друг с другом через функцию активации по формуле, приведенной на Рис. 1. Нейронные сети необходимо подвергнуть процессу обучения. Обучением сети называют выбор оптимальных весовых коэффициентов по некоторому алгоритму [6].

В нашем случае достаточно иметь обучающие наборы яркостных температур на выбранных частотах и соответствующие им физических параметров: профили температур или влажности.

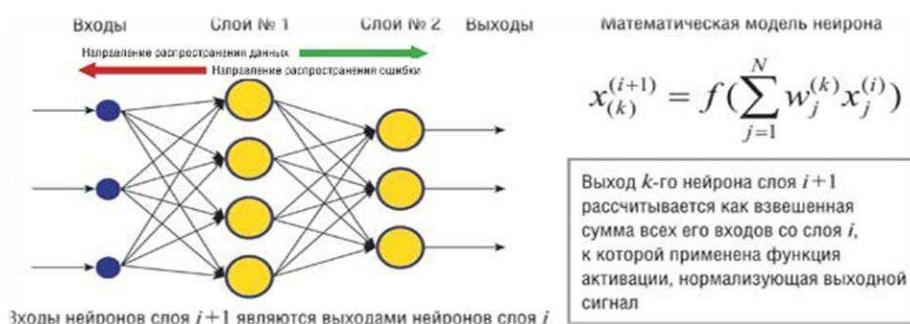


Рисунок 1 – Схематическое изображение нейронной сети

Была разработана следующая процедура обучения нейронной сети, применительно к задаче определения профилей температуры и влажности по наборам яркостных температур. В качестве входных данных для моделирования были использованы данные судовых метеозондов из области Атлантического океана за 2015 – 2016 годы, которые были предоставлены ФГБУ "ВНИИГМИ-МЦД". Всего было

использовано 5723 набора данных, каждый из которых включает в себя профиль температуры, влажности и давления атмосферы, интерполированные на сетке высот от 0 до 25 км с шагом по высоте 100 м. При моделировании были принятые следующие допущения: атмосфера – свободна от облачности и осадков, подстилающая поверхность – гладкая морская поверхность, с неизменной температурой воды 300 К и солёностью 35 %, диаграмма направленности антенны и ширина полосы частот приёмника – бесконечно узкие. Центральные частоты каналов и угол падения, для которых рассчитывались радиометрические сигналы представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Центральная частота канала, ГГц	Угол падения, град	Поляризация	Чувствительность в элементе разрешения, К	За что отвечает
18,7	54,4	B	0,35	Дифференциальные измерения профиля влажности от 0 до 4 км
24,0		B	0,26	
24,5		B	0,26	
25,5		B	0,26	
26,5		B	0,26	
52,800	54,4	Г	0,7	Профиль температуры от 0 до 16 км
53,596 ± 0,115		Г	0,75	
54,400		Г	0,7	
54,940		Г	0,8	
55,500		Г	0,8	
57,290344		Г	0,8	
165,5	53,1	B	0,6	Профиль влажности от 2 до 10 км
183,31 ± 7		Г	1,2	
183,31 ± 4,5		Г	1,0	
183,31 ± 3		Г	0,7	
183,31 ± 1,8		Г	0,7	
183,31 ± 1		Г	0,5	
183,31 ± 0,3		Г	0,5	

Сначала решалась прямая задача, используя уравнение (1) для каждого частотного канала радиометра МИРС (Таблица 1) рассчитывались яркостные температуры. Далее для всех 5723 профилей метеозондов рассчитывался уникальный набор яркостных температур, соответствующий данному профилю температуры и влажности, для каждого частотного канала. Для температурных атмосферных профилей использовались 6 частотных каналов в интервале 52 – 58 ГГц. А для определения влажности – 15 каналов (12 частотных каналов и 3 разностных).

Далее проводился процесс обучения сети по стандартной процедуре для двухслойной схемы, которая приведена на Рис.2. Функцией активации был выбран сигмоид, так как у нас не было отрицательных значений. А методом обучения сети – обратное распространение ошибки (Back Propagation).

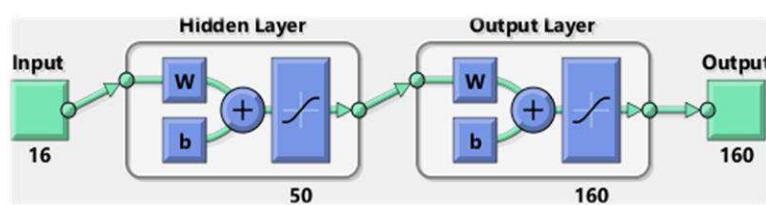


Рисунок 2 – Двухслойная нейросеть

Для восстановления температуры атмосферы целевым (target) массивом являлись профили физической температуры атмосферы метеозондов, для восстановления профилей влажности – массив профилей влажности метеозондов. Объединение целевых массивов температуры и влажности ухудшало результат, поэтому далее мы будем рассматривать решение обратных задач восстановления профилей температуры и влажности тропосферы раздельно.

После процесса обучения сети проводилось её тестирование. Были выбраны тестовые профили радиозондов, не входящие в массив обучения, по которым находили соответствующие им наборы яркостных температур. Затем в яркостные температуры вводились погрешности, распределенные по нормальному

закону с амплитудой, равной чувствительности радиометра в элементе разрешения (четвертая колонка в таблице 4). Далее по предварительно обученной нейронной сети восстанавливали по отдельности профили температуры атмосферы и влажности и сравнивали их с исходными тестовыми профилями. За критерий оценки сравнения бралось значение среднеквадратической ошибки (СКО). На Рис.3 приведены три примера сравнения исходных и восстановленных профилей температуры атмосферы с минимальной, максимальной и средней промежуточной СКО. По тестовой выборке из 10 профилей СКО составила 1,99 К, что укладывается в заданную погрешность, обозначенную в ТЗ на НА «Конвергенция».

На Рис.4 приведены исходные и восстановленные профили влажности в тропосфере, выполненные по 12 частотным каналам без применения дифференциального метода. Для оценки точности определения влажности за критерий бралась относительная ошибка. На Рис.4 приведены исходные и восстановленные профили влажности с минимальной, максимальной и средней относительной ошибкой. Средняя относительная ошибка по 10 профилям оказалась выше 20%.

На следующем рисунке (Рис.5) показано, что, используя дифференциальный метод можно добиться уменьшения ошибки восстановления. К набору из 12 значений добавлялись 3 разности яркостных температур $v_1 - v_2$ (1 - $v_1=26,5$ ГГц, $v_2=18,7$ ГГц, 2 - $v_1=26,5$ ГГц, $v_2=25,5$ ГГц, 3 - $v_1=24,5$ ГГц, $v_2=25,5$ ГГц). По графикам на Рис.5 можно видеть, что ошибка восстановления существенно уменьшается. Теперь она укладывается в заданную точность 20%.

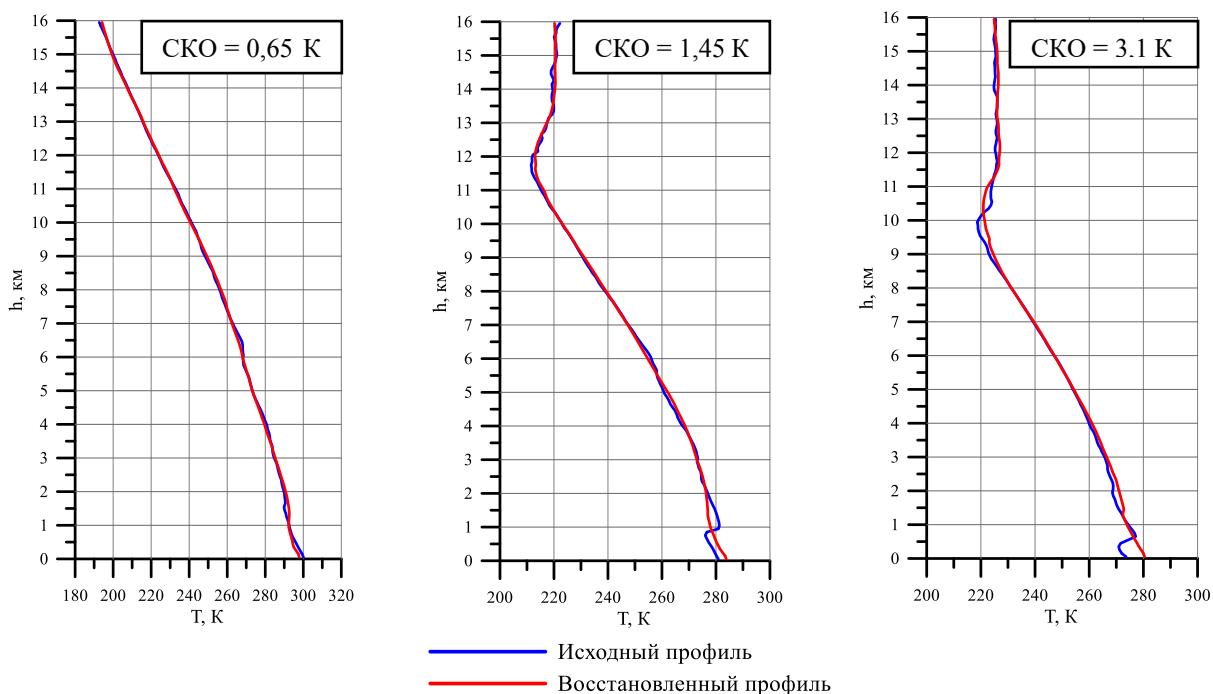


Рисунок 3 – Три примера сравнения исходных и восстановленных профилей температуры атмосферы с минимальной, максимальной и средней промежуточной СКО. По тестовой выборке из 10 профилей СКО составила 1,99 К

Заключение

Модельные расчеты по восстановлению профилей влажности и температуры методом нейронных сетей показали, что профили температуры и влажности нужно восстанавливать по отдельности, то есть не следует вводить профили температуры и влажности в одну обучающую матрицу вместе. Это приводит к ухудшению точности восстановления профилей.

На основе анализа восстановления профилей температуры и влажности оказалось возможным провести предварительную оптимизацию параметров, соответствующих нейросетей. В нашем случае, оптимальными можно считать следующие нейросети: - для восстановления профиля температуры: двуслойную сеть с 10 нейронами в скрытом слое, а для восстановления профиля влажности двуслойную сеть с 50 нейронами в скрытом слое. Профили влажности целесообразно восстанавливать с использованием дифференциального метода.

Библиографический список

1. Стерлядкин В.В., Шарков Е.А. Дифференциальные радиотепловые методы определения вертикального профиля водяного пара в тропосфере и стратосфере Земли // Исслед. Земли из космоса.

2014. № 5. С. 15–28.

2. Шарков Е. А., Шрамков Я. Н., Покровская И. В. Обнаружение высокогенергетических куполов в экваториальном поле интегрального водяного пара при генезисе тропического циклона Francisco (2001) // Исследование Земли из космоса. 2013. № 5 . С. 3-11.
3. Шарков Е.А. Полярный перенос скрытого тепла мезомасштабными тропосферными системами: анимационный анализ микроволновых спутниковых данных. //Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2015. Т.12. № 5 . С. 170-187 .
4. Шарков Е.А., Ким Г.А., Покровская И.В. Энергетические особенности множественного тропического циклогенеза по мультиспектральным спутниковым наблюдениям. // Исследование Земли из космоса. 2011. N 2. С. 18-25.
5. Шарков Е.А., Шрамков Я.Н., Покровская И.В. Повышенное содержание водяного пара в атмосфере тропических широт как необходимое условие генезиса тропических циклонов // Исслед. Земли из космоса. 2012.№ 2. С. 73–82.
6. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс; М.: Вильямс - Москва, 2006. - 781 с.
7. Rosenkranz P.W., Water vapor microwave continuum absorption: A comparison of measurements and models // Radio Sci.1998. N. 33(4). P. 919 – 928.
8. Wentz P.J. A model function for ocean microwave brightness temperature. -J. Geophys. Res. , 1983, vol.88,11 C3, p. 1892-1908.

RETRIEVING OF THE HUMIDITY AND TEMPERATURE PROFILE OF ATMOSPHERE DURING «CONVERGENCE» SPACE PROJECT

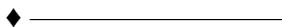
Pashinov E. V.¹, Selunskiy A. B¹., Kuzmin A. V¹., Sterlyadkin V. V¹., Sharkov E. A¹., Sadovskiy I.N.^{1,2}

¹Space Research Institute(IKI)

² Vladimir State University,

pashinove@mail.ru

The space experiment "Convergence" will be performed aboard the International Space Station in order to study the interaction of the ocean and the Earth's atmosphere. One of the devices participating in "Convergence" project is the passive microwave radiometer "MIRS", which provides measurements of brightness temperatures at frequencies of 10-200 GHz. The paper presents methods for retrieving of temperature and humidity profiles of the atmosphere, which are planned to be used during the "Convergence" project. The presented methods are based on the use of neural network calculations with the training of a network on probe data of sub-satellite measurements.



ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПТИЧЕСКОМУ ЗОНДИРОВАНИЮ КАВИТАЦИОННОЙ ОБЛАСТИ

Пчеловодова А. А., Апоплонова И. А., Савченко А. Г., Тимошина Я. Ю.

Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный
исследовательский университет)

nastya.pchelovodova@yandex.ru, apollonova-i@yandex.ru, aleksandr.savchenko.95@bk.ru, ipaynomind@mail.ru

При воздействии ультразвука на жидкие среды особый интерес представляет явление кавитации. Вместе с вопросом о количественной оценке эффективности кавитационных эффектов встаёт вопрос о методах ее контроля. Оптическое зондирование кавитационной области – новый разрабатываемый метод оценки параметров кавитации. Преимуществами такого метода является возможность получить данные о параметрах пульсаций пузырьков, не внося существенных изменений в кавитационную область. В статье представлен лабораторный стенд для проведения эксперимента по оптическому зондированию кавитационной области, рассмотрена методика, обеспечивающая расчёт доли рассеянной на кавитирующих пузырьках мощности излучателя. Для лабораторного стендада представлена методика получения численных параметров, обеспечивающих получение наиболее уловимого сигнала на фотодатчике. Настоящая работа посвящена оптимизации параметров лабораторного стендада по исследованию кавитационной области при помощи оптического зондирования. Оптическое зондирование кавитационной области проводится при помощи пропускания коллимированного пучка лазерного излучения через кавитационную область. На одной оси с излучателем расположен фотоприёмник, регистрирующий рассеянное кавитационной областью излучение. На рисунке представлена схема лабораторного стендада (рисунок 1).

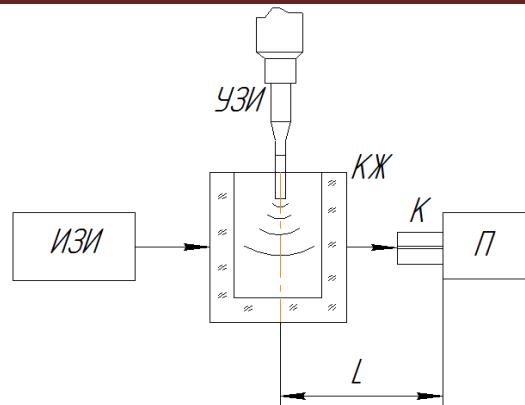


Рисунок 1 – Схема эксперимента по наблюдению рассеяния лазерного излучения кавитационной областью:

ИЗИ – источник зондирующего излучения,
УЗИ-ультразвуковой излучатель,
КЖ кювета с жидкостью,
К-коллиматор,
П-приёмник излучения(фотодатчик),
L-расстояние от кавитационной области до приёмника излучения.

Ультразвуковая кавитационная область представляет собой двухкомпонентную среду, образованную жидкостью и пузырьками, пульсирующими с основной частотой, равной частоте излучателя или одной из субгармоник этой частоты [1]. Рассмотрим процесс рассеяния на пульсирующих кавитационных пузырьках. При распространении оптического излучения в кавитационной области возможны следующие механизмы экстинкции: поглощение в жидкости и пузырьках, рассеяние на примесях и рассеяние на кавитационных пузырьках [1]. Рассмотрим процесс рассеяния на кавитационных пузырьках. Итак, известно, что зондирующее излучение рассеивается вперед в узкий телесный угол [1]. В этом случае удобно использовать приближение Тверского [2], которое учитывает многократные последовательные рассеяния вперед и не учитывает обратного рассеяния на каждом рассеивателе.

Решение интегрального уравнения Тверского для коэффициента пропускания T имеет вид

$$T = \exp(-\rho\sigma_a L) [\exp(-\rho\sigma_s L) + q(1 - \exp(-\rho\sigma_s L))] \quad (1)$$

где: $T = I/I_0$ — коэффициент пропускания,
 I, I_0 — интенсивности прошедшей и падающей волн,
 ρ — объемная плотность пузырьков,

σ_a, σ_s - сечение поглощения и рассеяния пузырьков,

L – толщина кавитирующего слоя,

q – параметр, зависящий от диаграммы направленности приемника и ширины индикатрисы рассеяния в направлении вперед.

При этом для решения можно принять сечение поглощения равным нулю. В уравнении Тверского присутствуют параметры, прямо зависящие от пульсаций радиуса. Это сечение рассеяния пузырьков и их объемная плотность. Для вычисления же параметра q , представляющего собой долю рассеянной мощности, попадающей в приёмник излучения, необходимо определить не только ширину диаграммы направленности фотоприёмника, но и индикатрису рассеяния для одиночного рассеивателя (рисунок 2).

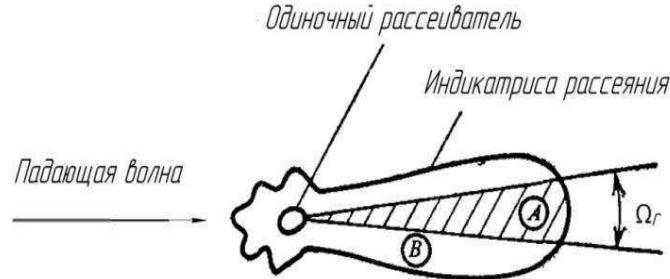


Рисунок 2 – Вычисление параметра q [4] Ω_r – ширина диаграммы направленности фотоприёмника

Параметр q можно вычислить, воспользовавшись выражением:

$$q = \frac{A}{A + B} \quad (2)$$

где А- мощность, рассеянная в угол приёма,
В- полная мощность, рассеянная пузырьком.

Таким образом, зависимость параметра q от пульсаций радиуса и сечение рассеяния возможно получить только благодаря моделированию рассеяния на одиночном пузырьке. Рассеяние на одиночном пульсирующем пузырьке заключается в следующем. Для моделирования рассеяния на пульсирующих пузырьках удобно применять теорию Ми [1, 3], учитывая, что радиусы пузырьков для амплитуд излучателя от 1 до 70 мкм варьируются в пределах 2×10^3 мкм. Теория Ми основана на решении скалярных волновых уравнений в сферической системе координат внутри и вне рассеивающей сферы с показателем преломления m (рисунок 3).

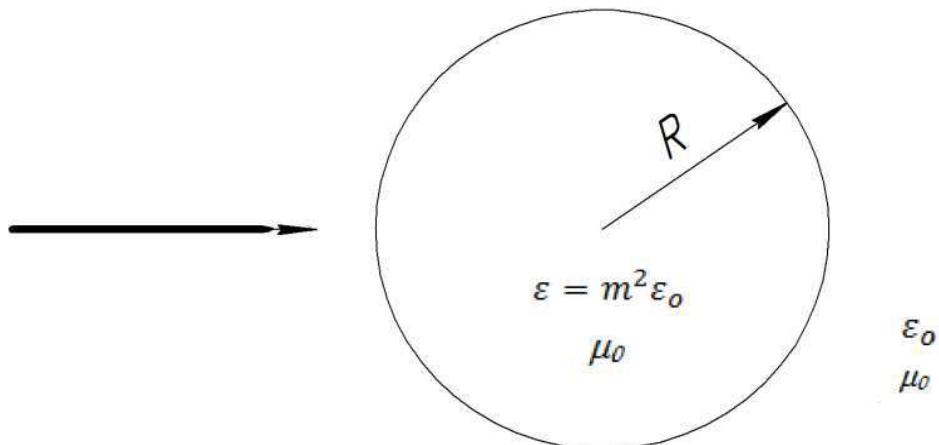


Рисунок 3 – Геометрия задачи Ми [1]

Скалярные волновые уравнения вне сферы (3) и внутри сферы (4)

$$(\nabla^2 + k^2)\Pi = 0 \quad (3)$$

$$(\nabla^2 + m^2 k^2)\Pi = 0 \quad (4)$$

При этом в качестве Π используются скалярные потенциалы Π_1 и Π_2 для ТМ-мод внутри сферы, для которых компонента $H_r = 0$, и ТЕ-мод колебаний внутри сферы, для которых компонента $E_r = 0$. Решением являются тангенциальные компоненты рассеянного электрического и магнитного полей в дальней зоне, позволяющие рассчитать интенсивность I (индикатору рассеяния) в точке приема как модуль вектора Пойнティングа P :

$$P = \frac{1}{2}(E_\varphi^2 + E_\theta^2) \quad (5)$$

В случае с кавитационными пузырьками $m < 1$, $\epsilon < \epsilon_0$, $\epsilon = m^2 \epsilon_0$. В приводимых ниже расчётах $m = 0,75$. Как показывают расчеты, в общем случае индикаторы рассеяния одиночного пузырька имеют сложную зависимость от угловой координаты. Однако при больших по сравнению с длиной волны света диаметрах рассеивателя практически всё падающее излучение рассеивается в направлении вперед $\theta = 0$ [1], формируя узкий главный лепесток индикаторы рассеяния. Интенсивность рассеянного излучения вперед на сколько порядков превышает интенсивность рассеяния в обратном направлении.

Теория Ми позволяет также рассчитать сечение рассеяния σ пузырька радиуса R , которое с учётом парадокса экстинкции [1, 3] представляется формулой:

$$\sigma s = 2\pi R^2(t), \quad (6)$$

где $R(t)$ – зависимость радиуса пузырька от времени.

Индикаторы рассеяния, полученная в соответствии с формулами (5)-(6) представлена на рисунке 4.

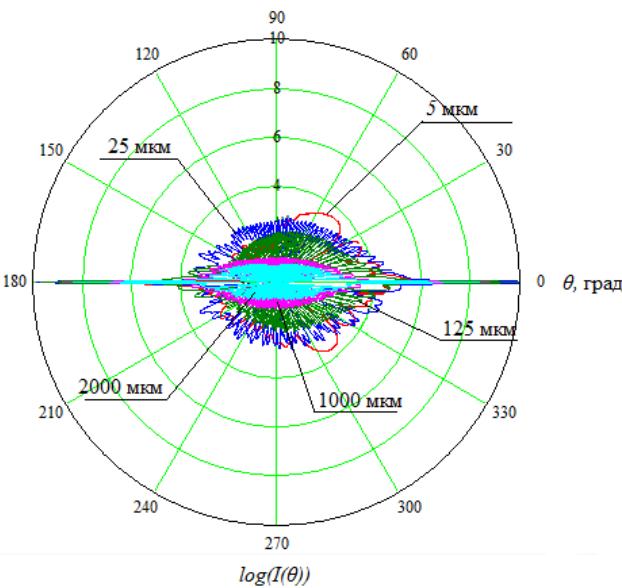


Рисунок 4 – Индикаторы рассеяния на одиночных пузырьках для различных радиусов рассеивателя на расстоянии от приёмника 4 см

Выбор оптимального расстояния от рассеивателя до приёмника и ширины диаграммы направленности фотоприёмника. На рисунке изображена схема диаграммы направленности приёмника, который представляет собой коллиматор с внутренним радиусом d и длиной l . Он определяет ширину диаграммы направленности фотоприёмника (рисунок 5).

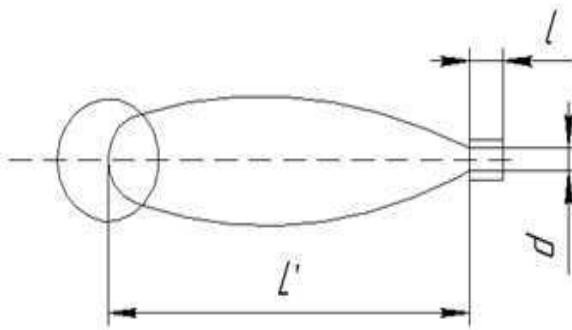


Рисунок 5 – Диаграмма направленности приёмника

Ширину направленности фотоприёмника характеризует угол $\theta_{\phi\pi}$, который можно выразить, как:

$$\operatorname{tg}(\theta_{\phi\pi}) = \frac{d}{\frac{2}{L' + l}} \quad (7)$$

где:

L' – расстояние от пузырька до фотоприёмника, l – длина коллиматора, d – внутренний диаметр коллиматора.

Диаметр коллиматора, принятый при расчётах, составляет 5мм.

При малых углах $\theta_{\phi\pi} \approx \operatorname{tg}(\theta_{\phi\pi})$. Уточним, что в формулах расстояние от пузырька до приёмника излучения присутствует в расчёте и ширины направленности фотоприёмника, и доли рассеянной мощности q , попадающей в приёмник. Таким образом, возможно получить оптимальное расстояние от пузырька до приёмника излучения, при котором амплитуда пульсаций коэффициента рассеяния, была бы наибольшей. Примем размеры коллиматора $d=5\text{мм}$, $l=30\text{мм}$. При моделировании с учётом решения Ми используем расстояния L от 4 до 20 см. Таким образом, фактически мы варьируем ширину диаграммы направленности фотоприёмника. Для 4 см эта ширина составляет $3,58^\circ$, для 20 см $0,71^\circ$. В отсутствии коллиматора ширина диаграммы направленности используемых фотодатчиков превышает допустимое значение и в приёмник попадает всё излучение. Однако же при допустимых условиях кавитационная область может считаться

акустооптическим модулятором. В ходе работы были измерены значения параметра q в зависимости от расстояния от рассеивателя до приёмника и радиуса рассеивателя, а также получены аппроксимирующие степенные функции для зависимости доли рассеиваемой мощности, принятой приёмником, от радиуса пузырька. На рисунке представлены графики для нескольких расстояний от рассеивателя до приёмника излучения (рисунок 6).

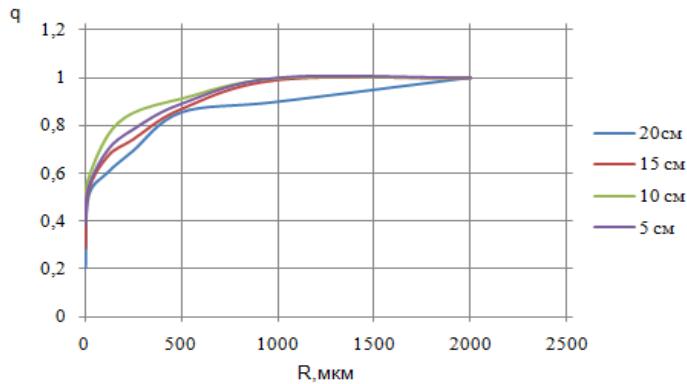


Рисунок 6 – Рассчитанные доли рассеиваемой мощности q (R)

Верхней границей является расстояние, для которого телесный угол мал настолько, что $q \rightarrow 0$. Главный лепесток индикатрисы самый широкий для наименьших радиусов, таким образом, расстояние, на котором ширина диаграммы направленности будет значительно меньше угла в 0,01рад, а это соответствует расстоянию 25см. Итак, при подстановке зависимостей $R(t)$, $\rho(R)$, $\sigma_s(R)$ в (1) получим уравнение пульсаций коэффициента пропускания $T(t)$.

$$T(t) = \exp(-\rho\sigma_s(t)L) + q(t)(1 - \exp(-\rho\sigma_s(t)L)) \quad (8)$$

На рисунке изображен вид пульсаций для различных расстояний от рассеивателя до приёмника излучения при амплитуде излучателя 45 мкм (рисунок 7).

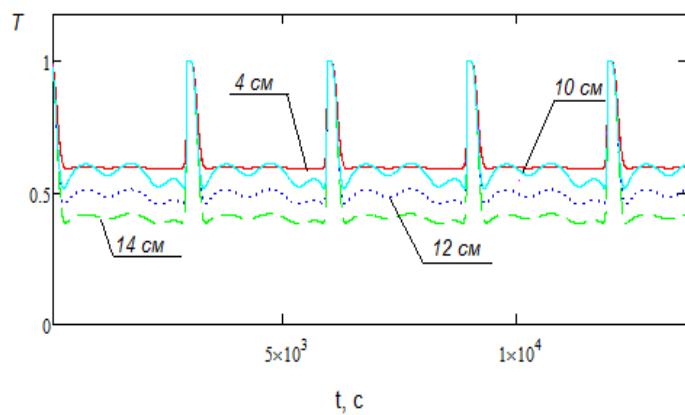


Рисунок 7 – Вид зависимости коэффициента пропускания от времени для амплитуды колебаний излучателя 45 мкм

Выбор оптимального расстояния обусловлен наибольшей амплитудой пульсаций коэффициента пропускания. На рисунке изображен график зависимости амплитуды пульсаций коэффициента пропускания на временном промежутке от расстояния (для отрезка 4-14 см) для амплитуды колебания излучателя 5 мкм и 45 мкм (рисунок 8).

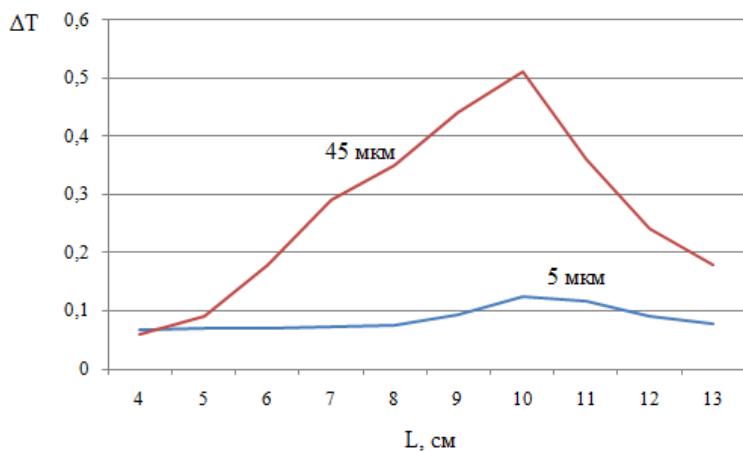


Рисунок 8 – Зависимость амплитуды пульсаций коэффициента пропускания от расстояния от рассеивателя до приёмника при различных амплитудах колебаний излучателя ультразвука

Для выбранного оптимального расстояния 10 см наилучшая аппроксимирующая функция – степенная. Для степенной регрессии ошибка наименьшая и составляет 0,88 %. На рисунке представлен вид аппроксимирующей функции для $q(R)$ (рисунок 9).

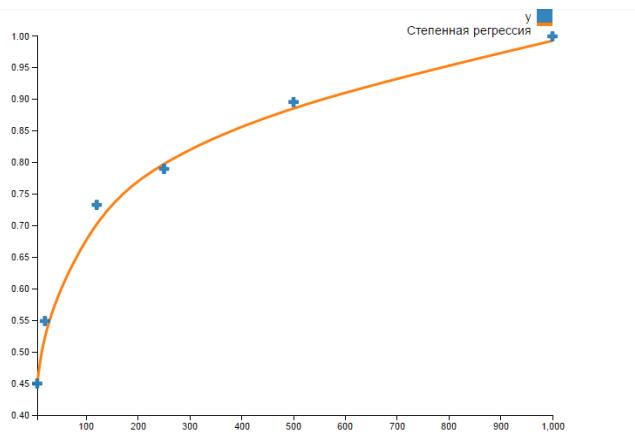


Рисунок 9 – Аппроксимация параметра $q(R)$ степенной регрессией

В результате анализа механизмов светорассеяния в кавитационной области в приближении Тверского разработана методика, обеспечивающая расчёт доли рассеянной на кавитирующих пузырьках мощности излучателя. Для экспериментального стенда определены параметры, обеспечивающие получение наиболее уловимого сигнала на фотодатчике. При анализе зависимости коэффициента пропускания от времени и расстояния установлено, что оптимальным расстоянием от излучателя до приёмника с установленным коллиматором является 10 см. Таким образом, возможно говорить о ширине диаграммы направленности приёмника, которая в идеале составляет $1,4^\circ$. Нижняя граница для ширины диаграммы направленности фотоприёмника $0,57^\circ$. Для этого расстояния найдена зависимость доли рассеиваемой мощности от радиуса $q(R)=0.3522R^{0.1501}$, такая аппроксимация имеет наименьшую ошибку, составляющую 0,88 %.

Библиографический список

1. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно неоднородных средах. В 2т. Т. 1. Однократное рассеяние и теория переноса: пер. с англ. М.: Мир, 1981. 280 с.
2. Исимару А. Распространение и рассеяние волн в случайно-неоднородных средах. В 2 т. Т. 2. Многократное рассеяние, турбулентность, шероховатые поверхности и дистанционное зондирование: пер. с англ. М.: Мир, 1981. 322 с.
3. Скворцов С. П. Модель светорассеяния в ультразвуковой кавитационной области //Наука и образование: научное издание МГТУ им. НЭ Баумана. – 2015. – №. 3.
4. Shen J. Algorithm of numerical calculation on Lorentz Mie theory //PIERS Online. – 2005. – Т. 1. – №. 6. – С. 691-694.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS FOR LABORATORY BENCH FOR EXPERIMENT ON OPTICAL SOUNDING OF CAVITATION AREA

Pchelovodova A.A., Savchenko A.G., Apollonova I.A., Timoshina Ya.Yu.

Moscow State Technical University N.E. Bauman, nastya.pchelovodova@yandex.ru, apollonova-i@yandex.ru, aleksandr.savchenko.95@bk.ru, ipaynomind@mail.ru

The article presents a laboratory bench for experiment performance of optical cavity sounding, as well as a technique for calculating the fraction of the emitter power scattered by cavitation bubbles. A technique for parameter values calculation providing the most detectable signal on photo-detector is presented for the laboratory bench.



ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОЛЯ ПРИВОДНОГО ВЕТРА ПО МИКРОВОЛНОВЫМ РАДИОПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКИМ ИЗМЕРЕНИЯМ ИЗ КОСМОСА

Сазонов Д. С.², Стерлядкин В. В.^{2,3}, Садовский И. Н.^{1,2}

¹ Владимирский Государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых

² Институт космических исследований РАН

³ Московский технологический университет (МИРЭА)

Sazonov_33m7@mail.ru

В настоящее время данные, получаемые посредством дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса стали незаменимой частью исследований изменения климата, прогнозирования погоды, предупреждения стихийных бедствий, экологического мониторинга и многое другое. Дистанционные измерения выполняются в разных частотных диапазонах с помощью активных и/или пассивных методов наблюдения. Для глобального исследования и мониторинга системы «океан-атмосфера» хорошо зарекомендовала себя микроволновая радиометрия. Данное направление является одним из инструментов ДЗЗ и дает возможность: проводить круглосуточные измерения, имеет относительно низкое поглощение электромагнитного излучения в атмосфере и, что самое главное – обладает высокой информативностью.

Среди всех используемых для дистанционного зондирования микроволновых частот, именно на частотах порядка 10 – 37 ГГц наблюдается сильная взаимосвязь измеренного восходящего радиоизлучения с полем приводного ветра. Несмотря на большое количество существующих алгоритмов определения поля приводного ветра, остаются вопросы, связанные с точностью его восстановления. Так, например, если точность восстановления скорости приводного ветра по радиометрическим измерениям составляет $\sim 1\text{--}1,5$ м/с, что является удовлетворительным уровнем ошибки, то точность определения направление ветра – порядка $\pm 20^\circ$, чего явно недостаточно для решения ряда важных задач. Поэтому повышение точности дистанционного определения поля ветра, является актуальной научной практической задачей.

Космический эксперимент (КЭ) «Конвергенция» на российском сегменте международной космической станции (РС МКС), имеет название «Определение детальных профилей температуры и влажности атмосферы при исследовании генезиса атмосферных катастроф». Целью КЭ «Конвергенция», является исследование механизмов генезиса и эволюции крупномасштабных кризисных атмосферных процессов типа тропических циклонов и среднеширотных ураганов как одних из основных элементов в формировании глобального массо- и влагообмена в системе океан-атмосфера, измерение абсолютных радиояркостных температур системы атмосфера-океан тропиков в диапазоне 6...220 ГГц, определение детальных профилей температуры и влажности атмосферы, проведение исследований по круглосуточному обнаружению вспышек молний, определение зон грозовой деятельности [1].

Одной из задач КЭ «Конвергенция», планируемого на РС МКС, является задача измерения скорости и направления ветра по данным измерения собственного радиотеплового излучения водной поверхности. Проведение данного КЭ позволит отработать оптимальные алгоритмы восстановления скорости и направления приводного ветра, создать соответствующие программное обеспечение и провести валидацию результатов измерений путем сопоставления с независимыми метеорологическими данными и данными других датчиков. В результате выполнения эксперимента будут разработаны модели и алгоритмы, предназначенные для восстановления полей скорости и направления ветра над поверхностью Мирового океана, собрана информация о динамике ветровых полей в районах формирования и развития циклонов и ураганов [2].

Основная цель настоящей работы состоит в теоретическом обосновании алгоритма восстановления направления приповерхностного ветра на основе спутниковых микроволновых поляриметрических измерений и демонстрации возможностей предложенного алгоритма на примере решения тестовой задачи и обработки реальных спутниковых данных.

Сканирующий микроволновый радиометр-спектрометр

Для проведения КЭ «Конвергенция» разрабатывается сканирующий микроволновый радиометр-спектрометр (МИРС). В настоящее время проходит этап эскизного проекта разработки научной аппаратуры. Микроволновой радиометр-спектрометр МИРС предназначен для измерения радиотеплового излучения атмосферы Земли и атмосферы в микроволновом диапазоне длин волн. Прибор представляет собой многоканальный радиометр панорамного типа обзора со сканированием пространства лучами, вращающимися вокруг направления в надир под постоянным углом $48,7 - 49,8^\circ$ (коническое сканирование) с периодом 1,3 с. При таком способе обзора поверхности Земли для высоты орбиты космического аппарата 410 км полоса обзора составит 830 км с разрешением по поверхности 10 км для высокочастотных каналов [3].

Особенностью эксперимента является использование поляриметрических измерений для получения скорости и направления приповерхностного ветра. На трех частотных каналах: 10,65 ГГц; 18,7 ГГц и 36,5 ГГц измеряется три параметра Стокса собственного электромагнитного излучения морской поверхности, по которым возможно определить параметры вектора скорости ветра с точностью $\pm 1\text{м/с}$ и $\pm 10^\circ$ по направлению.

Алгоритм определения направления ветра

Возможность определения направления ветра по радиометрическим измерениям основывается на эффекте азимутальной анизотропии микроволнового излучения взволнованной водной поверхности [4]. Эффект азимутальной анизотропии заключается в зависимости измеренной радиояркостной температуры от угла между направлением ветра и направлением зондирования. Основным выводом исследований [4, 5] является то, что эффект азимутальной анизотропии является общим (наблюдается как в морях и океанах, так и в закрытых водоемах), может быть использован для измерения направления скорости приводного ветра, а так же для дистанционных исследований нелинейных взаимодействий при волнении моря.

Установлено, что наибольшее влияние анизотропия излучения поверхности оказывает на третий параметр Стокса $S3$, который представляет собой разность яркостных температур на линейных $\pm 45^\circ$ поляризациях: $S3(\varphi, \dots) = T_{\varphi}^{+45}(\varphi, \dots) - T_{\varphi}^{-45}(\varphi, \dots)$. При этом величина анизотропного вклада зависит как от частоты излучения, так и от модуля скорости ветра U_{10} [6]. При восстановлении направления ветра a_e мы полагаем, что модуль скорости ветра U_{10} – известен, следовательно, известна и зависимость третьего параметра Стокса $S3(\varphi)$ от относительного направления ветра $\varphi = \varphi_e - \varphi_3$, которое отсчитывается по отношению к азимуту зондирования φ_3 .

Описание алгоритма здесь не приводится, так как оно достаточно объемное, а размер данной публикации ограничен. Детальное описание алгоритма и решение с помощью него задачи определения направления ветра может быть найдено в работах [7, 8].

В КЭ «Конвергенция» планируется проводить измерения, как в передней части конуса измерений, так и в его задней части. На рисунке 1 приводится геометрия зондирования при движении спутника вдоль трека.

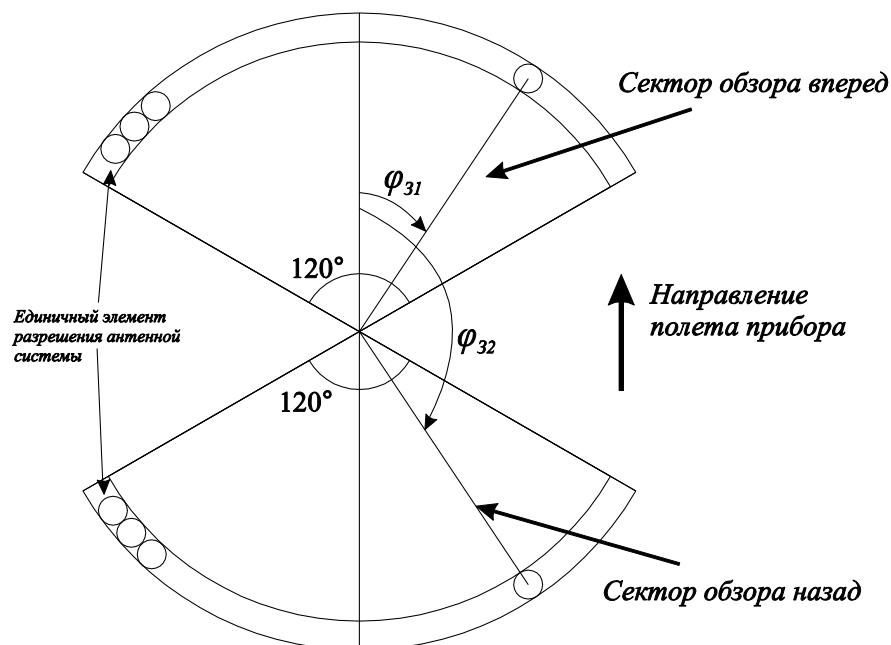


Рисунок 1 – Геометрия зондирования одних и тех же элементов поверхности при движении

спутника вдоль трека

Из рисунка следует, что если первоначальное направление зондирования вперед по треку составляет угол φ_{31} , то при зондировании назад по треку тот же элемент разрешения будет измерен под углом φ_{32} , который связан с φ_{31} соотношением: $\varphi_{32} = \pi - \varphi_{31}$. Различие между направлениями зондирования составит: $\Delta\varphi = \varphi_{32} - \varphi_{31} = \pi - 2\varphi_{31}$.

Очевидно, что один и тот же элемент разрешения на поверхности попадает в задний сектор наблюдения после того как спутник продвинется по треку на расстояние $L(\varphi_{31}) = 2R\cos(\varphi_{31})$, где R – радиус конуса сканирования на поверхности Земли. Это смещение происходит с задержкой по времени $\Delta t = L/V$, где V – скорость полёта спутника.

Таким образом, при измерении одного и того же элемента подстилающей поверхности будет происходить при двух значениях φ_{31} и $\varphi_{32} = \pi - \varphi_{31}$. В результате при решении обратной задачи мы получим два значения третьего параметра Стокса $S3_1$ и $S3_2$, и значения азимутальных углов визирования φ_{31} и φ_{32} . Именно на измеренных значениях $S3_1$ и $S3_2$ при известных углах наблюдения φ_{31} и φ_{32} и производится расчет направления ветра.

Компьютерное моделирование задачи определения направления ветра

Качество алгоритма определения направления ветра проверено на примере решения тестовой задачи. Для этого создано исходное непрерывное поле ветра, условно 1000 на 1000 км. Ветер представлен осесимметричным вихрем с линейно возрастающей скоростью к краям ($V_{max} = 10 \text{ м/с}$) и нулевой скоростью в середине. Так как сканирование производится по конусу в прямом и в обратном направлении, то каждый элемент тестового поля, попавший в полосу обзора, будет наблюдаться два раза с небольшой временной задержкой.

В данной тестовой задаче при расчете радиояркостной температуры при зондировании в прямом направлении при угле φ_{31} были рассчитаны температуры $T_1^{+45}(\varphi_{31})$ и $T_1^{-45}(\varphi_{31})$, а для обратного направления $\varphi_{32} = \pi - \varphi_{31}$ вычислены температуры $T_2^{+45}(\varphi_{32})$ и $T_2^{-45}(\varphi_{32})$. Вопросы совмещения элементов поверхности в реальных системах зондирования здесь мы опускаем.

Решение прямой задачи основано на вычислении радиояркостных температур, которые могут быть измерены со спутника при заданных геофизических параметрах системы океан-атмосфера и параметрах сканирования. Расчет радиояркостных температур на линейных $\pm 45^\circ$ поляризациях производится в соответствии с моделью радиотеплового излучения океана и атмосферы, разработанной на основе многолетнего анализа спутниковых данных и описанной в работах [6, 9, 10].

В данной модели для расчета радиояркостной температуры были использованы следующие метеорологические параметры: температура воды $T_S = 300\text{K}$ ($26,85^\circ\text{C}$); соленость $S = 35\%$; интегральное паросодержание $V = 41 \text{ мм}$; водозапас облаков $L = 0 \text{ мм}$, интенсивность осадков $R = 0 \text{ мм}$, угол встречи с землей $\theta = 53,1^\circ$, модуль скорости ветра U_{10} и направление ветра φ_θ заданы тестовым полем ветра.

При отсутствии погрешностей измерений решение обратной задачи по предложенному алгоритму происходит с высокой точностью. Однако в реальных условиях всегда присутствуют погрешности, как измерительного оборудования, так и моделирования. К ошибкам измерительного оборудования относятся ошибки калибровки, шумы радиометров и систематические погрешности измерений. К ошибкам моделирования можно отнести неточности определения геофизических параметров системы океан-атмосфера по спутниковым данным и неточности используемой модели.

Проведение полного анализа всех возможных погрешностей достаточно трудоемкий процесс, который требует знания погрешностей определения геофизических параметров (например: скорости ветра, температуры воды и т.д.). В настоящий момент на этапе проектирования представляется затруднительным определить все возможности радиометра МИРС по измерению геофизических параметров океана и атмосферы. В настоящей работе мы рассмотрим только влияние шумов радиометра, поскольку оценки показывают, что они вносят основной вклад в погрешности восстановления направления ветра.

Решение обратной тестовой задачи. Результаты статистических оценок.

По результатам моделирования и представленным на рисунке 2 статистическим оценкам можно отметить следующее. Во-первых, корреляция между исходным и восстановленным средним направлением ветра весьма высока и составила 0,995; во-вторых, СКО только в $\sim 8\%$ случаев превышает уровень 20° и только в $\sim 20\%$ случаев превышает уровень 10° . Из рисунка 2 нетрудно заметить, что существуют направления ветра, которые неудобны для восстановления, именно при этих исходных азимутах существенно возрастает ошибка и СКО. Этими направлениями являются азимуты ветра близкие нулю и 180° градусов по отношению к направлению трека спутника. Что объяснимо. Именно при таких относительных направлениях азимутальная зависимость имеет большую неопределенность по азимутальным углам и малую изменчивость при зондировании вперед по треку и назад.

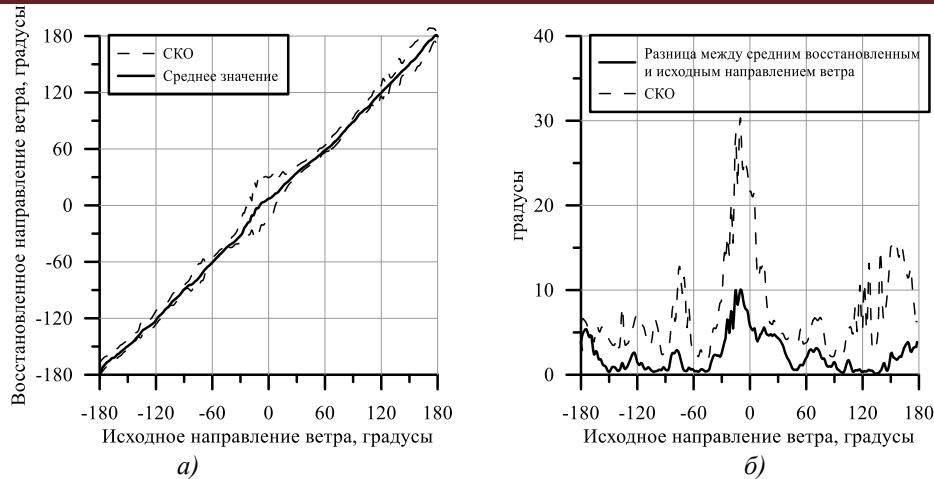


Рисунок 2 – а) Сравнение исходного и восстановленного направлений ветра. СКО отмечено пунктирной линией; б) Распределение погрешностей восстановления в зависимости от исходных азимутов ветра

Решение обратной задачи на основе спутниковых измерений.

Среди всех микроволновых приборов, размещенных на искусственных спутниках Земли, есть только один (WindSat) [11], который проводит измерения в полном поляриметрическом базисе (измеряет все четыре параметра Стокса). Данный прибор установлен на спутнике *Coriolis*, который был запущен в 2003 году и работает по настоящее время (апрель 2018г.). Его геометрия сканирования такова, что как в направлении полета, так и в обратном направлении выполняется измерение системы «океан-атмосфера».

Так как для определения направления ветра необходимы измерения одной и той же поверхности под разными углами наблюдения, то результирующая полоса, где производится восстановление ветра, будет уже как передней, так и задней полосы обзора прибора WindSat. Так же для решения задачи используются только данные, где есть информация о геофизических параметрах системы «океан-атмосфера», так как они нужны для расчета модельной зависимость третьего параметра стокса от относительного направления ветра. Погрешности, связанные с определением геофизических параметров и с моделированием не учитываются (учитывается только чувствительность приборов).

Данные из выбранной области были проанализированы предложенным алгоритмом четыре раза. Первые три раза расчеты выполнялись для каждой частоты по отдельности, а последний раз определение направления ветра производилось сразу по трем частотам, по максимуму результирующей функции вероятностей всех каналов (рисунок 3).

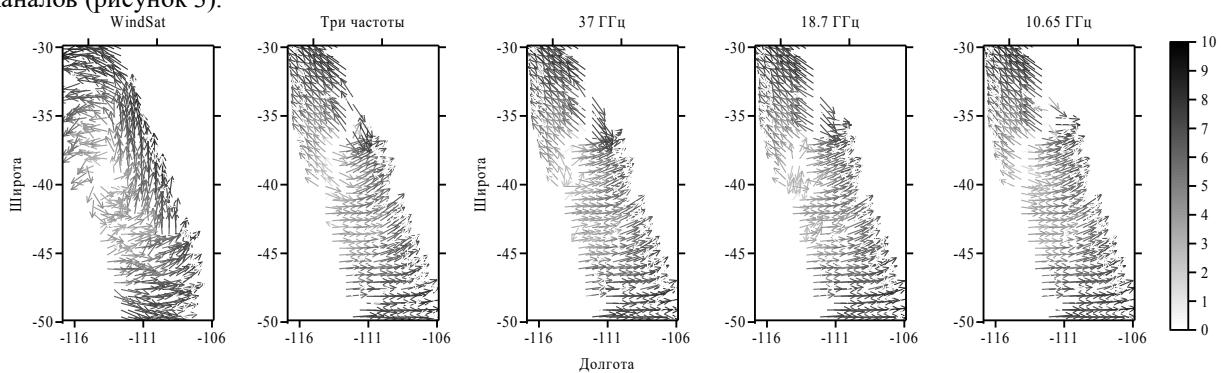


Рисунок 3 – Результаты восстановления направления ветра по измерениям третьего параметра Стокса прибором WindSat

Результаты представлены на рисунке 3 в виде векторных карт направления ветра, цвет соответствует скорости ветра. По представленным картам видно, что есть области, где определенное направление ветра коррелировано с данными (продуктом) предлагаемыми на сайте <http://www.remss.com/missions/windsat/>, однако есть области, где расхождение достаточно сильное. Стоит отметить, что, так как для всей данной области нет возможности найти измерения *in situ*, то сравнение между результатами восстановления ветра и продуктом выполнено на качественном уровне.

Например, в области с широтой -50...-45 и долготой -112...-106 восстановленное направление ветра, как по каждой из частот в отдельности, так и совместно имеет тоже направление, что и на первой карте рисунка 3. Так же направление ветра коррелировано, немного слабее, в области с координатами -45...-40 градусов широты и -111...-116 градусов долготы. В этой области скорость ветра порядка 3-5 м/с, а величина третьего параметра Стокса пропорциональна скорости ветра, поэтому точность определения направления с

уменьшение скорости ветра падает. В области с широтой -39 и долготой -113 скорость ветра менее 3 м/с и направление ветра при таких скоростях определяется с неоднозначностями (разное направление векторов на рисунке).

Для области с координатами широты -32...-45 и долготы -106...-111 на всех трех частотах (и по трем частотам сразу) восстановленное направление ветра не коррелированно, и для верхней части этой области корреляция обратная. Такие ошибки связанны с тем, что направление ветра в этой области направлено вдоль направления наблюдения в передней и задней полосах обзора. При направлении ветра коллинеарном направлениям визирования 0 и 180 градусов величина $S3(\phi, \dots)$ близка к нулю. В этом случае существует неопределенность в восстановлении направления.

С целью устранения неопределенности можно применить коррекцию определения направления за счет сравнения с соседними точками, где неопределенность отсутствует, то есть после решения обратной задачи провести уточнение. Такие подходы широко применяются при анализе спутниковых измерений.

Заключение

В работе представлен оригинальный алгоритм, с помощью которого планируется восстанавливать направление приводного ветра в космическом эксперименте «Конвергенция». В рамках данного проекта удалось создать математическую программу, позволяющую определять направление ветра с высокой надежностью и точностью, что подтверждают результаты моделирования. Численное моделирование проводилось для прямой и обратной задачи на тестовом циклоническом вихре размером $1000*1000\text{км}^2$. Решение прямой задачи заключалось в расчете радиояркостных температур на линейных $\pm 45^\circ$ поляризациях для частот 36,5, 18,7 и 10,65 ГГц и вычислении третьего параметра Стокса. Моделирование обратной задачи – восстановления направления ветра, основывалось на результатах прямой задачи, в которые были внесены шумы аппаратуры. Предложен новый алгоритм повышению надежности измерений, который учитывает реальные погрешности измерений яркостных температур и пространственную корреляцию поля ветра. Несмотря на высокий уровень шумов радиометра, который составлял 0,5-0,8К и относительно невысокий уровень «полезного» анизотропного сигнала, составляющего 0,5-1,5К корреляция между исходным и восстановленным направлением ветра составила 0,995. Погрешность восстановления направления ветра при скоростях более 3 м/с в 80% случаев не превысила $\pm 10^\circ$, что превышает параметры существующих методов измерения. Применение статистического подхода к определению наиболее вероятного направления ветра представляется наиболее перспективным подходом для оценки данного параметра в условиях наличия погрешностей измерений и моделирования. Совмещение результатов измерений, полученных на разных частотах, позволило повысить точность восстановления направления ветра.

Представленные результаты тестирования алгоритма определения направления ветра по измерениям радиополяриметра WindSat наглядно демонстрируют его работоспособность. Поле ветра восстановлено достаточно адекватно, как при использовании радиометрических наблюдений на одной частоте, так и при совместных многочастотных измерениях. Показано, что даже без специальных методов коррекции восстановленного направления ветра можно получить картину поля ветра, в общем, соответствующую продуктам, предлагаемым компанией "Remote Sensing Systems" (<http://www.remss.com/>).

Более того, время, затраченное на восстановление направления ветра (на обычном, стационарном компьютере) соизмеримо со временем спутниковых измерений. Это значит, что при наличии информации о геофизических параметрах системы «океан-атмосфера» (восстановленных с помощью других быстрых алгоритмов) можно ожидать, что обработка данных будет выполнена в режиме *on-line*.

Библиографический список

1. Шарков Е.А. Научные задачи космического эксперимента «Конвергенция» на РС МКС // Пятнадцатая всероссийская открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Тез.докл. М.: ИКИРАН, 2017.
2. Садовский И.Н., Сазонов Д.С. Определение модуля скорости приповерхностного ветра по данным многочастотного радиометра-спектрометра МИРС // Пятнадцатая всероссийская открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Тез.докл. М.: ИКИ РАН, 2017.
3. Кузьмин А.В., Пашинов Е.В., Садовский И.Н., Сазонов Д.С., Стерлядин В.В., Хапин Ю.Б., Шарков Е.А. Научная аппаратура космического эксперимента «Конвергенция» на РС МКС // Пятнадцатая всероссийская открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»: Тез.докл. М.: ИКИ РАН, 2017.
4. Беспалова Е.А., Веселов В.М., Глотов А.А., Милицкий Ю.А., Мировский В.Г., Покровская И.В., Попов А.Е., Раев М.Д., Шарков Е.А., Эткин В.С. Исследование анизотропии ветрового волнения по вариациям поляризованного теплового излучения. Докл. АНССР. 1979. Т. 246. № 6. С. 1482 – 1485.
5. Беспалова Е.А., Веселов В.М., Гершензон В.Е., Милицкий Ю.А., Мировский В.Г., Покровская И.В., Раев М.Д., Семин А.Г., Смирнов Н.К., Скачков В.А., Трохимовский Ю.Г., Хапин Ю.Б., Чистяков В.Н.,

Шарков Е.А., Эткин В.С. Об определении скорости приповерхностного ветра по измерениям поляризационной анизотропии собственного и рассеянного СВЧ-излучения. // Исслед. Земли из космоса. 1982. № 1. С. 87-94.

6. Meissner T., Wentz F.J., The Emissivity of the Ocean Surface Between 6 and 90 GHz Over a Large Range of Wind Speeds and Earth Incidence Angles // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 50, no. 8, pp. 3004–3026, Aug. 2012.

7. Стерлядкин В.В., Сазонов Д.С., Кузьмин А.В. Определение направления поверхностного ветра по радиометрическим измерениям из космоса в проекте «Конвергенция» // Исслед. Земли из космоса. 2018. В печати.

8. Сазонов Д.С., Стерлядкин В.В., Кузьмин А.В. Алгоритм определения поля направления приводного ветра по спутниковым радиополяриметрическим измерениям // Исслед. Земли из космоса. 2018. В печати.

9. Meissner T., Wentz F.J., The complex dielectric constant of pure and sea water from microwave satellite observations // IEEE Trans. Geosci. Remote Sens., vol. 42, no. 9, pp. 1836–1849, Sep. 2004.

10. Wentz F.J., Meissner T., AMSR ocean algorithm, version 2, Remote Sensing Systems, Santa Rosa, CA, 121 599A-1, 2000. [Online]. Available: http://www.remss.com/papers/amsr/AMSR_Ocean_Algorithm_Version_2.pdf.

11. Gaiser P.W., St Germain K.M., Twarog E.M., Poe G.A., Purdy W., Richardson D., Grossman W., Jones W.L., Spencer D., Golba G., Cleveland J., Choy L., Bevilacqua R.M., Chang P.S. The WindSat space borne polarimetric microwave radiometer: sensor description and early orbit performance // IEEE Trans. on Geosci. and Remote Sensing, 2004, V.42, N.11, pp. 2347-2361.

RETRIEVING OF WIND FIELD USING MICROWAVE SATELLITE RADIOPOLARIMETRIC MEASUREMENTS

Sazonov D.S.², Sterlyadkin V.V.^{2,3}, Sadovskii I.N.^{1,2}

¹Vladimir state university named after Alexander and Nikolay Stoletovs

²Space Research Institute RAS

³ Moscow University of Technology (MIREA)

Sazonov_33m7@mail.ru

The paper presents an original algorithm with the help of which it is planned to restore the direction of the near-surface wind in the Space Experiment (SE) "Convergence". The possibility of determining the direction of the wind from radiometric measurements in the two bands of the radiometer is related to the anisotropy of the surface radiation, which is best appear in the third Stokes parameter. Combining the results of measurements obtained at different frequencies makes it possible to improve the accuracy of restoring the direction of the wind. A new algorithm for increasing the reliability of measurements is proposed, which takes into account the real errors in the measurement of brightness temperatures. A numerical simulation was performed on a test cyclonic vortex measuring 1000*1000 km². The solution of the direct problem was to calculate the radio brightness temperatures at linear $\pm 45^\circ$ polarizations for the frequencies 36.5, 18.7 and 10.65 GHz. The simulation of the inverse problem - the restoration of the direction of the wind, was based on the results of a direct problem, into which the noise of the equipment was introduced. Despite the high noise level of the radiometer, which was 0.5-0.8 K and the relatively low level of the "useful" anisotropic signal of 0.5-1.5 K, the correlation between the initial and reconstructed (averaged) wind direction was 0.995. The error of wind direction recovery at speeds exceeding 3 m/s in 80% of cases did not exceed $\pm 10^\circ$, which exceeds the parameters of existing methods of measurement. The algorithm was also tested on the basis of real data obtained by the radiometric system WindSat. The result of the wind direction retrieval according to the developed algorithm was compared with the data obtained from Remote Sensing Systems (RSS). For comparison, a region of the surface with different geophysical parameters was chosen. These parameters are: sea surface temperature, vapor content, wind speed and direction, and the cloud liquid water. The initial meteorological parameters for solving a direct problem were the products presented by RSS. The sensitivity of radiometric instruments was taken into account in the modeling process. The solution of the inverse problem and the results of the comparison showed that the developed algorithm retrieves the wind direction with good qualitative agreement, both with the use of radiometric observations at one frequency and with joint multifrequency measurements.



ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ СРЕДСТВАМИ ПАССИВНОЙ ЛОКАЦИИ МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА

Спеньков К.А., Никитин О.Р., Гаврилов В.М.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), институт информационных технологий и радиоэлектроники, кафедра «Радиотехника и радиосистемы», Kirill19870@yandex.ru; olnikitin@mail.ru; valerian.gavrilov@mail.ru

Необходимость постоянного, всепогодного мониторинга движения транспорта как воздушного, так и морского в пределах аэродромов и портов, а также при разведке территории в интересах МЧС, поиске лесных пожаров, геологических, геофизических и метеорологических исследованиях делает необходимым использование локации для определения дальности.

Однако существующие радиолокационные системы, работающие в СВЧ - диапазонах оказывают сильное негативное воздействие на окружающую экологическую обстановку, особенно на животных и человека.

Этого недостатка лишены системы пассивной локации. Они не производят излучения, то есть экологически безопасны. Способность работать в условиях производственных помех, а также всепогодность действия делают их хорошим дополнением к оптическим и инфракрасным средствам наблюдения.

Среди них особо стоит отметить средства пассивной локации, работающие в миллиметровом диапазоне. Данные радиометры имеют небольшие размеры устройства и антенну диаметром менее полуметра, что позволяет устанавливать их в один блок с оптическими средствами измерения. Данного результата нельзя добиться, используя радиометры сантиметровых и дециметровых диапазонов, имеющих значительные габариты устройства и диаметры антенн более метра. Недостатком использования данных диапазонов является необходимость иметь несколько установок, находящихся на большом расстоянии друг от друга и дороговизна в обслуживании.

Высокая чувствительность радиометров миллиметрового диапазона в 0,1К, даёт возможность уменьшить ширину диаграмм направленности и использовать меньшие углы пеленгации. Это увеличивает разрешение получаемых при измерении фонов, что повышает точность определения расстояния до цели. Дальность действия до 2 км даёт возможность применять данные радиометры в указанных выше целях.

Одним из наиболее распространённых методов определения дальности является угломерно-базовый метод. В целях проверки возможностей использования миллиметрового диапазона для определения расстояния до цели данным методом была проведена серия экспериментов. Были рассмотрены задачи определения объекта на радиотепловой панораме средствами пассивной локации и определения дальности до них при секторном обзоре. Суть угломерно-базового метода заключается в определении дальности по стороне l и двум углам α , β , определяемых при измерении с двух разнесённых точек рисунок 1. [7]

$$L = l * \sin \beta / \sin \alpha$$

Метод был проверен на объектах, находящихся в 40 метрах от точки измерения, полученная погрешность составила 0,5 метра.

Далее было произведено измерение до объекта на расстоянии в 400 метров. Было выполнено два измерения с двух точек расстояние между которыми составило 1 метр. Полученные радиотепловые матрицы, наложенные на фотографию панорамы местности представлены ниже рисунки 2а и 2б. Большая радиояркостная температура фона на рисунке 2б объясняется шумами от кондиционера, находящегося рядом с местом измерения. На радиотепловой панораме отчётливо выделяются балконные окна верхнего этажа здания, это объясняется наличием в них стеклопакета из одного стекла, отсутствием затенения от деревьев, что увеличивает радиояркостную температуру за счёт температуры отапливаемого помещения.

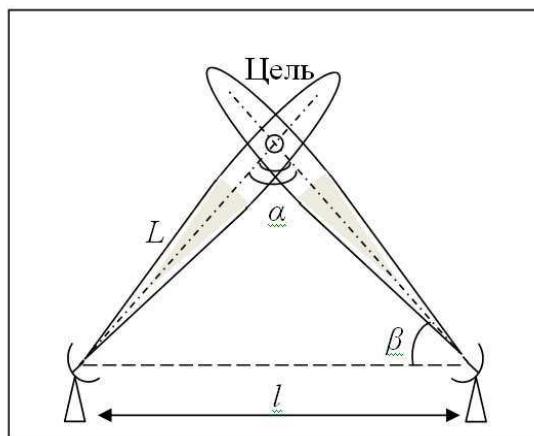


Рисунок 1 – Угломерно-базовый метод измерения дальности

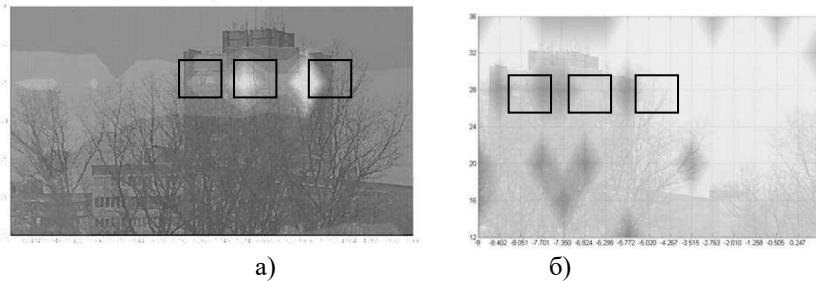


Рисунок 2 – Радиотепловая матрицы, наложенные на панораму местности:
– а) для первого измерения; – б) для второго измерения

Результаты измерения составили 419,2м для углов -5,636 и -5,772 рисунок 2, 417,8м для углов -7,214 и -7,35 и 416,7м для углов -8,266 и -8,402 соответственно. По результатам получена погрешность в 1м, обусловленная возможностями поворотного устройства радиотеплополокатора, способного проводить измерения на углах до 0,004 градуса, что даёт ошибку в 1 метр. При обработке результатов было определено, что для уменьшения ошибки позиционирования до 0,5 метр, измерение необходимо вести с точностью в 0,001 градуса. Повысить точность можно применив метод перевода Гауссовой системы координат в систему координат на поверхности эллипсоида. На больших дальностях погрешность метода также составит около 1 метра. Необходимость вычислять проекции нахождения цели на плоскость измерения сильно усложнит расчёты, а также потребуется большее количество точек измерения. [8] Поэтому наиболее простым способом будет уменьшения угла наблюдения механического устройства, или увеличение дистанции между точками измерения.

Повысить возможности применения, и экологическую безопасность может метод позволяющий использовать только одну точку измерения.

Метод основан на оценке разности отношений радиояркостных контрастов объектов и фонов, используемый в метеорологии, по которой делается вывод о расстоянии до цели.

Метод состоит из следующих этапов:

- 1) измерение эффективной радиояркостной температуры фона (атмосферы) T_{ϕ} ;
- 2) измерение радиояркостной температуры объекта T_y (рисунок 3а); [1]
- 3) нахождение эффективной площади приёмной антенны;
 $S_{\phi} = KND^* \lambda^2 / (4\pi)$;
- 4) нахождение измерительной базы; [2,3]

$$D_l = 10 \sqrt{\frac{T_y S_{\phi}^2}{16\pi^2 \Delta T \lambda^2}};$$

5) нахождение радиояркостного контраста объекта τ_o и фона τ_h , через радиояркостную температуру (рисунок 3в,3г); [3,4]

$$\tau_o \approx \cos \theta_0 \ln \frac{T_{\phi}^{\downarrow}(\theta_0)}{T_{\phi}^{\downarrow}(\theta_0) - k T_{\text{я-Л}}^{\downarrow}(\theta_0)} \quad \tau_h \approx \ln \frac{T_{\phi}^{\downarrow}(\theta_0)}{T_{\phi}^{\downarrow}(\theta_0) - k T_{\text{я-Л}}^{\downarrow}(\theta_0)};$$

6) нахождение метеорологической дальности видимости; [3]

$$S_M(\tau_h) = l * \ln \varepsilon / \ln \tau_h \quad S_M(\tau_o) = l * \ln \varepsilon / \ln \tau_o;$$

7) нахождение дальности до объекта (рисунок 3б);

$$S_d = S_M(\tau_h) - S_M(\tau_o);$$

Для пунктов 5, 6, 7, коэффициент k определяется по графикам так, чтобы фон измеряемого объекта был различим, а получаемые значения были положительны.

Метод был проверен серией экспериментов на дистанциях от 40м до 400м, были получены погрешности от 10м до 20м соответственно.

Во время эксперимента, при измерениях до одного из объектов, которым был выбран дом площадью 297м², на удалении 419 м от точки наблюдения были получены матрицы, представленные на рисунке 3а.

Ниже представлены зависимости радиояркостного фона (рисунок 3а), радиояркостных контрастов (рисунок 3в, 3г), дальности (рисунок 3б), от направления измерения по азимуту ϕ , и от измерения по углу места θ .

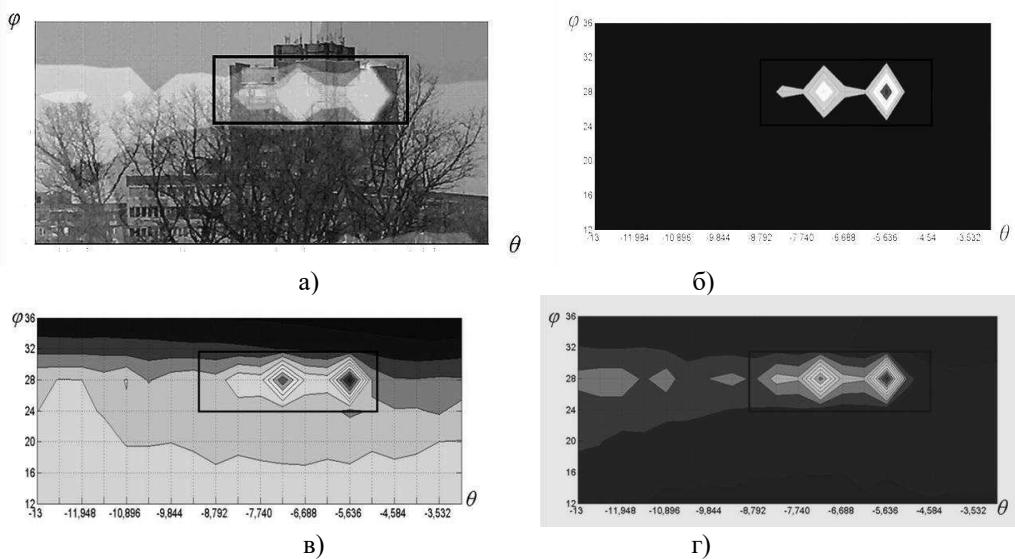


Рисунок 3 – Матрицы, полученные в ходе эксперимента; а) – радиотепловая матрица измерения, наложенная на панораму местности; б) – график расстояний; в) – график фона для τ_o ; г) – график фона для τ_h

На графиках отмечена область, до которой определялась дальность. Среднее расстояние составило 414м, с погрешностью в 419м-414м=5м. Полученный результат, как и представленные ранее укладывается в допустимую погрешность 25м, которая разрешена требованиями международной организации гражданской авиации (ICAO) к точности определения дальности видимости, что допускает использование данного метода для определения расстояния до цели. [6]

Также из рисунков 1 видно, что данный метод можно использовать для распознавания объектов.

В ходе эксперимента отмечено, что существует следующая статистическая зависимость: чем больше площадь измеряемого объекта S и расстояние до него, тем выше абсолютная ошибка измерения (рисунок 4).

Ошибка измерения вычислялась по формуле:

$$\Delta x_{\text{абс}} = |x_{\text{реальное}} - x_{\text{измеренное}}|$$

где $x_{\text{реальное}}$ – реальное расстояние;

$x_{\text{измеренное}}$ – измеренное расстояние

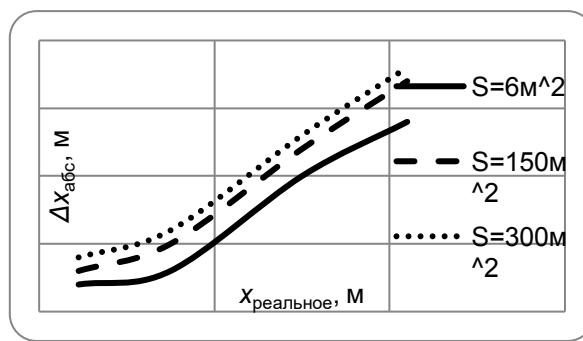


Рисунок 4 – Зависимость погрешности от площади объекта и расстояния до него

Повысить точность метода можно проведением серии экспериментов определения расстояния до целей выполненных из разных материалов при различных условиях измерения, с последующим составлением таблиц коэффициентов, как, например, это делают для измерительных баз, для методов использующих оптический диапазон измерения дальности.

Библиографический список

- 1 Кабанов В.А. Радиометр для метеорологических измерений с точной калибровкой по яркостной температуре неба / В.А. Кабанов // Радиофизика и электроника: Распространение радиоволн, радиолокация и дистанционное зондирование – Харьков – 2016 – Т. 7(21). № 3 – С. 11-17.
- 2 Муравьев В.В., Тамело А.А., Журавлев Д.В. Определение дальности действия пассивной системы радиовидения миллиметрового диапазона В.В. Муравьев, А.А. Тамело, Д.В. Журавлев // ОКЛАДЫ БГУИР – Минск – 2006 – №3(15) – С.93-103.

- 3 Гаврилов В.А. Видимость в атмосфере / В.А. Гаврилов // Гидрометеорологическое издательство – Л: – 1966 – С. 322.
- 4 Степаненко В. Д. Радиотеплолокация в метрологии / В. Д. Степаненко [и др.] // Гидрометеоиздат, Л: – 1987 – С.280.
- 5 Николаев А.Г., Перцов С.В. Радиотеплолокация (пассивная радиолокация) / Под ред. А.А. Красовского. – М.: Сов. радио, 1964. – 336 с.
- 6 М.В. Петрова Руководство по определению дальности видимости на ВПП (RVR) / М.В. Петрова и [др] // Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (росгидромет) – М.: Изд. АНО «Метеоагентство Росгидромета»,2006.–С.20-80.
- 7 Гаврилов В.М., Никитин О.Р., Решение экологических задач наземно-дистанционными радиофизическими методами/ В.М. Гаврилов, О.Р. Никитин – Муром 2009, с 6-14.
- 8 Розанов С.Б., Радиоспектрометры диапазонов волн 2 мм и 1,5 мм для экологических атмосферных исследований / С.Б. Розанов [и др.] // Физические проблемы экологии (Экологич.физика). – М.: Изд. МАКС-ПРЕСС, 2008.–С.296-304

**ENVIRONMENTALLY SAFE METHODS OF DETERMINING THE DISTANCE
MEANS OF PASSIVE LOCATION OF A MILLIMETRIC RANGE**

Spenkov, K. A., Nikitin O. R., Gavrilov V. M.

Vladimir State University Kirill19870@yandex.ru, olnikitin@mail.ru, valerian.gavrilov@mail.ru

Most of the systems currently used to determine the range on the runways of airfields and ports, as well as the exploration of the area in the interests of the Ministry of emergency situations use an active location in the microwave bands, which negatively affects the human condition and the environment.

These disadvantages are devoid of passive location system, as they do not have harmful radiation. However, these systems are still at the stage of scientific research. The installations of centimeter and decimeter ranges used have the need to accommodate several stations at long distances from each other when determining range, large dimensions, and roads in service.

The solution may be the use of passive millimeter-range location units with smaller size and ease of maintenance. In this paper, the possibility of using these units to determine the range of the standard angle-base method was tested, and for the first time the method was proposed that allows only one measurement point to determine the range, which also reduces the environmentally harmful effect in the operation of these systems.



**ОЦЕНКА НИЗКОИМПЕДАНСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ВЛИЯНИЯ ЛИНИЙ
ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ**

Шмелёв В.Е.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, shmelev@vlsu.ru

Для линий электропередач (ЛЭП) характерна большая протяжённость по территории. Это влияет на экологию, а именно – на электромагнитную обстановку в окружающей среде. Актуальность развития методов оценки электромагнитной обстановки обусловлена введением в эксплуатацию новых и реконструкцией существующих объектов электроэнергетики [1]. Электромагнитные поля вокруг таких объектов подразделяются на высоко- и низкоимпедансные [2]. Допустимые уровни электромагнитных полей регламентируются санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами [3]. В работе [4] была дана оценка высокоимпедансного электромагнитного влияния линий электропередач на окружающую среду, основанная на соотношениях электростатики и методе изображений поскольку источниками поля являются заряды токоведущих и защитных проводов. Низкоимпедансные – это, прежде всего, квазистатические магнитные поля, источниками которых являются токи в проводниках, текущие под действием продольного электрического поля, которое на несколько порядков слабее поперечного электрического поля. Оценка распределения последнего вокруг коридора ЛЭП была дана в [4].

Любой коридор ЛЭП представляет собой многопроводную систему, причём условно можно считать, что проводники в ней расположены в пространстве условно параллельно, и их длина во много раз превышает размеры поперечного сечения системы [5]. У воздушных линий (ВЛ) геометрию поперечного сечения определяют высоты подвеса проводников на опорах, горизонтальные координаты точек подвеса, стрелы провисания проводов и их диаметры [6].

Коридор ВЛ будем математически моделировать как многопроводную систему, состоящую из $n+1$ проводников, причём n из них подвешено на опорах, а последний проводник – земля, которую будем считать общим проводником всего коридора. В число n входят фазные провода и грозозащитные тросы. Для описания текущего электрического состояния многопроводной системы в некотором контрольном сечении

достаточно знать n напряжений и n токов. Здесь все напряжения будем отсчитывать относительно земли [4].

Расчёт распределения квазистатического магнитного поля в окрестности коридора ВЛ с высокой степенью точности может быть проведён методом наложения магнитных полей вокруг прямолинейных круглых проводов [7].

Пусть над плоской поверхностью земли подвешено n проводов. Обозначим x_i, y_i, r_i – горизонтальная, вертикальная координаты и радиус i -го провода, \vec{I}_i – комплексное действующее значение тока i -го провода, x, y – горизонтальная и вертикальная координаты точки наблюдения. Тогда комплексные действующие значения компонентов вектора напряжённости магнитного поля в точке наблюдения могут быть рассчитаны по формулам

$$\vec{H}_x(x, y) = \frac{1}{2\pi} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\vec{I}_i \cdot (y_i - y)}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}; \quad \vec{H}_y(x, y) = \frac{1}{2\pi} \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\vec{I}_i \cdot (x - x_i)}{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2}.$$

Комплексные токи проводов могут быть определены по многопролётной трёхфазной схеме замещения, учитывающей поперечные и продольные электрические параметры многопроводной системы, а также пофазно подключаемые электрические нагрузки.

В реальных условиях токи в фазных и защитных проводах распределены неравномерно вдоль длины линий. Это обусловлено протеканием токов утечки и ёмкостных токов в изоляции между проводами. Более того, несимметрия продольных и поперечных электрических параметров коридоров линий приводит к несимметрии фазных токов линий, вследствие чего распределение магнитного поля в окружающем пространстве носит сложный характер. В работе [10] кратко показана технология расчёта этих распределений токов с применением методов теории электромагнитного поля и теории электрических цепей. На рис.1 показано рассчитанное по представленной модели распределение модуля напряжённости магнитного поля под коридором двух ВЛ от подстанции «Владимирская» до подстанции «Стекловолокно» Волго-Окского ПМЭС. Для начала смоделирован симметричный режим токовой нагрузки двух линий без учёта влияния защитных проводов, каждая из которых в начале запитана симметричным трёхфазным напряжением 230 кВ, причём через каждую линию в контрольном сечении передаётся комплексная мощность $(50+j20)$ МВА. Графики, представленные на рис. 1, соответствуют вертикальным координатам у точек наблюдения: $\{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ м.

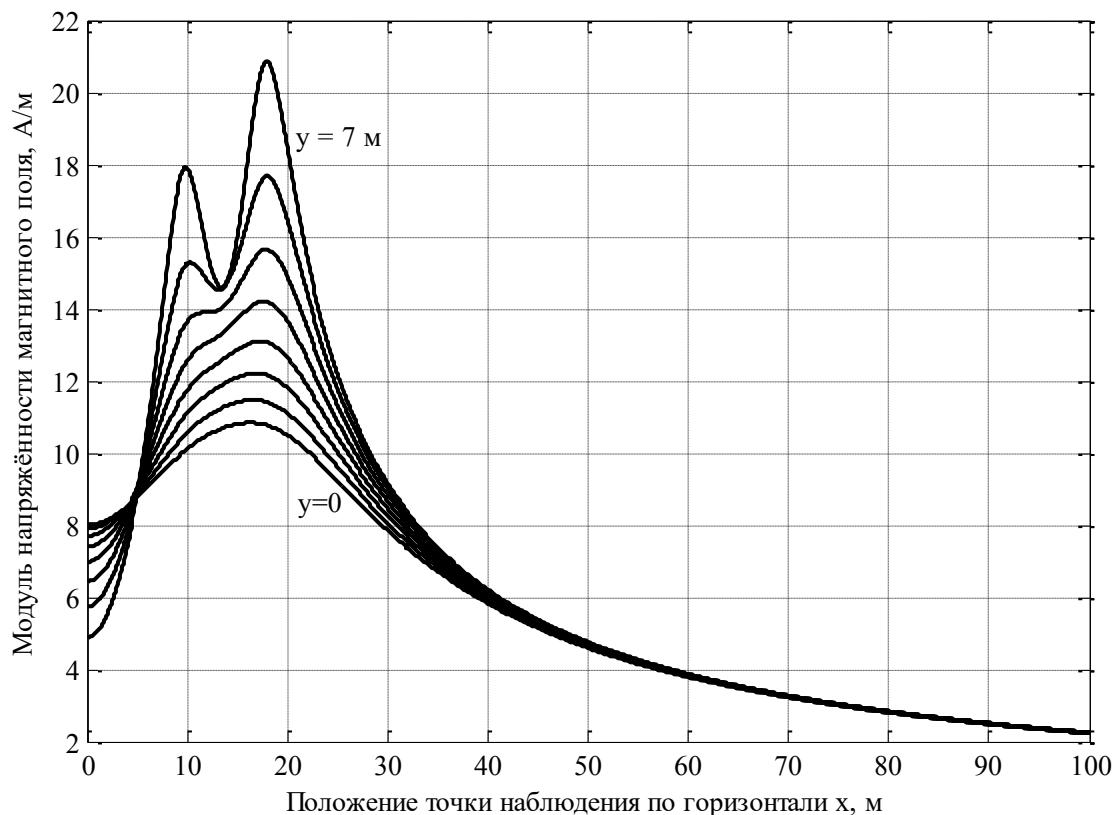


Рисунок – 1 Распределение модуля напряжённости магнитного поля под коридором линий

Результат расчёта показал, что на высоте до 7 метров от уровня земли напряжённость магнитного поля при нормальном режиме токовой нагрузки не превышает предельно допустимой величины по [3] и допускает неограниченно длительное время нахождения биологических объектов в этой зоне. Затухание

магнитного поля при удалении от коридора линий происходит медленнее, чем затухание поперечного электрического поля, показанное в [4]. Превышение максимально допустимых уровней напряжённости магнитного поля возможно в режимах коротких замыканий, однако длительность таких режимов редко превышает единиц секунд из-за срабатывания средств релейной защиты.

Библиографический список

1. Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Сподобаев Ю.М. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем: Монография / В.Н. Довбыш, М.Ю. Маслов, Ю.М. Сподобаев. – Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2009. – 198 с.
2. Дьяков А.Ф. и др. Электромагнитная совместимость и молниезащита в электроэнергетике. Учебник для вузов. – М.: Изд-во МЭИ, 2009. – 550 с.
3. Электромагнитные поля в производственных условиях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.2.4.1191-03.
4. Оценка высокоимпедансного электромагнитного влияния линий электропередач на окружающую среду// Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии: Доклады 11-й межд. научн. конф. Книга 2 – Владимир: 2014. – с. 200-201.
5. Лосев С.Б., Чернин А.Б. Вычисление электрических величин в несимметричных режимах электрических систем. – М.: Энергоатомиздат, 1983. - 528 с.
6. Магидин Ф.А., Берковский А.Г. Устройство и монтаж воздушных линий электропередачи. – М.: Высш. шк., 1975. – 256 с.
7. Говорков В.А. Электрические и магнитные поля. – М.: Энергия, 1968. – 488 с.
8. Теоретические основы электротехники. Том 2. Нелинейные цепи и основы теории электромагнитного поля. Под ред. П.А.Ионкина. – М: Высш. шк., 1976. – 383 с.
9. Шмелёв В.Е., Сбитнев С.А. Теоретические основы электротехники. Теория электромагнитного поля: Учеб. пособие/ Владимир. гос. ун-т. – Владимир, 2003. – 88 с.
10. Шмелёв В.Е. Моделирование продольных и поперечных электрических параметров многопроводных линий с помощью уравнений электромагнитного поля. – Проектирование и технология электронных средств, №4, 2013. – с. 27-32.

SCORE LOW IMPEDANCE ELECTROMAGNETIC EFFECTS OF POWER LINES ON THE ENVIRONMENT

Shmelev V.E.

Vladimir State University, shmelev@vlsu.ru

An analytical model of the calculation of the distribution low impedance electromagnetic field near the corridor of power lines. The results of modeling have shown that at the height of 7 meters from ground level, the magnetic field does not exceed the maximum permissible value for the sanitary-epidemiological standards and allows unlimited longest time the biological objects in this zone.



БИОСЕНСОР НА ОСНОВЕ ГЛЮКОЗООКСИДАЗЫ. СРАВНЕНИЕ ДВУХ СПОСОБОВ ИММОБИЛИЗАЦИИ ФЕРМЕНТА НА МАТРИЧНОМ ЭЛЕКТРОДЕ

¹Плеханова Ю. В., ¹Решетилов А. Н., ²Дубровский А. В., ²Ким А. Л., ²Тихоненко С. А.

²ФГБУН Институт биохимии и физиологии микроорганизмов им. Г.К. Скрыбина Российской академии наук, ²ФГБУН Институт теоретической и экспериментальной биофизики Российской академии наук, plekhanova@ibpm.pushchino.ru

Создание биосенсоров и биотопливных элементов неразрывно связано с поиском и совершенствованием методов иммобилизации биокатализатора на поверхности электродов. Иммобилизация должна быть осуществлена таким образом, чтобы биокатализатор находился длительное время в активном состоянии. Поэтому поиск новых биосовместимых материалов для создания электродов, поиск новых полимеров для иммобилизации биокатализатора остается актуальной задачей.

Известен способ сохранения активности ферментов на высоком уровне с помощью капсулирования. Полиэлектролитные капсулы не препятствуют проницаемости низкомолекулярных соединений и мелких агрегатов и в то же время непроницаемы для высокомолекулярных веществ и крупных частиц.

Ранее было показано, что использование капсулирования белков в полиэлектролитные матрицы позволяет сохранять активность фермента (например, уреазы, лактатдегидрогеназы) на высоком уровне в течение нескольких месяцев [1]. После включения в капсулу также повышается длительность хранения и устойчивость фермента к агрессивным средам [2]. Капсулированный фермент может использоваться для

создания биосенсоров [3-5].

Целью данной работы являлось сравнение двух способов иммобилизации фермента глюкозооксидазы (ГО) на поверхности матричного электрода, модифицированного берлинской лазурью в составе биосенсора для определения глюкозы. Один способ состоял в капсулировании фермента, а другой в иммобилизации фермента в гель хитозана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Реагенты

Использовали следующие реагенты: калий фосфорнокислый двузамещенный 3-водный, натрия гидроокись, натрий хлористый, глюкоза, уксусная кислота (Диакон, Россия); хитозан низкомолекулярный, гексацианоферрат (III) калия, (“Sigma-Aldrich”, США); хлорид железа (III), хлорид калия, хлорид кальция, карбонат натрия (Химмед, Россия); соляная кислота, пероксид водорода (30 % раствор), хлорид кальция, карбонат натрия (Реахим, Россия); полистиролсульфонат натрия (ПСС, 70 кДа) и полиаллиламингидрохлорид (ПАА, 70 кДа) (Aldrich, Germany); этилендиаминтетрауксусную кислоту (ЭДТА) (Sigma, Germany); глюкозооксидаза (КФ 1.1.3.4) из *Aspergillus niger* (активность 185000 ед./г) (Sigma-Aldrich).

В качестве рабочих электродов использовали электроды 3-контактные, полученные матричной печатью (ООО «КолорЭлектроникс», Москва, Россия), содержащие в составе рабочего электрода графитовую пасту Electrodag 6017SS (Henkel, Германия).

Формирование химического сенсора на основе берлинской лазури

Осаждение берлинской лазури на поверхность электродов проводили из реакционной смеси состава: 0.1 М FeCl_3 и 0.1 М $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ в фоновом электролите 0.1 М KCl , 0.1 М HCl . Смесь предварительно выдерживали в течение 20 мин в пробирке Эппendorфа в темноте, затем ее наносили на рабочий электрод. Через 15 мин в нанесенный раствор на электроде добавляли пероксид водорода до достижения концентрации 100 мМ в капле и выдерживали полученную смесь на электроде в течение 45 мин. По окончании осаждения поверхность электродов промывали дистиллированной водой. Затем проводили активацию электрода (потенциодинамическая обработка модифицированного берлинской лазурью (БЛ) электрода в циклическом режиме в фоновом электролите в интервале потенциалов от -0.05 до 0.35 В) в соответствии с методикой, описанной в работе [6]. Если анодный пик окисления на циклической вольтамперограмме был выше значения 20 мА, электрод считался годным для проведения дальнейших измерений.

Получение полизелектролитных микрокапсул (ПМК) со встроенной глюкооксидазой

Получение составных микросферолитов « CaCO_3 -белок». К раствору хлористого кальция (0.33 М), содержащему 3 мг/мл ГО и интенсивно перемешиваемому на магнитной мешалке, быстро добавляли равный объем раствора карбоната натрия (0.33 М). Перемешивание продолжалось в течение 30 сек, после чего прекращалось и образовавшаяся суспензия выдерживалась до полного осаждения образовавшихся частиц [7]. Процесс «созревания» микросферолитов контролировали с помощью светового микроскопа. Затем надосадочную жидкость деканттировали, осадок промывали водой и использовали для получения ПМК. Микрочастицы получались с узким распределением по размеру со средним диаметром 5 мкм.

Приготовление ПМК. Полизелектролитные микрокапсулы были получены методом поочередной адсорбции противоположно заряженных полизелектролитов на дисперсную микрочастицу (ядро) с последующим растворением этого ядра. Поочередную адсорбцию ПСС и ПАА на поверхности микросферолитов CaCO_3 проводили в растворах полизелектролитов с концентрацией 2 мг/мл, содержащих 0.5М NaCl . За каждый шагом адсорбции следовала троекратная промывка раствором 0.5М NaCl , необходимая для удаления неадсорбированных молекул полимеров. Частицы отделялись от супернатанта центрифугированием. После нанесения необходимого числа слоёв, карбонатные ядра были растворены в 0.2М растворе ЭДТА в течение 12 часов. Полученные капсулы были троекратно отмыты водой для удаления продуктов распада ядер.

Формирование глюкозного биосенсора

- 1) 5 мкл полизелектролитных капсул со встроенной ГО наносили на поверхность модифицированного берлинской лазурью рабочего электрода, подсушивали на воздухе при комнатной температуре в течение 30 минут.
- 2) Готовили смесь ГО (2 мг/мл) и хитозана (2 %-ный раствор в 1 %-й уксусной кислоте [8]), в объемном соотношении 1:1. 5 мкл полученной смеси наносили поверхность модифицированного берлинской лазурью рабочего электрода, подсушивали на воздухе при комнатной температуре в течение 30 минут.

Между измерениями готовые биосенсоры хранили при температуре 4°C в темноте.

Измерения выполняли при температуре 200 С в кювете объемом 1 мл при постоянном перемешивании. pH, молярность и концентрацию NaCl в буферном растворе варьировали.

Модельные растворы глюкозы были приготовлены в 25 мМ натрий-калий-фосфатном буферном растворе (pH 6.5, буферная емкость 0.024 экв./pH) с добавлением 10 мМ NaCl .

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимость сигналов биосенсора от буферного раствора

Оптимум pH для функционирования глюкозооксидазы составляет 5.6 [9]. Нами были получены сигналы биосенсора в буферных растворах со значением pH от 5.5 до 8 (рис. 1). Максимальные амплитуды ответов биосенсора при иммобилизации фермента в гель хитозана на поверхности электрода наблюдали в области значений pH 6.0-7.0, при иммобилизации капсулированием - 5.5-6.0. Полученный сдвиг оптимума в щелочную сторону, скорее всего, связан с условиями, создаваемыми при иммобилизации фермента в гель хитозана. Кроме величины pH буфера, также имеет значение его молярность. На рис. 2 показаны зависимости сигналов биосенсора двух типов от молярности использованного буферного раствора. Как видно из рисунка с увеличением молярности использованного буфера сигналы биосенсора с применением хитозана растут и максимальные сигналы соответствуют 40-50 mM буферному раствору. В то же время для капсулированного фермента наблюдается увеличение сигналов до концентрации буфера 30-40 mM, при дальнейшем увеличении молярности происходит падение уровня сигнала.

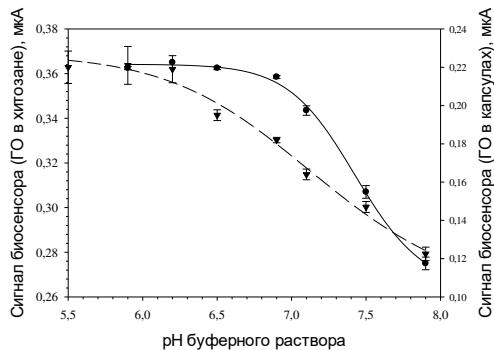


Рисунок 1 – Зависимость сигналов биосенсоров от pH буферного раствора. Пунктирной линией показаны сигналы биосенсора на основе капсулированного фермента. Использовали буфер молярностью 50 mM без добавления NaCl. Показаны величины сигналов биосенсоров на глюкозу в концентрации 1.24 mM

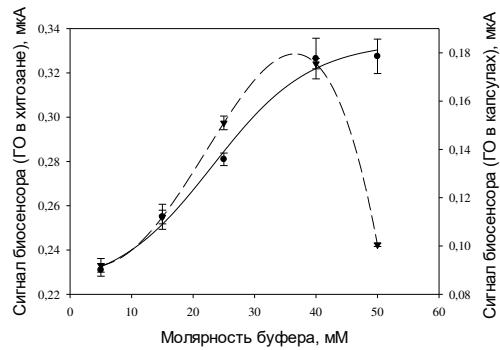


Рисунок 2 – Зависимость сигналов биосенсоров от молярности буферного раствора. Пунктирной линией показаны сигналы биосенсора на основе капсулированного фермента. Использовали буфер без добавления NaCl, pH 6.2. Показаны величины сигналов биосенсоров на глюкозу в концентрации 1.24 mM

При электрохимических измерениях важно снизить сопротивление буферного раствора, добавление хлорида натрия в буфер приводит к нужному эффекту. На рис. 3 показаны зависимости сигналов биосенсоров от концентрации хлорида натрия в буфере. Повышение концентрации NaCl в растворе приводит к увеличению сигнала биосенсора, в то же время при капсулировании фермента увеличение концентрации хлорида натрия выше 25 mM ведет к уменьшению сигнала. Высокие концентрации хлорида натрия (выше 80 mM) оказывают негативное влияние на активность фермента и при длительном использовании ведут к уменьшению сигналов биосенсора. Таким образом, оптимальными параметрами буферами являются значение pH 6.0, молярность в диапазоне 25-40 mM, концентрация NaCl в диапазоне 10-20 mM.

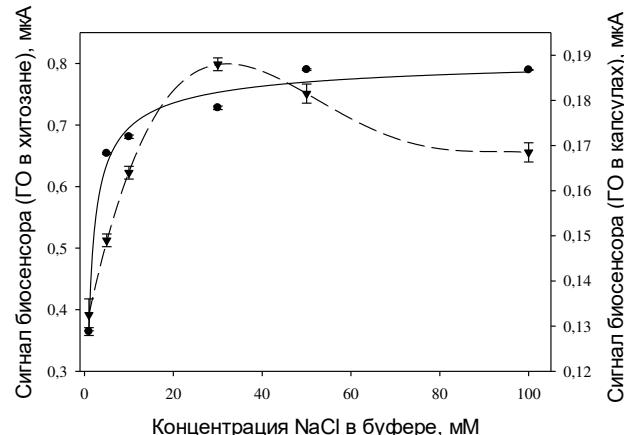


Рисунок 3 – Зависимость сигналов биосенсоров от концентрации хлорида натрия в буферном растворе. Пунктирной линией показаны сигналы биосенсора на основе капсулированного фермента. Использовали буфер с молярностью 25 mM, pH 6.2. Показаны величины сигналов биосенсоров на глюкозу в

концентрации 1.24 мМ

Калибровочные зависимости сигналов биосенсоров от концентрации глюкозы

Зависимости сигналов биосенсора от концентрации глюкозы приведены на рис. 4. Основные характеристики полученных биосенсоров представлены в таблице. Диапазоны детекции и линейные диапазоны при использовании капсулированного фермента отличаются от таких же характеристик для фермента, иммобилизованного в гель хитозана. Так нижний и верхний пределы детекции выше, а линейный диапазон шире в случае капсулированного фермента. Коэффициент чувствительности же лучше в случае использования для иммобилизации хитозана (1.17 против 0.12 мкА/мМ).

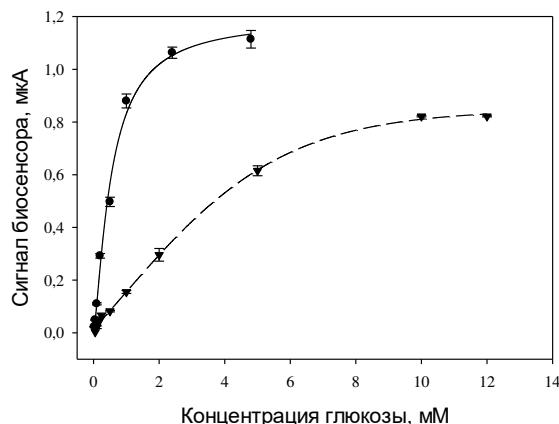


Рисунок 4 – Зависимость сигналов биосенсоров от концентрации глюкозы. Пунктирной линией показаны сигналы биосенсора на основе капсулированного фермента

Оценка воспроизводимости результатов измерений биосенсором с капсулированным ферментом проводилась на основании статистической обработки выборки из 15 измерений концентрации глюкозы, равной 0.5 мМ. Коэффициент вариации составил 5 %, среднее значение сигнала и стандартное отклонение – 149.87 ± 8.38 нА. Для биосенсора с ГО, иммобилизованной в гель хитозана оценка воспроизводимости результатов измерений биосенсором проводилась на основании статистической обработки выборки из 18 измерений концентрации глюкозы, равной 1 мМ. Коэффициент вариации составил 4.6 %, среднее значение сигнала и стандартное отклонение – 1.94 ± 0.09 мкА.

Для ГО, встроенной в полизелектролитные капсулы, через 30 суток при хранении между измерениями при 4°C , сигнал биосенсора составлял примерно 30 % от исходного уровня сигнала, в то время как для ГО, иммобилизованной в гель хитозана сигнал биосенсора составлял 17 % от исходного уровня. Таким образом, капсулирование помогает сохранять активность фермента в составе биосенсора на достаточно высоком уровне в течение месяца.

Полученные биосенсоры были протестированы на реальных образцах сока и алкогольных напитков. Результаты сравнивали с данными стандартного метода определения глюкозы в образцах с помощью спектрофотометрии.

Оба метода иммобилизации ГО на поверхности матричного электрода могут найти применение при создании биосенсоров для детекции глюкозы. Быстрое время создания и простота иммобилизации фермента в гель хитозана позволяет ускорить и упростить анализ с помощью биосенсора на основе этого метода иммобилизации, в то же время капсулирование позволяет увеличить срок службы биосенсора и поддерживать активность фермента на высоком уровне. Такие биосенсоры могут быть использованы в медицине для анализа крови на содержание глюкозы, а также для тестирования соков и детского питания.

Таблица. Характеристики полученных глюкозных биосенсоров

Параметр \ Способ иммобилизации фермента	Иммобилизация в гель хитозана	Капсулирование
Уравнение, описывающее калибровочную зависимость	$V = \frac{V_{\max} S^h}{K_M^h + S^h},$ где $V_{\max} = 1.193$; $h = 1.345$; $K_M = 0.539$; $R^2 = 0.99$	$V = \frac{V_{\max} S^h}{K_M^h + S^h},$ где $V_{\max} = 1.069$; $h = 1.223$; $K_M = 4.071$; $R^2 = 0.99$

Линейный диапазон детекции, мМ	0.02 – 0.60	0.05-5.5
Уравнение регрессии для линейного участка	$y = 1.1749x - 0.0032$	$y = 0.1184x + 0.0456$
Коэффициент корреляции R^2	0.99	0.99
Коэффициент чувствительности, мкА/мМ	1.17	0.12
Минимальный предел обнаружения, мМ	0.02	0.05
Диапазон детекции, мМ	0.02 – 5	0.05 - 10

Библиографический список

- Сухоруков Б.И., Тихоненко С.А., Сабурова Е.А., Дубровский А.В., Дыбовская Ю.Н., Шабарчина Л.И. // Биофизика. 2007. Т. 52. № 6. С. 1041-1048.
- Тихоненко С.А., Сабурова Е.А., Дубровский А.В., Шабарчина Л.И., Дыбовская Ю.Н., Сухоруков Б. И. // Физика и химия стекла. 2007. Т. 33. № 3. С. 399-408.
- Терновский В.И., Чернохвостов Ю.В., Фомкина М.Г., Монтрель М.М. // Биофизика. 2007. Т. 52. № 5. С. 825-829.
- Монтрель, М.М., Петров, А.И., Терновский, В.И., Фомкина, М.Г., Ультратонкое полимерное покрытие, способ его изготовления и ферментативный биосенсор на его основе // Патент РФ № 2333231. 2008.
- Решетилов А.Н., Плеханова Ю.В., Тихоненко С.А., Дубровский А.В. // Журнал аналитической химии. 2015. Т. 70. № 11. С. 1186-1190.
- Karyakin A. A., Gitelmacher O. V., Karyakina E. E. // Anal. Lett. 1994. Т. 27. № 15. С. 2861-2869.
- Petrov A.I., Volodkin D.V., Sukhorukov G.B. // Biotechnol. Prog. 2005. V. 21. № 3. P. 918-925.
- Wang X., Gu H., Yin F., Tu Y. // Biosensors and Bioelectronics. 2009. V. 24. № 5. P. 1527-1530.
- Пищевая химия, Нечаев А.П., Траубенберг С.Е., Кочеткова А.А. и др. Издательство: СПб.: ГИОРД, 2007 - Изд. 4-е. 640 с.

BIOSENSOR BASED ON GLUCOSE OXIDASE. COMPARISON OF TWO METHODS OF IMMOBILIZATION OF AN ENZYME ON A SCREEN-PRINTED ELECTRODE

¹Plekhanova Yu.V., ¹Reshetilov A.N., ²Dubrovskii A.V., ²Tikhonenko S.A.

¹G.K. Skryabin Institute of Biochemistry and Physiology of Microorganisms, Russian Academy of Sciences,

²Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Russian Academy of Sciences,

plekhanova@ibpm.pushchino.ru

The characteristics of biosensors for the detection of glucose in which the glucose oxidase enzyme was immobilized on the surface of a matrix electrode with Prussian blue were studied. One method of immobilization was associated with the encapsulation of the enzyme in the polyelectrolyte layers, another method was immobilization into the gel of chitosan. We compared parameters such as the dependence of the signals of the biosensor on the buffer solution (pH, molarity, NaCl concentration), on the glucose concentration, on the enzyme concentration, on the operational and long-term stability of the biosensor. Developed biosensors were tested on real samples.



АНАЛИЗ ВЗАИМОСВЯЗИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ С ПАРАМЕТРАМИ ЖИДКОЙ СРЕДЫ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ

Савченко А.Г., Аполовонова И.А, Пчеловодова А.А.

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, e-mail:
aleksandr.savchenko.95@bk.ru

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, e-mail: apollonova-i@yandex.ru

Московский Государственный Технический Университет имени Н.Э. Баумана, e-mail: nastya.pchelovodova@yandex.ru

Описание метода и эксперимента по взаимодействию электроакустического преобразователя с кавитационной областью

Существует несколько методов, которые позволяют контролировать активность кавитации в

жидкости. Они подразделяются на три основные класса: измерение акустического излучения от кавитирующей среды; анализ химических реакций, инициируемых в среде; прямое наблюдение пузырьков.[7-8]

При использовании низкочастотного ультразвука в медицине акустическая мощность расходуется как на полезные эффекты, так и на нежелательные, приводящие к осложнениям. К полезным эффектам можно отнести кавитацию, в то же время возникают и нежелательные эффекты, такие как повреждение тканей, находящихся рядом с рабочей частью ультразвукового инструмента и перегрев. В связи с чем необходимо проводить контроль интенсивности кавитации через параметры сопротивления.

Представим на рисунке 1 график амплитудно-частотной характеристики колебательной системы, полученный в результате проведения эксперимента, на котором обозначим параметры $I_{рез}$ – максимальный ток резонанса, I_0 – начальное значение тока (пьедестал), I_m – разность между максимальным значением резонансного тока и пьедесталом.

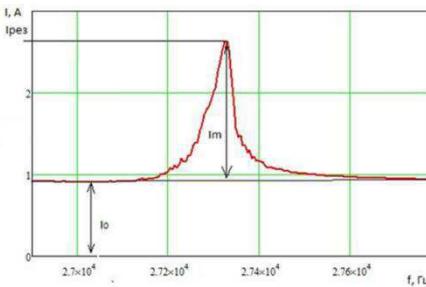


Рисунок 1 - Амплитудно-частотная характеристика колебательной системы

Формула для действительной части сопротивления выглядит следующим образом:

$$\operatorname{Re} Z = \frac{1}{2} \left[\frac{2 \cdot 1,7}{\pi} \right]^2 \cdot U \cdot \frac{I_m - I_0}{I_m \cdot I_0} \quad (1)$$

где U – входное напряжение, I_m и I_0 – токи, сущность которых раскрывает рисунок 2.

Формула для мнимой части сопротивления соответственно выглядит так:

$$\operatorname{Im} Z = \omega_{воды} \cdot La \quad (2)$$

где $\omega_{воды}$ – циклическая частота в воде, La – акустическое сопротивление воды.

Модель [2] показывает, что можно рассматривать жидкость вместе с имеющимися в ней газовыми вкраплениями, как некую новую среду с эквивалентными акустическими характеристиками, отличными от акустических характеристик капельной жидкости.

Пульсации парогазовых полостей, играющих роль смягчающих вкраплений, представим в виде линейных колебаний небольшой по сравнению со средним стабильным радиусом амплитуды. В этом случае средние за период значения основных акустических характеристик эквивалентной среды – ее плотность и сжимаемость примут вид:

$$\begin{aligned} \rho_k &= \rho_0(1 - \bar{K}) + \rho_n \bar{K} \\ \beta_k &= \beta_0(1 - \bar{K}) + \beta_n \bar{K} \end{aligned} \quad (3)$$

где ρ_0 и β_0 – плотность и сжимаемость капельной жидкости; ρ_n и β_n – плотность и сжимаемость

парогазовой смеси в пузырьках; \bar{K} – средний индекс кавитации, соответствующий тому среднему радиусу пузырька, вокруг которого происходят колебания [2].

Средний за период индекс кавитации \bar{K} может быть выражен через индекс кавитации [2]:

$$\bar{K} \approx 0,1K \quad (4)$$

Среднее во времени волновое сопротивление эквивалентной среды можно записать в виде (после деления на плотность жидкости) [2]:

$$C_k = C_0 \left[\frac{1}{1 + \bar{K} \frac{\beta_n}{\beta_0}} \right]^{1/2} \quad (5)$$

Формула (5) показывает зависимость волнового сопротивления от среднего за период индекса кавитации. Приведем графическое представление зависимости C_k от \bar{K} на рисунке 2, считая значение

$$\beta_n / \beta_0 = 10^4.$$

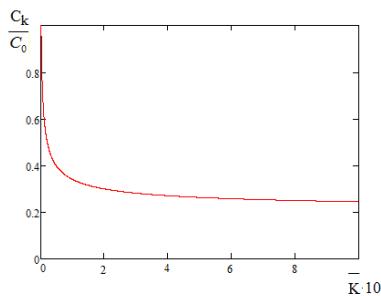


Рисунок 2 - Зависимость скорости звука в среде от индекса кавитации

Давая оценку рисунку 3, можно сказать, что волновое сопротивление заметно меняется даже при малых значениях, например при $K=0,001$ оно падает на 30%, а при $K=0,003$ уменьшается в два раза. [2]

Модель излучения в полупространство [9] приводит теоретические зависимости для импеданса излучения поршневого излучателя в полупространство, которые показывают зависимость сопротивления излучения от волнового сопротивления, а следовательно прослеживается взаимосвязь с индексом кавитации. Для дальнейшей обработки данных использована формула для импеданса излучения, которая включает в себя активное сопротивление излучения r_s и соколеблющуюся массу m_s :

$$z_s = r_s + j m_s \omega \quad (6)$$

Величина активного сопротивления излучения выражается следующей зависимостью:

$$r_s = \rho c S \left[1 - \frac{I_1(2kR)}{kR} \right] \quad (7)$$

в данной формуле используется функция Бесселя $I_1(2kR)$ – функция Бесселя первого порядка, ρ – плотность жидкости, c – скорость звука, S – площадь поверхности, R – радиус излучателя.

Величина соколеблющейся массы представляет собой:

$$m_s = \frac{\rho \pi}{2k^3} K_1(2kR) \quad (8)$$

в этой формуле используется функция Бесселя первого порядка $K_1(2kR)$, ρ – плотность жидкости.

Можно перезаписать последние две формулы в следующем виде:

$$r_s = \rho c (\bar{K}) S \alpha(\bar{K}) \quad (9)$$

$$m_s = \frac{8}{3} \rho R^3 \omega \beta(\bar{K}) \quad (10)$$

где

$$\alpha = 1 - \frac{I_1(2kR)}{kR} \quad (11)$$

$$\beta = \frac{3}{2} \pi \frac{K_1(2kR)}{(2kR)^3} \quad (12)$$

Моделирование зависимостей в программной среде Mathcad представлено на рисунке 3.

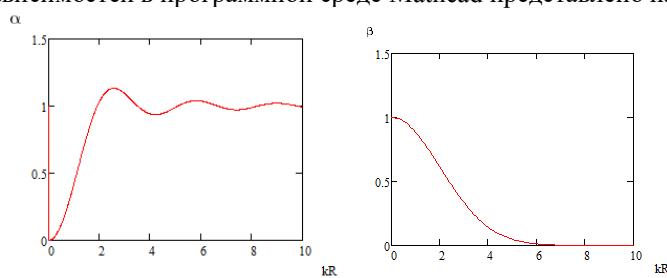


Рисунок 3 - Функции $\alpha(kR)$ и $\beta(kR)$ для круглого излучателя, излучающего в полупространство, реализации в Mathcad

Определение взаимосвязи сопротивления излучения с индексом кавитации

Согласно теоретическим представлениям об излучателе, как трансформаторе сопротивлений и формул 1 и 2 возможно произвести расчет действительной и мнимой частей сопротивления излучения. На основании теоретических представлений о методе контроля кавитации были получены формулы, описывающие действительную и мнимую часть сопротивления излучения в зависимости от индекса кавитации:

$$\begin{aligned} \operatorname{Re} Z(kR) &= \rho c_0 S \left[1 - \frac{J_1(2kR)}{kR} \right] \\ &8 \rho R^3 \left[e^{\frac{-(kR)^2}{8}} \right] 2\pi f \\ \operatorname{Im} Z(kR) &= \frac{3}{3} \end{aligned} \quad (13)$$

Моделирование зависимостей действительной ($\operatorname{Re} Z(kR)$) и мнимой ($\operatorname{Im} Z(kR)$) частей сопротивления от индекса кавитации представлено на рисунке 4а. На рисунке 4б представлена зависимость акустического отношения мнимой части к действительной части сопротивления излучения от индекса кавитации. На рисунке 4в представлено изменение действительной и мнимой части сопротивления излучения при увеличении индекса кавитации.

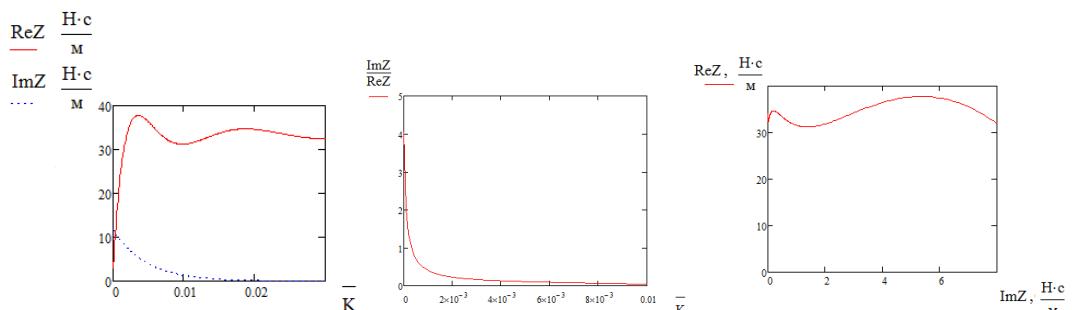


Рисунок 4- а) Зависимость действительной ($\operatorname{Re} Z$) и мнимой ($\operatorname{Im} Z$) части сопротивления от индекса кавитации; б) Зависимость отношения сопротивлений от индекса кавитации; в) Зависимость действительной части сопротивления от мнимой

Аппроксимирующей функцией для нахождения индекса кавитации по измеренному отношению сопротивлений (рисунок 4б), где переменной x соответствует само отношение мнимой и действительной частей сопротивлений:

$$Y(x) = \frac{8 \cdot R^3 \cdot e^{\frac{-x^2}{8}} \cdot 2 \cdot \pi \cdot f}{3 \cdot c_0 \cdot S \cdot \left[1 - \frac{J_1(2x)}{x} \right]} \quad (14)$$

где $J_1(2x)$ представляет из себя функцию Бесселя первого рода, c_0 – скорость звука, S – площадь поверхности, R – радиус излучателя, f – частота излучения.

Аппроксимирующей функцией, полученной в программной среде Mathcad является полином четвертого порядка:

$$Y(x) = 4 - 2,5 \cdot 10^4 x + 7,8 \cdot 10^7 x^2 - 1,1 \cdot 10^{11} x^3 + 5,3 \cdot 10^{13} x^4 \quad (15)$$

Вид полинома представлен на рисунке 5.

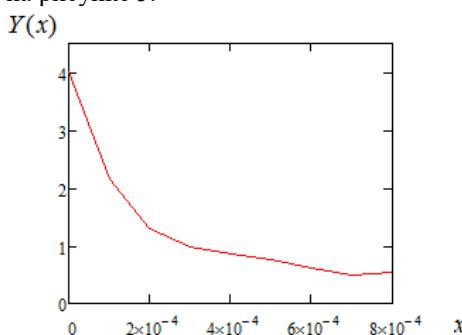


Рисунок 5 - Аппроксимирующей полином, описывающий зависимость, представленную на рисунке 4б

Заключение

В ходе обработки полученных экспериментальных данных были рассчитаны параметры

действительной и мнимой части сопротивления излучения от напряжения питания. Выявлена зависимость, которая монотонно убывает при увеличении напряжения питания. Следующим этапом работы стало сопоставление полученных экспериментальных данных с параметрами кавитационной области и выявление соответствующих математических зависимостей.

Анализ результатов

Возможность однозначного определения индекса кавитации по отношению мнимой части сопротивления излучения к действительной.

Отношение мнимой части сопротивления излучения к действительной можно определять на электрической стороне электроакустического преобразователя вследствии линейности модели преобразователя.

Выводы

1. Разработана модель излучения ультразвукового хирургического инструмента в жидкость при наличии кавитации.
2. Определена зависимость действительной и мнимой части сопротивления излучения от индекса кавитации.
3. Предложено использовать отношение мнимой части сопротивления излучения к действительной, определяемые на электрической стороне электроакустического преобразователя, для определения индекса кавитации в процессе воздействия.
4. Обоснована возможность построения обратной связи по электрическим параметрам электроакустического преобразователя для определения индекса кавитации.

Библиографический список

1. Николаев Г.А., Лошилов В.И. Ультразвуковая технология в хирургии. – М.: Медицина, 1980.- 272 с.
2. Розенберг Л.Д. Мощные ультразвуковые поля. – М.: Наука, 1968. – 268 с.
3. Голямина И.П. Ультразвук. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 400 с.
4. Перник А.Д. Проблемы кавитации. Судпромгиз, 1983. – 335 с.
5. Голямина И.П. Магнитострикционные излучатели из ферритов. – В кн.: Физика и техника мощного ультразвука, книга I, Источники мощного ультразвука под ред. Розенберга Л.Д., изд-во Наука, 1987. – 254 с.
6. Сиротюк М.Г. Об энергетике и динамике кавитационной области. – Акуст. ж., 13, 2, 1997. – 265 с.
7. К.Хилл Применение ультразвука в медицине: Физические основы – М.: Мир, 1989. – 568с.
8. Петровский Б.В., Петров В. И., Лошилов В.И. Ультразвуковая резка и сварка биологических тканей. – М.: Медицина, 1972, с. 496.
9. Тюлин В.Н. Введение в теорию излучения и рассеяния звука. М.: Наука, 1976. – 254 с.

ANALYSIS OF THE INTERCONNECTION OF ELECTRICAL PARAMETERS WITH PARAMETERS OF LIQUID ENVIRONMENT UNDER THE IMPACT OF THE TRANSDUCER

Savchenko A.G., Apollonova I.A., Pchelovodova A.A.

Moscow State Technical University N.E. Bauman, e-mail: aleksandr.savchenko.95@bk.ru

Moscow State Technical University N.E. Bauman, e-mail: apollonova-i@yandex.ru

Moscow State Technical University N.E. Bauman, e-mail: nastyapchelovodova@yandex.ru

The article presents complex measures to solve the problem of finding the relationship between the parameters of the cavitating medium and the parameters of the electrical side of the electroacoustic transducer. The interaction of an electroacoustic transducer with a cavitating medium is considered. In order to realize the problems posed, the corresponding dependencies between the cavitation index on the acoustic side of the converter and the input voltage of the electrical side of the converter, as well as the actual and imaginary part of the acoustic impedance and input voltage, were used to study the parameters of the radiator in air and in a liquid medium for different volumes of a liquid medium.



СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕГИСТРАЦИИ SR-90 В ОБРАЗЦАХ И ОБЪЕКТАХ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Желтоножская М. В., Черняев А.П.

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, zhelton@yandex.ru

Одними из наиболее распространенных радиоактивных изотопов, попадающих в окружающую среду в ходе выполнения работ на радиационно-опасных предприятий, являются изотопы ^{90}Sr , ^{137}Cs , как осколки деления ядерного топлива реакторных установок, так и как самостоятельные источники, использующиеся в медицинских учреждениях и многих других организациях. И если радиоэкологический контроль ^{137}Cs

методически не представляет большой сложности, то для оперативного контроля и обнаружения ^{90}Sr в окружающей среде имеются значительные методические сложности. Кроме того, из основной массы долгоживущих изотопов, загрязняющих окружающую среду ^{90}Sr представляет высокую радиобиологическую опасность для человека. Так как ^{90}Sr имеет не только большой период полураспада (30 лет) и большой период полувыведения из организма, но и, являясь аналогом кальция, локализуется в скелетных образованиях многих живых организмов. Откладываясь в костной ткани, радиостронций образует длительное депо излучателя в теле, способное даже при относительно невысоких концентрациях привести к отдаленным эффектам облучения. С этим в основном и связана опасность радиостронция, как «загрязнителя» биосфера, для человека.

В настоящее время для решения задач радиоэкологического мониторинга повсеместно используются только радиационные приборы для контроля гамма и нейтронного излучения. Однако, ^{90}Sr является чистым бета-излучателем и основные методы, используемые для его обнаружения – это либо радиометрические, либо радиохимические. И если первые методы имеют невысокий уровень достоверности ввиду большой методической ошибки, то для реализации вторых нужны специализированные радиохимические лаборатории и специалисты радиохимики, поэтому подобные методы сложно назвать оперативными. В последние годы разрабатываются методики, основанные на измерении спектров электронов ^{90}Sr – ^{90}Y без радиохимического выделения [1], но из-за сложности учета прохождения электронов через вещество они имеют достаточно большую погрешность измерений. Поэтому разработка оперативных методов выявления и контроля ^{90}Sr является актуальной и важной задачей.

Предлагаемая методика основана на измерении энергетического спектра электронов, сопровождающих распад ^{90}Sr и ^{137}Cs . При распаде ^{90}Sr испускаются две группы электронов с граничной энергией 0,55 и 2,3 МэВ, а при распаде ^{137}Cs испускаются электроны с граничной энергией 0,5 МэВ и 1,17 МэВ, а также конверсионные электроны от γ 661 кэВ ($E_e \sim 0,63$ МэВ).

Основные проблемы при измерении ^{90}Sr обусловлены тем, что электроны имеют непрерывный спектр и их пробег в образце напрямую зависит от его плотности.

Теоретически, чем толще слой регистрации электронов в β -детекторе, тем выше его эффективность (а с ней и оперативность оценки ^{90}Sr). Однако в присутствии в образце активности, на порядок большей ^{137}Cs , и повышенного внешнего радиационного фона это увеличивает вероятность регистрации γ -квантов (γ 661 кэВ), комптоновских γ -квантов и, особенно, рентгеновского излучения K_{α} Ba, что затрудняет анализ β -спектра. Кроме того, значительный вклад в полный β -спектр могут вносить электроны ^{40}K ($E_{tr} = 1,3$ МэВ). В таких условиях следует использовать более тонкий детектор, толщина слоя регистрации в котором равнялась бы пробегу β -электронов ^{90}Y .

Нами проводились исследования с использованием пластикового сцинтилляционного детектора толщиной около 1 мм и диаметром 76 мм. Для калибровки по эффективности экспериментальных β -спектров были изготовлены стандартные источники ^{40}K , ^{90}Sr и ^{137}Cs с объемными характеристиками, близкими к экспериментальным образцам.

Обработка экспериментальных спектров проводилась методом их сравнения с калибровочным спектром, т.е. в данном случае со спектрами, полученными на этом же спектрометре с использованием стандартных источников ^{40}K , ^{137}Cs и ^{90}Sr + ^{90}Y (фантомов) (см. Рис.1).

Отсчеты

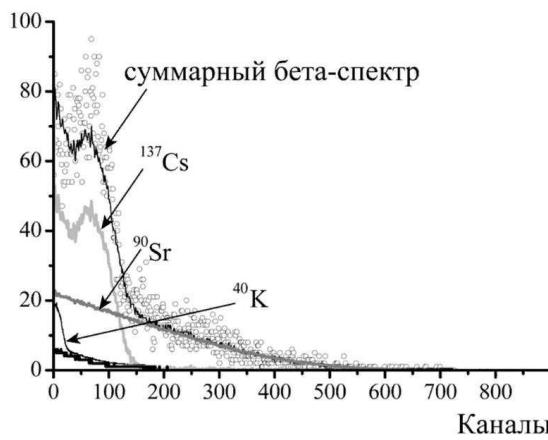


Рисунок 1– Фрагмент экспериментального бета-спектра

Спектры калибровочных источников и фона описывались кубическими сплайнами и в дальнейшем использовались для описания экспериментальных спектров. Реализация этого процесса происходит следующим образом. В общем случае при аппроксимации экспериментальных данных $\{y_i\}$, $1 \leq i \leq i_0$ с помощью функции $f(i, X)$, где X – вектор подгоняемых параметров $\{X_j\}$, $1 \leq j \leq j_0$ (j_0 – количество подгоняемых параметров), необходимо методом наименьших квадратов минимизировать функционал

($S(X)$).

$$S(X) = \sum_{i=1}^{i_0} w_i [f(i, X) - y_i]^2, \quad (1)$$

где w_i — весовые коэффициенты, которые обычно выбираются равными обратному квадрату экспериментальной погрешности.

Для определения минимума функционала производные $\partial S / \partial X_j$ приравниваются нулю и полученная система уравнений решается относительно искомых параметров X_j .

Полученному решению X_0 соответствует минимальное значение функционала $S(X) = S_0$. Для определения погрешностей параметров для каждого из них поочередно находится решение уравнения $S(X_{0j} + \delta X_j, X_j) = S_0 + 1$ относительно δX_j , т.е. определяется, при каком отклонении j -го параметра от оптимальной величины (при фиксированных остальных параметрах) значение функционала S увеличивается на 1 по сравнению с минимальным. При этом погрешность параметров будет равна

$$\Delta X_j = \delta X_j \cdot R, \quad (2)$$

где R — параметр, учитывающий качество подгонки, так называемое « χ^2 на степень свободы».

Процедура обработки β -спектров происходит следующим образом. Прежде всего из обрабатываемого спектра и спектров калибровочных источников, каждый из которых состоит из i_0 каналов с числом отсчетов N_i в i -м канале, $1 \leq i \leq i_0$, измеренных в течение живого времени t_j , вычитается спектр фона (с учетом живых времен), индекс j соответствует: 0 — обрабатываемому спектру, 1 — калибровочному спектру ^{137}Cs , 2 — калибровочному спектру ^{90}Sr , 3 — ^{40}K :

$$y_{j,i} = N_{j,i} - t_j / t_{\text{фон}} \cdot N_{\text{фон},i}, \quad (3)$$

где $1 \leq i \leq i_0$, $0 \leq j \leq 3$.

В результате вычитания получаются «чистые» калибровочные спектры ^{40}K , ^{137}Cs , ^{90}Sr и спектр анализируемого образца. Последний содержит неизвестные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr , ^{40}K , а также небольшую примесь других активностей, например γ -нуклиды рядов тория и урана.

Для компенсации этой примеси добавляется квадратичный фон а

$$a = \sum_{k=0}^2 a_k i^k \quad (4)$$

Еще одна поправка вносится в связи с тем, что из-за разной плотности вещества в исследуемом образце и фантоме может изменяться калибровка по энергии в спектрах проб и калибровочных спектрах. Для учета этого эффекта калибровочные спектры модифицируются следующим образом. В соответствие i -му каналу обрабатываемого спектра ставится \hat{i} -й канал калибровочных спектров, $\hat{i} = (1 + c)_i$. Очевидно, в общем случае \hat{i} не является целым. Поэтому число отсчетов калибровочного спектра в \hat{i} -м канале определяется методом линейной интерполяции:

$$y_i \approx y_{i0} + (y_{i0+1} - y_{i0}) \cdot (\hat{i} - \hat{i}_0), \quad \hat{i}_0 \text{ — целая часть от } \hat{i}. \quad (5)$$

При выделении в обрабатываемом спектре области каналов от i_1 до i_2 функционал приобретает вид:

$$S(\mathbf{a}, \mathbf{b}, c) = \sum_{i=i_1}^{i_2} w_i \left[\sum_{j=1}^2 b_j \cdot (y_{j,i} + (y_{j,i+1} - y_{j,i}) \cdot c \cdot i) + \sum_{k=0}^2 a_k i^k - y_i \right]^2. \quad (6)$$

В результате его минимизации определяются интересующие нас параметры b_j — относительные активности ^{137}Cs и ^{90}Sr . Для получения абсолютной активности A нужно умножить их на активность калибровочных источников и учесть соотношение живых времен:

$$A_j = b_j \beta_j t_0 / t_j, \quad (7)$$

где β_j — активность соответствующего фантома.

Естественно, что при прижизненных радиобиологических исследованиях этот метод удовлетворительно работает для животных мелких размеров (массой тела до 40–50 г), хотя неопределенность, связанная с топографией скелета, размерами тела и условиями, в которых проводятся измерения, остается.

В отношении же таких объектов, как образцы почв, растительности и др., предварительно и тщательно гомогенизованных, β -спектрометрия ^{40}K , ^{90}Sr , ^{137}Cs предложенным методом возможна вне зависимости от размера образца. Но здесь также существует задача корректного учета самопоглощения β -электронов в зависимости от массы и плотности образца. В лабораторных условиях эта задача решается измерением γ - и K_x -спектров образца на γ -спектрометре с детектором из сверхчистого германия с бериллиевым окном. Благодаря спектрам, полученным на таком детекторе, процесс самопоглощения электронов можно контролировать по самопоглощению характеристического излучения ^{137m}Ba .

Однако не во всех лабораториях есть такие спектрометры, тем более невозможно это делать в полевых условиях. Поэтому при работе в полевых условиях для оценки самопоглощения электронов, нами разработан метод основанный на измерении смещения пика конверсионных электронов γ 661 кэВ. Средняя энергия этих электронов $E = 630$ кэВ. В зависимости от потерь на ионизацию происходит смещение этого пика по формуле [2]:

$$d/\rho = 0,5E - 0,1 \quad (8)$$

Где d – пробег электронов в $\text{г}/\text{см}^2$, ρ – плотность в $\text{г}/\text{см}^3$, E – энергия электронов в МэВ. Измерив энергию этих электронов в фантоме ^{137}Cs и сравнив ее с реальным положением в изучаемом образце, определяется поправка на самопоглощение в реальном образце от фантома. Естественно, что эта поправка будет различной для разных типов детекторов и материала фантома. Поэтому желательно, чтобы плотность (ρ) фантома и реальных образцов не сильно отличались, т.е. для образцов растений и животных необходимо использовать фантом с плотностью близкой 1, а для проб почвы с плотностью, близкой к плотности изучаемого типа почв. Проведенные исследования показали, что поправка на самопоглощение определяется следующей формулой:

$$\Delta A = 0,16(E_\phi - E) \cdot A, \quad (9)$$

где ΔA в %, – активность ^{137}Cs , E_ϕ – энергия конверсионного пика в фантоме (кэВ), E – энергия конверсионного пика в реальном спектре (кэВ).

Очевидно, что степень самопоглощения электронов ^{90}Y в теле мелких особей будет отличаться в зависимости от массы особей. Тщательные измерения образцов с одной и той же удельной активностью ^{90}Sr показали, что вылет β -электронов и, соответственно, вероятность их регистрации резко возрастает с уменьшением массы тела животного (см. Рис. 2).

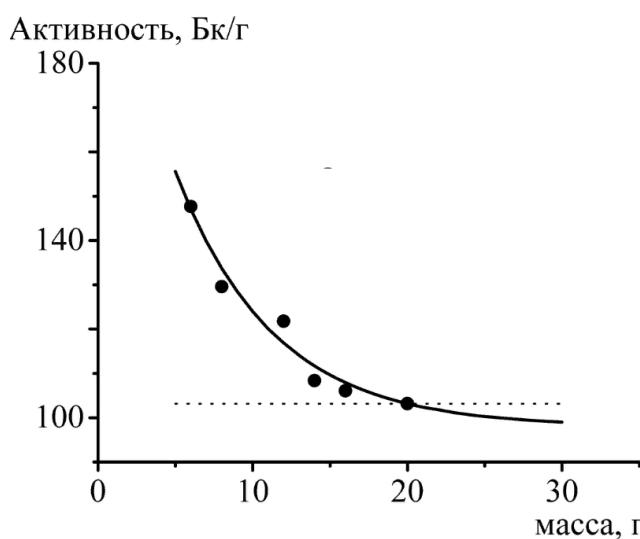


Рисунок 2 – Зависимость результата оценки удельной активности ^{90}Sr от массы тела животного

Основными биологическими объектами, которые изучались в рамках задач радиоэкологического и радиобиологического мониторинга загрязненных территорий, были различные виды мышевидных грызунов [3]. Активность ^{90}Sr в этих организмах определяли по формуле:

$$A(^{90}\text{Sr}) = A^{актн} (^{90}\text{Sr}) / K, \quad (10)$$

где поправка K на массу тела (m), определялась из полуэмпирического выражения:

$$K = 0.95 + 1.24e^{-\frac{m}{6.3}}. \quad (11)$$

Константы были получены подгонкой к измеренным активностям.

На Рис. 3 приведен сравнительный анализ измерений содержания ^{90}Sr , выполненный на мелких мышевидных грызунах массой тела от 14 до 45 г с удельной активностью ^{137}Cs от 1 до 400 Бк/г разработанным спектроскопическим и традиционным радиохимическим методами. Установлено, что результаты β -спектрометрии согласовываются с данными радиохимического анализа в пределах 15–20 %, причем соотношение $A(^{137}\text{Cs})/A(^{90}\text{Sr})$ было от 2 до 100.

Такое же сравнение результатов измерений ^{90}Sr в образцах почвы показало полное совпадение в пределах 10–15%, при изменении активности в образцах на четыре порядка (см. Рис. 3б). Отметим, что это улучшение погрешностей по сравнению с ранее проведенными исследованиями произошло, в основном, за счет учета активностей ^{40}K . Без учета активности этого изотопа расхождение увеличивалось в среднем до 30%, а для образцов почвы, где активности ^{90}Sr и ^{40}K были соизмеримы, — до 100 % (см., например [2]).

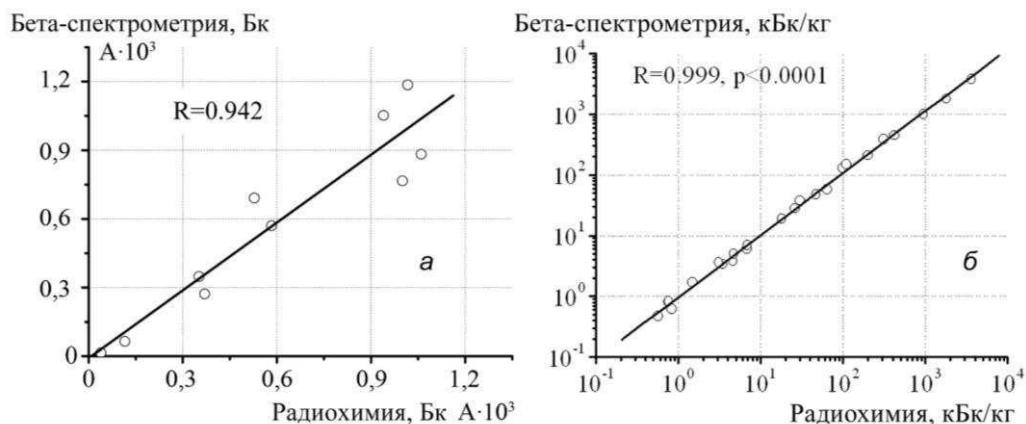


Рисунок 3 – Сравнение результатов определения активности ^{90}Sr в мышеподобных грызунах (а) и почвах (б) предложенным спектроскопическим методом и традиционным радиохимическим методом

Таким образом, разработанная методика учитывает физико-химическое состояние исследуемых объектов и нестабильность работы электронных систем в полевых условиях. Это обеспечивает повышение точности измерений и надежность работы спектрометров.

Такая методика позволяет проводить исследования концентрации ^{90}Sr и ^{137}Cs в различных объектах окружающей среды при изменении соотношения $^{137}\text{Cs}/^{90}\text{Sr}$ от 1 до 100 с погрешностью не хуже 20 %. Отметим и более высокую чувствительность этой методики по сравнению с измерениями по электронам ^{90}Y ($E_{\text{тр}} = 2,3$ МэВ), где фактически используется не более 25-30% электронов ^{90}Y из-за присутствия электронов ^{40}K с граничной энергией 1,3 МэВ.

Библиографический список

1. Bondarkov M. D., Maximenko A. M., Zheltonozhsky V. A. // The Radioecology-Ecotoxicology of Continental and Estuarine Environments, ECORAD 2001. intern. cong. proc. cong. Aix-en-Provence. France, 2002. Radioprotection-colloques. Vol. 37, C1. P. 927.
2. Липская А. И., Желтоножская М. В., Кулич Н. В., Николаев В. И., Гродзинская А. А. Поведение радионуклидов в лесных экосистемах, прилегающих к 30-км зоне ЧАЭС // Научные труды. Серия «Техногенная безопасность». – 2012. – Т. 185, Вып. 173. – С. 59-65.
3. Липская, А. И. Содержание техногенных радионуклидов в организме мелких грызунов чернобыльской зоны отчуждения в отдаленный послеаварийный период / А. И. Липская, М. В. Желтоножская, В. И. Николаев, Е. О. Будро, Н. В. Кулич // Ядерная физика и атомная энергетика. – 2010. – Т. 12, №2, – С. 180–185.

MODERN METHODS OF ^{90}Sr REGISTRATION IN ENVIRONMENT

Zheltonozhskaya M.V., Chernyaev A.P.

Lomonosov Moscow State University, zhelton@yandex.ru

For determination the activity of ^{90}Sr in the environment a measurement method without radiochemical investigation was developed. The proposed method allows simultaneously measure of the activity of ^{90}Sr and ^{137}Cs in environmental samples and small living biological objects. This technique is based on spectrometric measurements of electrons accompanying the decay of these isotopes. Accounting contribution of the ^{40}K electrons to the samples total activity has improved accuracy for small rodents 15–20% with a ratio of $A(^{137}\text{Cs})/A(^{90}\text{Sr})$ from 2 to 100, for soil samples up to 10–15%, when their activity in samples changed in 1000 times. The results of spectral measurements were confirmed by conventional radiochemical research.



ENHANCEMENT OF CLEANING WATER PROPERTIES THROUGH APPLICATION OF MAGNETIC FIELD

Hassan Sawalha , Ali Amro, Laila Abu Al felat, Zahraa Sharabati
Palestine Polytechnic University

Food and beverage industries consume large amount of water, detergent substance and energy in cleaning in place system (CIP). This project aims at enhancing the cleaning water properties through application of magnetic field. Caustic soda(NaOH) and Phosphoric acid(H_3PO_4) solutions were used as model cleaning agents dissolved in water. The solutions were subjected to magnetic field at different operating conditions: continuous flow magnetic stone, batch magnetic stone and electromagnetic field and the conductivity of solutions were measured during time. The results showed that the conductivity of detergent solutions increases with exposure to the magnetic and electromagnetic field. In addition, increasing conductivity of detergent solution with increasing intensity magnetic field. The main conclusion of the present study is that the magnetic stone and electromagnetic field could be successfully applied to enhance the solutions of detergents and thus reduce raw materials consumption.

Keywords: CIP, optimize, chemical, magnetic field, conductivity, phosphoric acid, caustic soda and electromagnetic field.

INTRODUCTION

In general all factories consume a lot of water in their industries. In particulate hygiene critical industries such as pharmaceutical, food, beverages consumes a lot of water in Cleaning In Place (CIP) system. It was estimated on average 25000-30000 gallons a day[1]. many previous research studies the problem of water and provide solution for it, but no one provides a solution depends on CIP, which is "consuming a lot of water and chemical substance . All factories optimize CIP process and their technologies to save water, chemical substance, energy and time. There are many technologies to optimize the CIP process, one of these technologies is exposure wave to the cleaning. However using other types of waves, such as electromagnetic wave on cleaning solution is not examined.

There are many areas has been the use of magnetic technology in water treatment such as the use of magnetic resonance technique waste resulting from the extraction of oil sands processing operations. These wastes contain water (58-62%), clay and sand (37%) and other chemicals (1-5%), sand deposition speed was faster than the deposition of clay. Waste deposition rate depends on the particle size, density and surface properties. These properties can be modified and changed by controlling the degree of acidity, salinity or add coagulant factors. Waste management is an important environmental issue. Waste used to monitor changes in sedimentation properties where these changes have been observed by the change in the electromagnetic radiation[2].

The second application is magnetic water treatment unit, in this technique the magnet is placed inside the tube. In this unit, water is flowing inside the tube and passing around multiple magnets. The inner diameter of the tube containing a magnet works to reduce the pressure drop that occurs in the system. This unit have multiple and opposite poles of the magnetic field to make the biggest strongly flowing, as if it were a magnet bi-polar. The magnetized water the following tasks, prevents the accumulation of sediment, control erosion, control of the rust white[3].

There are several research about the magnetic treatment of industrial waste resulting from textile mills and tanning before putting them in water bodies. After magnetic processing on water effluent samples resulted to a significant change in water-related odor, pH, and salinity properties which qualifies these waters with high interest rates where it can be re-used in the field of agriculture and industrial use. There are many kinds of waste from industrial waste as possible to be suspended or dissolved, suspended impurities possible disposal by precipitation, the dissolved impurities that cannot be deposited. Industrial water treatment using magnetic technology provides us with the time, cost and labor[4].

The previous researches that used magnetic techniques have been used in the field of agriculture, the oil industry, the petrochemical, construction and food technology. Researchers doing experiments on water tanning and textile mills to study these factors change after exposing magnetic field. It is the degree of acidity, salinity and conductivity and solubility, it has been noticed that there is a noticeable change in these properties after exposing the water to magnetic field intensity 0.0085 Tesla for two hours, before exposing magnetic field the water has bad characteristic in terms of exist odor and suspended solids. Which confirms magnetic processing capacity in the dismantling of salt molecules and release hydrogen ion in water is found a better results whenever the increase subjugation of the magnetic field[4].

Ultrasonic cleaning is one of the most effective methods of cleaning for many applications such as pharmaceutical industries, fabrication manufactures and food industry. Ultrasonic cleaning is able to remove contamination and dirt from area which is difficult to access with gentle cleaning action. Ultrasonic energy is produce microscopic bubbles are able to access difficult area but sodium hypochlorite have a strong toxicity[5].

This study aim to find solution by exposure this water to magnetic field in order to reduce chemical substance consumed and corrosion in pipes, hence reducing the damage on environment and reduce the cost.

MATERIALS AND METHOD

To conduct this study some materials was needed in the experiment such as Distilled water, Caustic Soda (NaOH) (Source: Occidental Chemical Corporation, Dams, USA), Phosphoric Acid (H_3PO_4) (Source: Hanover, PA, 17331), Magnetic stone from microwave, Plastic bottle and Stainless steel container.

The cleaning solution such as caustic soda and phosphoric acid were prepared and filled into 100 ml plastic bottles(1), and subjected to electromagnetic field through pairs of Helmholtz coils(2)which connected with Tesla meter (3) and Power supply (4) as shown in figure [1] and Solenoid as shown in figure [2] for different intervals times [0, 2 and 4] hours. The value of conductivity measure through conductivity meter device (JENWAY 41510

Conductivity Meter, United Kingdom).

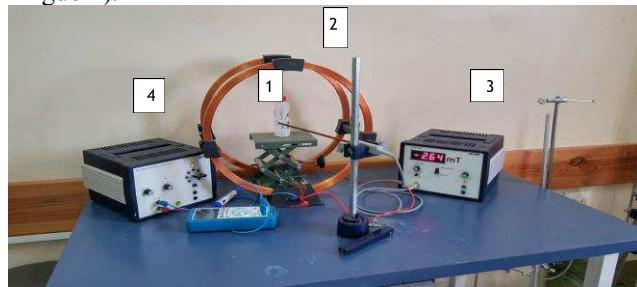


Figure 1 – plastic bottles subjected to electromagnetic field through pairs of Helmholtz coils



Figure 2 – plastic bottles subjected to electromagnetic field through Solenoid

The equations (1 and 2) used to determine electromagnetic field intensity inside solenoid, DC current source (0.25A) was used, the number of windings was (2850wind) and the length of coil was(7cm), according previous values and by using following equation the magnetic intensity was 0.01278T. Detergent Solution was prepared and filled into 100 ml plastic bottles.

$$= 4 * 3.14 * 10^{-7} * \frac{T.m}{A} \frac{2850}{0.07} * 0.25 A$$

$$B=0.01278T$$

The cleaning solution such as caustic soda and phosphoric acid were prepared and filled into continuous flow through pipe(1)connected with plastic bottle(4) with magnetic stone(2) and the flow controlled by valves(3) as shown in figure [3]. The cleaning solutions were filled into stainless steel Container that magnetized through magnetic stone as shown in figure [4]. The value of conductivity measure before and after exposure to magnetic field through conductivity meter device (JENWAY 41510 Conductivity Meter, United Kingdom).



Figure 3 – Continuous flow stone magnetic field



Figure 4 – Batch stone magnetic field without stirring

RESULTS AND DISCUSSION

RESULTS AND DISCUSSION

The effect of electromagnetic field intensity (2.5mT) on the conductivity of solution of caustic soda of different

times period [0, 2 and 4 hrs.] is shown in table [1].

Table 1 – Conductivity and temperature of 1M caustic soda solution

Time (hrs.)	Conductivity
0	201ms
2	210ms
4	210ms

The result shows that the conductivity of caustic soda increases after exposure to electromagnetic field up two hours then it remains constant(i.e., at 4 hours) at temperature (20C°). Increasing conductivity of caustic soda after exposure to electromagnetic field is due to the increasing of kinetic energy of the molecules and ions in the solution, hence: conductivity of aqueous solution is governed by concentration of ions in solution.

The effect of magnetic field (3.5mT) on the conductivity of detergent solution for two hours is shown in table [2].

Table 2 – conductivity and temperature of 1M acid solution, 2M caustic soda

Material	Conductivity before exposure to magnetic	Conductivity after exposure to magnetic
For water	678ms	690ms
For caustic soda	77.3ms	90.3ms
For phosphoric acid	16.2ms	16.6ms

The result shows that the conductivity of caustic soda, water, phosphoric acid increase after exposure to magnetic field up two hours then it remains constant(i.e., at 4 hours) at temperature (20.5C°). Increasing conductivity of these detergents after exposure to magnetic field is due to the increasing of kinetic energy of the molecules and ions in the solution.

The relationship between electromagnetic field intensity (2.5mT) and the conductivity of caustic soda solution is shown in Figure [5], the result shows increasing in conductivity with increasing in electromagnetic field intensity.

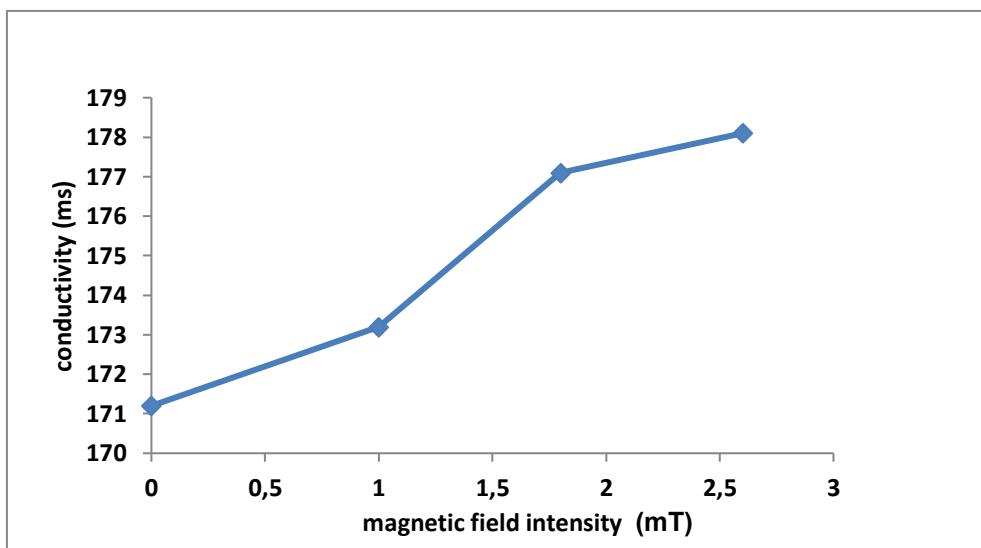


Figure 5 – Time with phosphoric acid solution conductivity

The relationship between time and the conductivity of phosphoric acid solution after exposure to electromagnetic field intensity (12mT) is shown in figure[6], the result shows increasing in conductivity after exposure to electromagnetic field up two hours then it remains constant(i.e., at 4 hours), hence: conductivity of aqueous solution is governed by concentration of ions in solution.

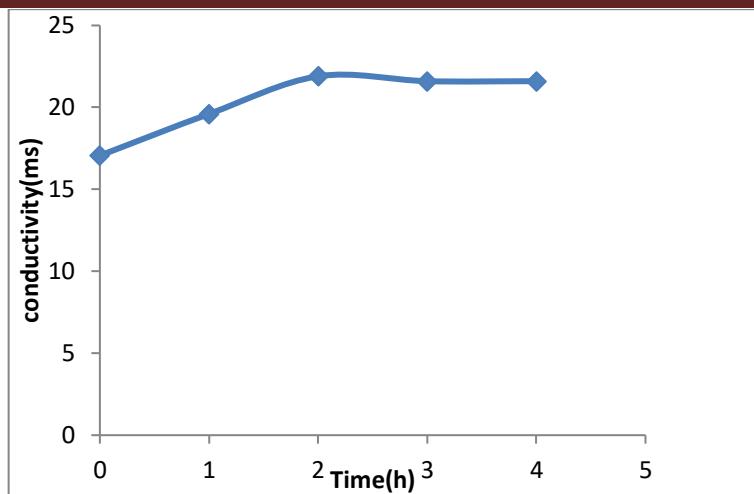


Figure 6 – Time with phosphoric acid solution conductivity

The relationship between time and the conductivity of caustic soda solution after exposure to electromagnetic field intensity (12mT) is shown in figure [7], the result shows increasing in conductivity after exposure to electromagnetic with increasing time (i.e., at 4 hours).

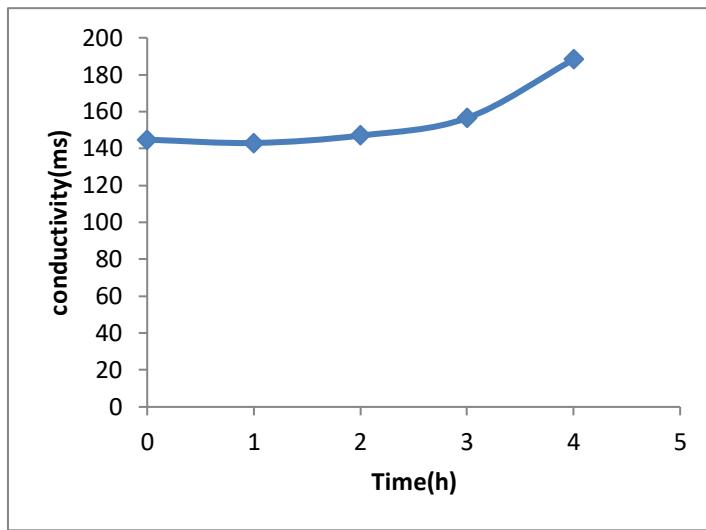


Figure 7 – Time with caustic soda solution conductivity

The relationship between time and the conductivity of water after exposure to electromagnetic field intensity (12mT) is shown in figure[8], the result shows increasing in conductivity after exposure to electromagnetic field up two hours then it decreases and then become constant (i.e., at 3 and 4 hours).

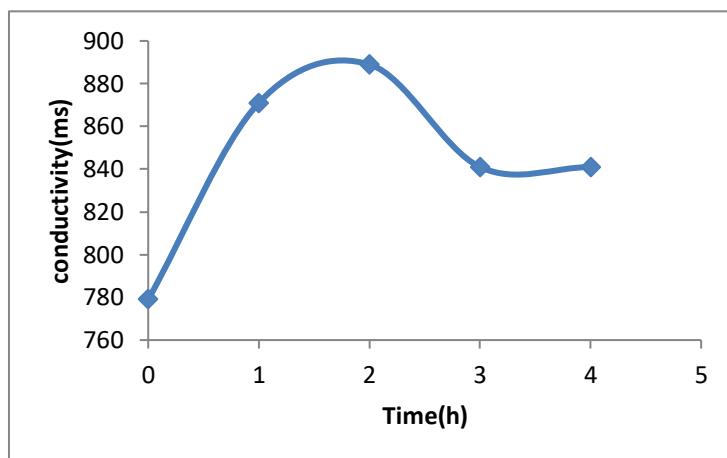


Figure 8 – Time with water conductivity

CONCLUSION

The effect of magnetic stone and electromagnetic field on conductivity of detergent solution applied in dairy industry was investigated.

The conductivity of detergent solution after exposure to magnetic stone field in batch system increases up two hours then remains constant. The conductivity of detergent solution after exposure to magnetic stone field in continuous flow system doesn't increase. The conductivity of detergent solution after exposure to electromagnetic wave in batch system increases, the conductivity of caustic soda increase after exposure to electromagnetic with increasing time. The conductivity of phosphoric acid increase after exposure to electromagnetic field up two hours then it remains constant (i.e., at 4 hours), the conductivity of water increase after exposure to electromagnetic field up two hours then it decreases and then become constant (i.e., at 3 and 4 hours). The range of increase of the conductivity for detergent solution after exposure to electromagnetic more than magnetic stone field.

References

1. Wessstrom, O., CIP (Clean in Place) Optimization, in Endress+Hauser. 2015. p. 5,25.
2. a, S.C.M.C. and J.B.a. , b, B. Komishke c and A. Kantzas a*,b, Study of the Settling Characteristics of Tailings Using Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Technique Department of Chemical and Petroleum Engineering, University of Calgary, Calgary, Canada 2007.
3. Quinn, C.J., T.C. Molden, and C.H. Sanderson, Magnetic treatment of water prevents mineral build-up. Iron and steel Engineer, 1997. 74: p. 47-52.
4. Al-Rawi, A.T., The Use of Magnetic Technology in the Treatment of Industrial Waste from Spinning, Weaving and Tanning Plants in Nineveh to Benefit from Irrigation and Agriculture. Tikrit University Journal of Agricultural Sciences 2010. Volume 10.
5. Lemaire, B.J.a.E., How to Optimize The Clean in place(CIP)Processes in Food and Beverage operations Schneider Electric 2013. 1,2,5.

**ПОВЫШЕНИЕ ОЧИЩАЮЩИХ СВОЙСТВ ВОДЫ ЗА СЧЕТ
ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ**

Хасан Савалха, Амро Али, Лайла Абу-Аль-фелат, Захраа Sharabati
Палестинский Политехнический Университет

Пищевая промышленность потребляет большое количество воды, моющего вещества и энергии в очистки в системе (СИП). Этот проект направлен на повышение свойств очищающей воды за счет применения магнитного поля. В качестве модельных моющих средств, растворенных в воде, использовались растворы каустической соды(NaOH) и фосфорной кислоты(H3PO4). Растворы подвергались воздействию магнитного поля в различных условиях эксплуатации: непрерывный поток магнитного камня, партия магнитного камня и электромагнитное поле и проводимость растворов измерялись во времени. Результаты показали, что проводимость моющих растворов возрастает при воздействии магнитного и электромагнитного полей. Кроме того, повышается проводимость моющего раствора с увеличением напряженности магнитного поля. Основной вывод настоящего исследования заключается в том, что магнитный камень и электромагнитное поле могут быть успешно применены для усиления растворов моющих средств и, таким образом, снижения потребления сырья.

СЕКЦИЯ 8

ЭКОЛОГИЯ И ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ СПЕКТРАЛЬНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ МИКРОВИБРАЦИЙ ГОЛОВНОГО МОЗГА ОТ АРТЕРИАЛЬНОГО И АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Алексеева И.И., Исаков Р.В.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, aly33xa@mail.ru, irv-vlsu@mail.ru.

Головной мозг является ключевым органом, отвечающим на функционирование организма человека. Это связано с тем, что микродвижения головы, вызванные колебаниями структур головного мозга (КСГМ) обладают важной диагностической информацией, получаемой при изучении происходящих в них физиологических процессов, а также с необходимостью предотвращения или замедления патологических изменений в головном мозге или в организме в целом. Функциональная оценка состояния головного мозга (ГМ) в настоящее время является одним из главных направлений развития методов и технических средств для физиологических и клинических исследований структуры и функции центральной нервной системы (ЦНС). Однако, в медицине мало уделяется внимания исследованию сигнала колебаний структур головного мозга (СКСГМ), что является ошибочным, так как он может быть легко измерен и является очень информативным. Также такое проявление жизнедеятельности ГМ требует дополнительного исследования для понимания отраженных в нем процессов.

Выявление зависимости функционального состояния ГМ от параметров его микродвижений поможет создать новую технологию экспресс исследования функционального состояния ГМ в клинических и домашних условиях.

В настоящее время некоторыми учеными предпринимаются попытки усовершенствовать диагностику головного мозга. Исследованиями в данной области занимаются А.П. Ефимов, А.В. Грибков, К.С. Бразовский и др.

Методы Бразовского основаны на оценке функционального состояния головного мозга человека на основе измерения электрических параметров составляющих его тканей. Однако, данное исследование отмечается своей сложностью и дороговизной [1, с.7].

В исследованиях Ефимова и Грибкова используются методы для определения ВЧД, что подтверждает связь микродвижений ГМ с его функциональным состоянием. Но данные методы не раскрывают все информационные возможности этого сигнала, а в частности не дают оценки функционального состояния мозга в реальном времени [2, с.49].

Целью работы является проведение исследования спектральных параметров СКСГМ для выявления зависимостей от внутренних параметров организма и факторов окружающей среды.

Для достижения цели были решены следующие задачи:

1. Разработана структурная, функциональная схемы и печатная плата;
2. Собрана экспериментальная установка;
3. Проведено тестирование системы;
4. Разработана методика исследования;
5. Собрана база данных;
6. Проведен спектральный анализ.

Структурную схему биотехнической системы для регистрации СКСГМ образуют следующие функциональные узлы: биообъект (БО), пьезодатчик, усилитель вибро-акустических сигналов, аналого-цифровой преобразователь (АЦП), микроконтроллер, USB интерфейс, персональный компьютер (ПК), блок питания (БП) (см. рисунок 1).

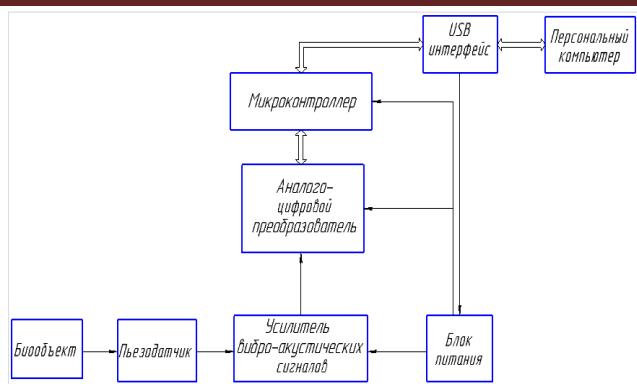


Рисунок 1 – Структурная схема

Пьезодатчик предназначен для получения электрических зарядов, которые образуются на поверхности некоторых кристаллов при их сжатии.

Так как биосигнал достаточно мал, его непосредственное измерение является трудновыполнимой задачей, необходимо использовать усилитель вибро-акустического сигнала, который увеличит эти сигналы за счет энергии источника питания.

Результатом тестирования системы являлось построение её амплитудно-частотной характеристики, которая показывает полосу пропускания 0 - 1200 Гц. Это подтверждает, что частотный диапазон исследуемого сигнала (0 - 200 Гц) не подавляется системой обработки. Также полученная полоса пропускания позволяет регистрировать и другие дополнительные вибро-акустические сигналы организма человека.

Методика исследования основывается на следующих этапах:

1. Перед началом регистрации сигнала пациенту необходимо расслабиться и сесть прямо.
2. После чего при помощи тонометра у пациента измеряется артериальное давление (АД) (системическое АД (САД), диастолическое АД (ДАД)) и частота сердечных сокращений (ЧСС).
3. Далее датчик закрепляется на лобной части головы с помощью фиксирующей повязки и регистрируется сигнал в течение 1 минуты.
4. После регистрации необходимо вновь измерить АД и ЧСС у пациента для оценки изменений его состояния в процессе регистрации.
5. Также регистрировались дополнительные факторы:
 - климатические (атмосферное давление (Ратм), влажность воздуха, магнитное поле, направление ветра, температура воздуха);
 - субъективная оценка самочувствия пациента по 4 бальной шкале (0 – норма, 1 – переходное состояние, 2 – легкий дискомфорт в голове, 3 – выраженная головная боль или головокружение).

По данным АД рассчитывались дополнительные параметры по известным формулам: среднее АД (СрАД), пульсовое АД (ПАД).

Целью исследования было установление зависимости климатических факторов и функциональных параметров организма от спектральных характеристик СКСГМ, т.е. определение их информативности и влияющих на них факторов.

В результате проведенного исследования было собрано 28 записей в разное время при разных функциональных состояниях исследуемых. Для оценки индивидуальных особенностей человека, проводилась регистрация серии измерений в разных функциональных состояниях у одних и тех же испытуемых (по 14 измерений).

В работе было использовано 2 источника климатических данных: Weather.com и GISMeteo.ru для нивелирования недостоверных (неактуальных) данных.

Используя собранную базу данных, в программе SciLab проведен спектральный анализ СКСГМ по всем сигналам и отдельно для персональных серий записей.

Алгоритм анализа состоял из следующих этапов:

1. Загрузка СКСГМ и аннотированных данных из базы;
2. Обработка СКСГМ цифровым фильтром низких частот с частотой среза 45 Гц;
3. Преобразование Фурье СКСГМ и его нормирование для получения спектра;
4. Вычисление интеграла под кривой спектра Фурье скользящим окном с шагом в 1 Гц и шириной 3 Гц, для получения референтных спектральных параметров;
5. Проведение сравнения каждого фактора с вычисленными спектральными параметрами с вычислением коэффициента корреляции;
6. Выявление выраженного повышения модуля коэффициента корреляции в какой-либо полосе частот.

Подобный анализ проводился по всем данных вместе и по отдельным персональным сериям измерений. Затем результаты сопоставлялись. Зависимость подтверждалась значительным повышением коэффициента корреляции. Причем, из-за влияния многих факторов, таких как не точные климатические данные, помехи и

артефакты в СКСГМ, полученные зависимости могли иметь не большой коэффициент корреляции (до 0.5 по модулю), который, однако стоило учитывать в рамках данного исследования.

Исследование СКСГМ в частотной области показало концентрацию информации в инфразвуковой частотной области спектра с концентрацией в области от 0 до 10 Гц (рис. 2).

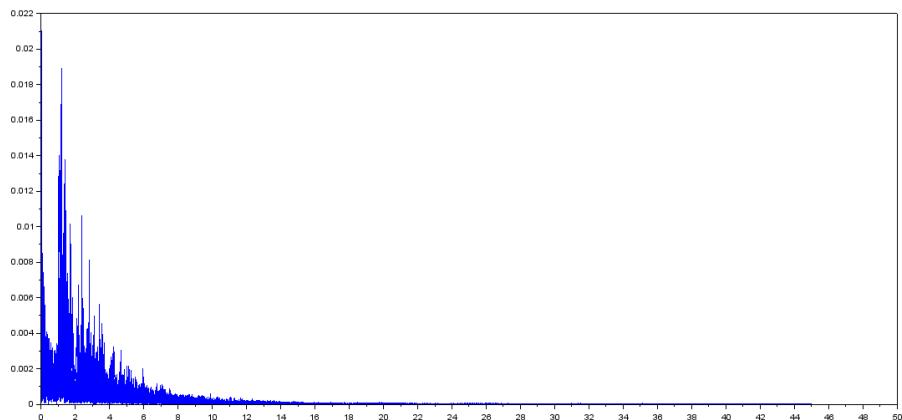


Рисунок 2 – Спектр сигналов колебаний структур головного мозга

Результаты анализа всей собранной базы представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимости спектральных характеристик от внешних и внутренних факторов организма человека

Частотный диапазон, Гц	Параметр	Макс. корреляция, %	Вид связи
1...6	Ратм	41%	Обратная
2...7	Влажность воздуха	74%	Обратная
5...7	САД	65%	Обратная
5...7	ДАД	65%	Обратная
5...7	ЧСС	55%	Обратная
5...7	ПАД	57%	Прямая
5...7	СрАД	64%	Обратная

По данным результатам можно заметить, что в СКСГМ выделяется информация о нескольких внутренних и внешних факторах. Причем в один диапазон частот попали несколько внутренних параметров (САД, ДАД, ЧСС, ПАД, СрАД). Также можно заметить, что эта группа параметров связана с артериальным давлением и именно результаты измерения САД и ДАД имеют максимальную корреляцию. Визуально, полученные зависимости представлены на рисунке 3.

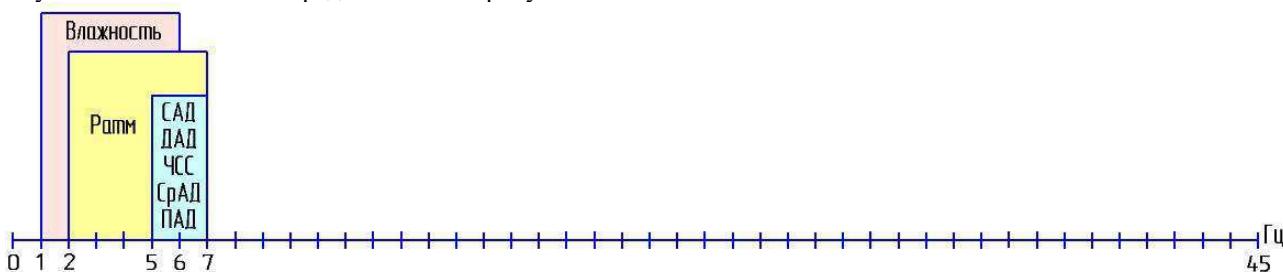


Рисунок 3 – Визуализация частотных диапазонов для всей базы

На рисунке 2 можно увидеть относительное расположение частотных диапазонов на полной шкале СКСГМ. Климатические параметры (атмосферное давление и влажность воздуха) имеют в основном вклад в начале частотного диапазона и имеют наложение на диапазон влияния артериального давления.

Результаты спектрального анализа по персональным сериям записей представлены в таблицах 2, 3.

Таблица 2 – Выявленные зависимости спектральных характеристик СКСГМ персональной серии №1

Частотный диапазон, Гц	Параметр	Макс. корреляция, %	Вид связи
1...8	Ратм	56%	Прямая
5...8	ДАД	58%	Обратная
5...8	САД	46%	Обратная
5...8	СрАД	49%	Обратная
5...8	ЧСС	45%	Обратная

Таблица 3 – Выявленные зависимости спектральных характеристик СКСГМ персональной серии №2

Частотный диапазон, Гц	Параметр	Макс. корреляция, %	Вид связи
1...6	Ратм	45%	Прямая
3...7	Влажность воздуха	58%	Прямая
4...7	Температура воздуха	67%	Обратная
10...14	Скорость ветра	62%	Прямая

По результатам двух персональных серий измерений видно, что у разных людей может быть разная чувствительность СКСГМ к исследуемым факторам. Что говорит о возможной индивидуальной чувствительности к этим факторам. Например, на рисунке 4 показано сравнение полученных зависимостей на двух персональных сериях. Видно, что такой параметр, как атмосферное давление оказывает влияние на обе серии, но некоторые другие модулируют только сигналы индивидуальных серий.

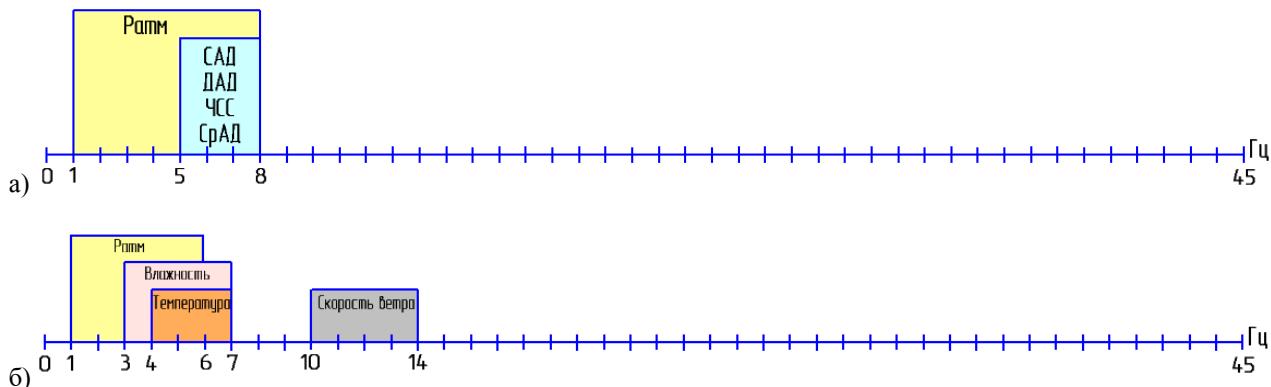


Рисунок 4 – Визуализация наиболее значимых частотных диапазонов персональных серий: а) серия №1, б) серия №2

Результаты анализа говорят о том, что из-за индивидуальных особенностей организма человека, различные факторы внешней и внутренней среды в разной степени могут модулировать СКСГМ, однако они, в основном, занимают определенные частотные диапазоны.

Заключение

В данной работе показаны предварительные результаты проводимого исследования сигнала колебаний структур головного мозга, несущего информацию об особенностях его функционального состояния. В связи с малой изученностью информативности данного сигнала и влияющих на него факторов, проводится долгосрочный сбор доступных данных для определения возможных корреляций с внешними и внутренними параметрами организма.

Исследование сигнала показало, что информация находится в частотной области. Спектр сигнала сконцентрирован в инфразвуковой области до 45 Гц с максимумом в области 0..10 Гц.

Несмотря на небольшой размер экспериментальной базы данных (28 записей), были выявлены зависимости с высоким коэффициентом корреляции (до 74%), что говорит о положительных результатах проводимого исследования.

Было выявлено, что колебания структур головного мозга могут модулироваться различными климатическими факторами, такими как атмосферное давление, температура и влажность воздуха, а также артериальным давлением. Причем влияние факторов зависит и от индивидуальных особенностях человека.

Результаты данного исследования помогут создать новую технологию экспресс исследования функционального состояния ГМ при первичном исследовании в клинических и домашних условиях.

Для повышения значимости выявленных взаимосвязей, в работе планируется расширить экспериментальную базу, а также провести серию функциональных тестов головного мозга для получения информации из динамики изменения частот СКСГМ.

Библиографический список

1. Бразовский К.С. Методы и технические средства оценки функционального состояния головного мозга на основе электрических измерений: диссертация кандидата технических наук. Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, 2015. – 369с.
2. Ефимов, А.П. Новый биомеханический метод неинвазивной оценки внутристернального давления: верификация способа и цифрового аппарата // Российский журнал биомеханики. – 2011. - №4. – С. 47-59.

**INVESTIGATION OF SPECTRAL COMPONENTS DEPENDENCE OF THE HEAD BRAIN
MICROVIBRATION FROM ARTERIAL AND ATMOSPHERIC PRESSURE**

Alexeeva I.I., Isakov R.V.

Vladimir State University, aly33xa@mail.ru, isakov-rv@mail.ru.

The article deals with the problem of diagnosing the functional state of the brain. Existing methods of diagnostics are considered. A biotechnical system for recording the vibration signal of brain structures has been developed, as well as the method of investigation. The system was tested. An experimental database was assembled. Spectral analysis of the signals is carried out. The dependence of the functional state of the brain on climatic factors was revealed.


**УРОВЕНЬ ЗДОРОВЬЯ ЛИЦ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА ГОРОДА ВЛАДИМИРА ПО ДАННЫМ
ДОНОЗОЛОГИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

Батоцыренова Т. Е., Блохин М. М., Разина У. А., Миронова Ю. А., Гаврилова К. А., Гадалова И. М.
ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет им. А. Г. и Н. Г. Столетовых» (ВлГУ), tamara-vgu@yandex.ru

С середины 20-го века наиболее известным и широко цитируемым является предложенное специалистами ВОЗ определение, что здоровье – это состояние полного физического, психического и социального благополучия, а не только отсутствие болезней и физических дефектов. В последние десятилетия после появления в 1978 году в учении о здоровье нового раздела, получившего название «донозологической диагностики», все более популярным становится взгляд на здоровье, как на процесс непрерывного приспособления организма к постоянно меняющимся условиям окружающей среды, а мерой здоровья считаются адаптационные возможности организма [1, с. 6]. На основе положений теории адаптации, опыта, накопленного космической и полярной медициной, физиологией труда и спорта в отношении оценки состояния здоровья практически здоровых людей, находящихся в неадекватных условиях среды, стали развиваться методы классификации и измерения уровней здоровья. Переход от здоровья к болезни связан со снижением адаптационных возможностей организма, с уменьшением способности адекватно реагировать не только на социально-трудовые, но и на обычные повседневные нагрузки. Здоровый человек не сразу становится больным, на границе между здоровьем и болезнью возникает целый ряд переходных состояний, получивших название «донозологических». Термины «донозологические состояния», «донозологическая диагностика» были предложены Р.М. Баевским и В.П. Казначеевым [2]. Ими же были разработаны общие принципы донозологической диагностики. Таким образом, донозологическая диагностика – это научное направление, основанное на учении о донозологических состояниях, пограничных между здоровьем и болезнью, с использованием специфических методов и приборов для оценки и измерения функционального состояния организма человека. Особую популярность в донозологической практике получил метод анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР), который ведет свою историю из космической медицины [1, с. 141]. По результатам анализа ВСР рассчитывается комплексный показатель активности регуляторных систем, не имеющий аналогов за рубежом [1, с. 160]. В связи с вышеизложенным исследование лиц среднего и пожилого возраста в условиях повседневной жизни донозологическими методами представляется актуальным. Цель работы – исследование уровня здоровья лиц среднего и пожилого возраста города Владимира методами донозологической диагностики.

Организация, объем и методы исследования. Исследование проведено в 2017-2018 гг., в дни работы XI и XII межрегиональной выставки «Секреты здоровья» в выставочном центре на улице Батурина в городе Владимире группой студентов, аспирантов и преподавателей института физической культуры и спорта ВлГУ. В традиционной выставке ежегодно принимает участие кафедра теоретических и медико-биологических основ физической культуры и спорта. В исследовании приняли участие посетители выставки - добровольцы, всего 71 человек.

У каждого испытуемого определялись рост, вес, рассчитывался индекс массы тела (ИМТ), измерялось артериальное давление (САД, ДАД). Для записи ЭКГ и анализа ВСР использован программно-аппаратный комплекс «Варикард – 2.6» [4]. Программное обеспечение Иским 6 позволяет рассчитывать до 40 количественных показателей ВСР в соответствии с Международными стандартами 1996 г. и Методическими рекомендациями отечественных экспертов [3, 5] и формирует комплексное заключение в виде Паспорта здоровья (рис. 1), который распечатывался и вручался всем исследуемым.

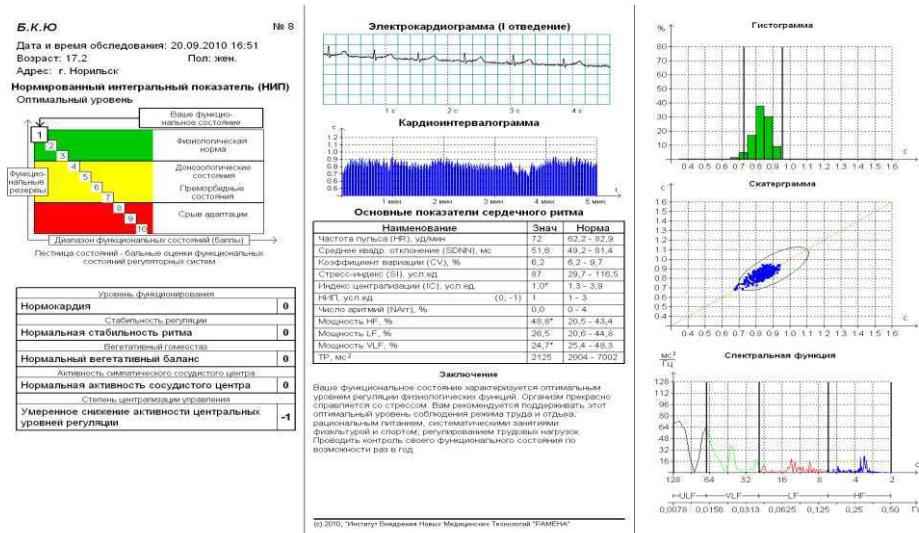


Рисунок 1 – Образец Паспорта здоровья

Использовались так называемые «короткие» записи, то есть ЭКГ записывали в течение пяти минут в положении сидя, в одном из стандартных отведений. Полученный материал был подвергнут математико-статистической обработке с расчетом общепринятых показателей: M , σ , m , t -критерий Стьюдента.

Результаты исследования. Морфофункциональная характеристика исследуемых групп представлена в таблице 1. Как видно из таблицы, из 71 обследованных, 64 женщины и 7 мужчин. Средний возраст испытуемых составил у женщин $63,9 \pm 1,7$, самой старшей было 84 года, самой молодой 19 лет. Причем, 24% обследованных женщин были среднего возраста, 50% - пожилого, 20% - старческого и 6% составили молодые лица согласно возрастной классификации ВОЗ. Таким образом, большинство женщин были пожилого возраста и старше (70%). Средний возраст мужчин был $60,4 \pm 7,6$, самому молодому было 20 лет, старшему 78. Один из испытуемых был представителем молодого поколения (14%), еще один испытуемый был среднего возраста (14%), остальные были лицами пожилого и старческого возраста (72%).

Таблица 1 – Характеристика исследуемых групп

Показатели	Женщины (n=64)		Мужчины (n=7)	
	M	$\pm m$	M	$\pm m$
Возраст, лет	63,9	1,7	60,4	7,6
Рост, см	162,4	0,8	173,6**	2,5
Вес, кг	74,9	1,7	76,9	4,7
ИМТ, у.е.	28,4	0,6	25,5	1,4
САД, мм. рт. ст	143,4	3,0	134,4	5,8
ДАД, мм. рт. ст	84,4	1,3	80,0	3,9
ЧСС, уд/мин	73,5	1,2	70,9	4,2

** $p < 0,01$

Средний рост женщин составил $162,4 \pm 0,8$ см, минимальный 151, максимальный – 178 см. У мужчин показатели роста составили соответственно $173,6 \pm 2,5$, 162, 182 см. Рост – единственный показатель, по которому группы достоверно различались при $p < 0,01$. Средний вес женщин составил $74,9 \pm 1,7$ кг, минимальный 51, максимальный 123 кг, тогда как у мужчин – $76,9 \pm 4,7$, 65 и 94 кг соответственно.

Средние значения систолического артериального давления у женщин составили $143,4 \pm 3,0$ мм рт. ст., у мужчин – $134,4 \pm 5,8$ мм рт. ст. Диастолическое артериальное давление было равно $84,4 \pm 1,3$ мм рт. ст. у женщин и $80 \pm 3,9$ мм рт. ст. у мужской части обследованных.

Расчет индекса массы тела показал (рис. 2), согласно таблицам ВОЗ, что только у 24% женщин нормальный вес тела, тогда как среди мужчин лица с нормальным весом составили 43%. Большая часть обследованных женщин страдает от лишнего веса. Так, у 42% женщин выявлен избыточный вес тела, у 34% ожирение различной степени, причем у 21% отмечено ожирение 1 степени, у 10% - ожирение 2-й степени и у 3% - ожирение 3-й степени. Среди мужчин 43% имели избыточный вес и у 14% отмечено ожирение 1-й степени.

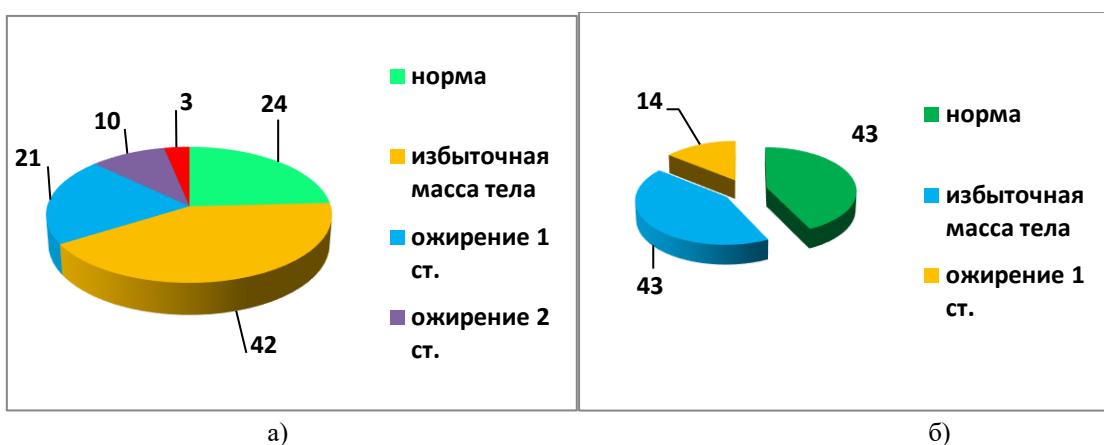


Рисунок 2 – Распределение лиц с различным уровнем ИМТ среди женщин (а) и мужчин (б), %

Сравнительный анализ функционального состояния организма исследуемых по показателю активности регуляторных систем выявил следующую картину (рис. 3).

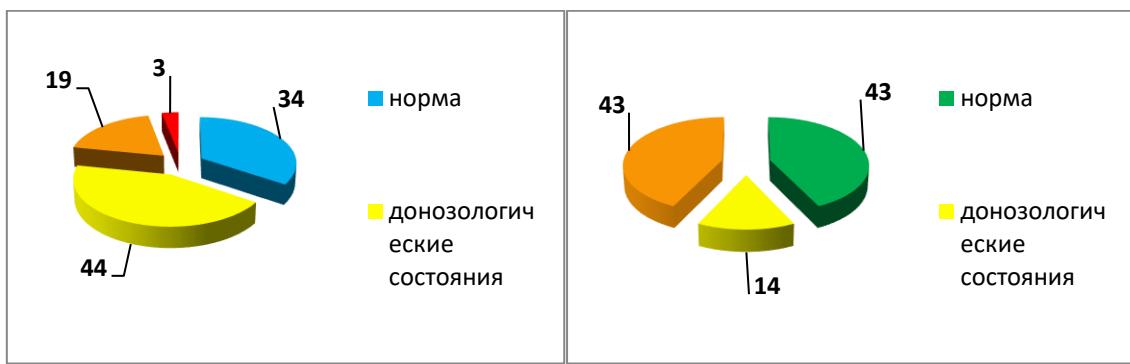


Рисунок 3 - Распределение обследованных лиц по группам функциональных состояний (ПАРС), %

В соответствии с классификацией функциональных состояний, принятой в донозологической практике, у 34% женской части обследованных отмечена удовлетворительная адаптация, у 44% женщин выявлены донозологические состояния, у 19% - преморбидные состояния и у 3 % - срыв адаптации. У мужчин наблюдалась более благоприятная картина: у 43% удовлетворительная адаптация, у 14% отмечено напряжение регуляторных систем и у 43% - перенапряжение регуляторных систем. Срывов адаптации не наблюдалось.

Уровень стресса в группе женщин составил в среднем 454 у.е., при этом у 39% стресс-индекс (SI) превышал среднее групповое значение, из них у 24% SI был более 1000 у.е. Среднее значение стресс-индекса у мужчин составило 613,6 у.е. Разброс индивидуальных значений стресс-индекса от 84,88 у.е. у самого молодого до 2313,60 у.е.

У 57% мужчин отмечены аритмичные сокращения сердца – от 0,27 до 2,67%, тогда как у 22% женщин наблюдалось от 0,2 до 3,41% аритмичных сокращений за пять минут записи ЭКГ.

Заключение. Таким образом, проведенное исследование показало, что представители женской части населения исследованных возрастных групп больше подвержены риску развития сопутствующих заболеваний в силу избыточного веса и имеющегося ожирения различной степени по сравнению с мужчинами этого возраста. Анализ функционального состояния организма обследованных по комплексному показателю активности регуляторных систем выявил большее количество мужчин с удовлетворительной адаптацией (43%) по сравнению с женщинами (34%). Среди женщин немало лиц с перенапряжением регуляторных систем и даже со срывом адаптации. В то же время количество выявленных лиц с нарушениями ритма сердца среди мужчин в два с лишним раза больше.

Библиографический список

1. Агаджанян, Н.А. Проблемы адаптации и учение о здоровье. Учебное пособие. / Н.А. Агаджанян, Р.М. Баевский, А.П. Берсенева – М.: РУДН, 2006 г. - 284 с. ISBN 5-209-00239-X

2. Баевский, Р. М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. / Р. М. Баевский. - М.: Медицина. 1979. - 298 с.
3. Баевский, Р. М. В помощь практическому врачу. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // методические рекомендации / Р. М. Баевский [и др.] / Вестник аритмологии. - 2001. - № 24. - С. 65-87.
4. Семенов, Ю. Н. Аппаратно-программный комплекс "Варикард" для оценки функционального состояния организма по результатам математического анализа ритма сердца. Вариабельность сердечного ритма. / Ю. Н. Семенов, Р. М. Баевский. - Ижевск: Удмуртский гос. ун-т, 1996. - С. 160-162.
5. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological interpretation and clinical use // Circulation, 1996. - V. 93. - P. 1043-1065.

THE LEVEL OF HEALTH OF THE ELDERLY OF THE CITY OF VLADIMIR, ACCORDING TO PRECLINICAL DIAGNOSIS

Batotsyrenova T.E., Blokhin M. M., Razina U. A., Mironova Yu. A., Gavrilova K.A., Gadalova I. M.
Vladimir state University, Vladimir, tamara-vgu@yandex.ru

The paper presents the results of the study of middle-aged, elderly and senile age, according to the classification of ages who, prenosological methods in everyday life. A total of 71 people were examined, including 64 women and 7 men. To record the ECG and analysis of heart rate variability (HRV) is used PAK "VARICARD-2.6", software, 6 Ischia. The ECG was recorded for 5 minutes in one of the standard leads in the sitting position. The results obtained show that women of these age groups are more at risk of developing comorbidities both in terms of body mass index (BMI) and in terms of activity of regulatory systems (PDS) compared to men of this age. At the same time, a greater number of persons with arrhythmic heart contractions were revealed among men.



СИСТЕМА ДЛЯ ОЦЕНКИ СПОРТИВНО-ВАЖНЫХ КАЧЕСТВ

Белов К. М.¹, Аполлонова И. А.¹, Николаев А. П.¹, Писарева А. В.¹, Потемкина Е. Ю.²

¹Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана

²РАНХиГС при Президенте РФ, факультет «Психология» кафедра «Акмеологии и психологии профессиональной деятельности»

kirillbelov23@yandex.ru, apollonova-i@yandex.ru, apnikolaev@yandex.ru, pavpav.06@mail.ru, evpotemkina@yandex.ru

В современных условиях развития прогресса рациональное использование человеческих ресурсов является существенным фактором развития производства, спорта, торговли и др. видов экономической деятельности [1]. Современный спорт развивается в условиях одновременного ограничения материальных и человеческих ресурсов. Это выдвигает на первый план решение задач оптимизации спортивного отбора [2]. Причины неэффективной профессиональной деятельности многочисленны, однако большая часть из них составляет более 80 %, и она напрямую связана как с физиологическими, психическими, так и социальными особенностями человека [3]. Труд работников должен быть оптимально производительным, однако зачастую не все люди в одинаковой мере способны освоить ту или иную профессию [4].

Таким образом, основной задачей кадровой политики в настоящее время в России является наиболее эффективное определение и соответствие психофизиологического соответствия соискателя целям предприятия или компании [5]. При этом должно быть обеспечено сохранение здоровья каждого человека и установлены отношения конструктивного сотрудничества между членами коллектива и различными социальными группами [6].

Уровень высших достижений в спорте на современном этапе столь велик, что подойти к ним можно, лишь имея выдающиеся генетически обусловленные способности [3]. Отсюда вытекает основная проблема в системе подготовки профессиональных спортсменов – проблема эффективного спортивного отбора [3]. Правильная оценка генетического потенциала для выявления спортивно-важных качеств (СВК) у детей дошкольного возраста позволяет правильно выбрать специализацию и помогает прогрессивно быстро достигать больших целей.

Моделью для изучения ассоциации «дерматоглифические признаки (ДП) – функциональный статус человека» являются исследования в спорте [1, 7]. Спорт высших достижений охватывает весь спектр физических возможностей и в настоящее время является, пожалуй, реально единственной формой деятельности, которую можно рассматривать в качестве жесткой модели реализации генетического потенциала человека [3, 8]. Спортсмен высокого класса – это индивид, который не только обладает высоким и ярко выраженным физическим статусом, но и способен максимально реализовывать его при тестировании или в соревновании, то есть в экстремальных условиях деятельности [1, 3].

Цель и назначение предлагаемой разработки:

– Автоматизировать визуальные исследования дерматоглифических параметров;

- Объективизировать оценку дерматоглифических параметров;
- Повысить качество и достоверность результатов медицинских исследований;
- Повысить производительность труда в центрах медико-генетического мониторинга;
- Обеспечить возможность автоматизированного исследования пальцевых дерматоглифов как генетических маркеров двигательной одаренности в практике отбора юных спортсменов;
- Обеспечить возможность проведения научных исследований дерматоглифических фенотипов;
- Обеспечить возможность массового профилактического обследования [6].

В результате нами была разработана биотехническая система для оценки спортивно-важных качеств. Биотехническая система предназначена для применения в лечебно-диагностических и профилактических учреждениях, в лабораториях общеклинических исследований, спортивных диспансерах и других медицинских учреждениях [2].

А также разработаны медико-технические требования на БТС для оценки СВК, структурно-функциональная система, алгоритм автоматизированного определения комплекса ДП для СВК [3, 7, 8]. Следует отметить, что биотехническая система предназначена для автоматизации процесса выявления спортивно-важных качеств по ДП для раннего прогнозирования генетического потенциала [2, 7]. На основании созданного макета базы данных, произведенного анализа дерматоглифических изображений, вычисления частоты встречаемости того или иного узора, подсчета ТГС и Д10, сравнения указанных основных характеристик выявлены закономерности в изменении ДП (рисунок 1) [3, 5, 6].

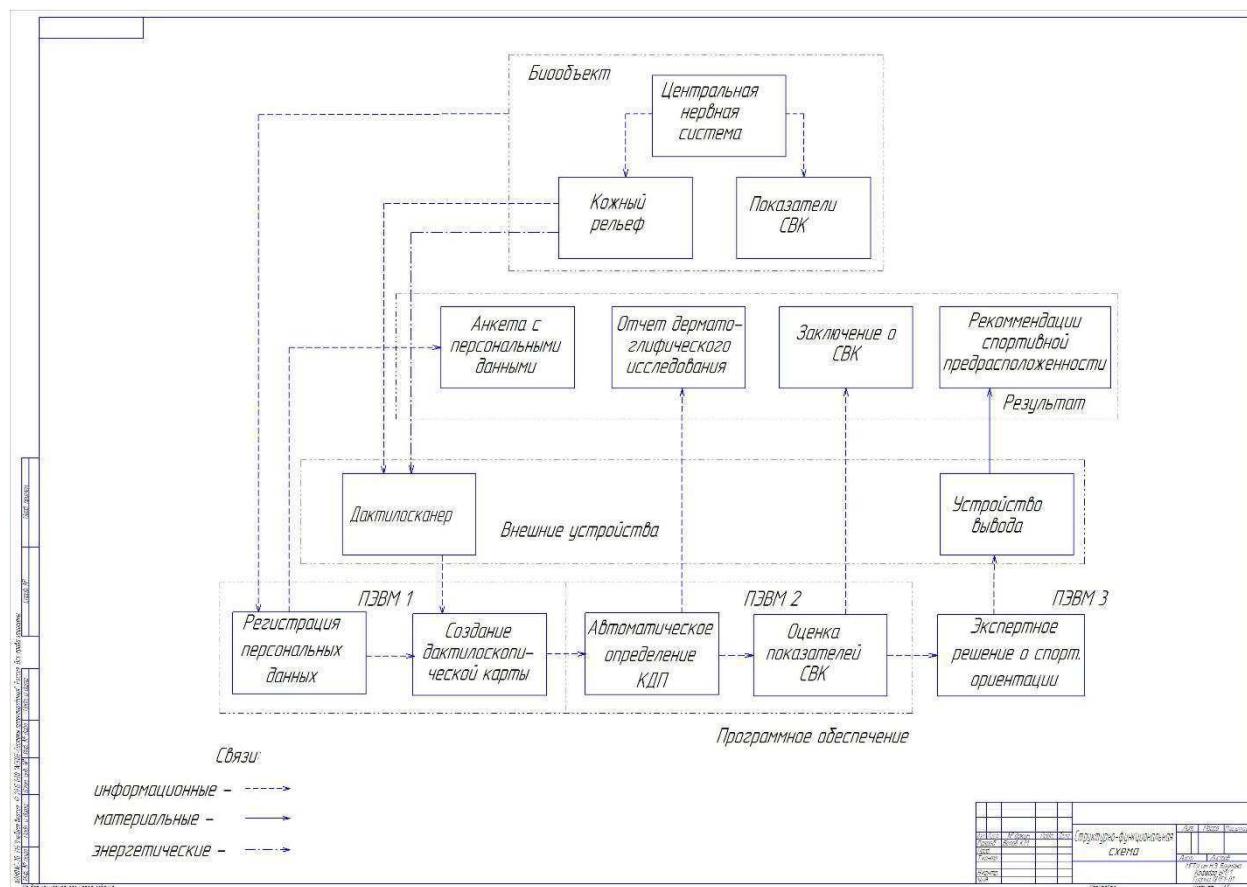


Рисунок 1 – Структурно функциональная схема БТС

Изучение характеристик ДП проведено в группах спортсменов по видам: плавание, лыжные гонки, борьба, тхэквондо, баскетбол в количестве по пятьдесят человек. Квалификация спортсменов – кандидат в мастера спорта (КМС) и мастер спорта (МС), а также группы юношей 1990 года рождения в количестве пятидесяти человек не занимающихся спортом и не обладающих спортивными отличительными качествами спортсменами [4] (рисунок 2).

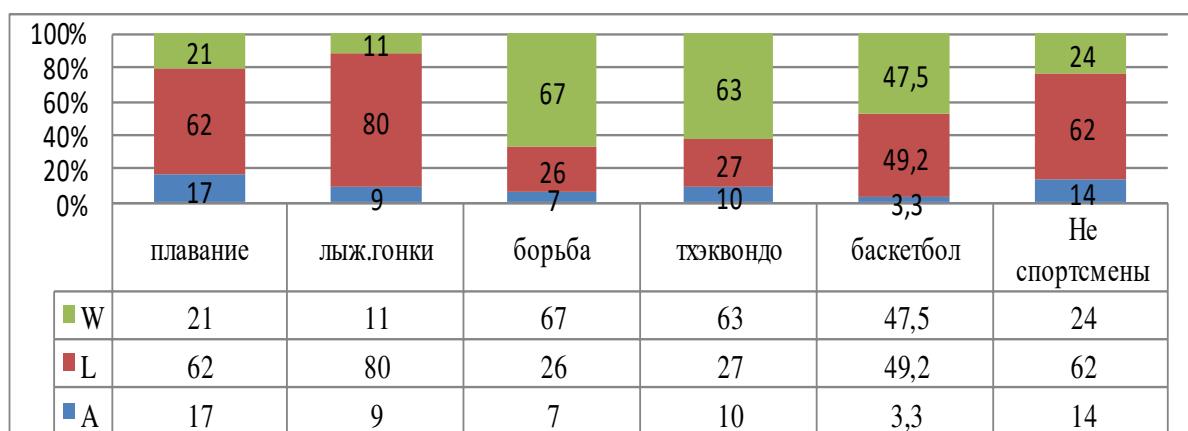


Рисунок 2 – Частота встречаемости кожных узоров у спортсменов разных видов спорта и группы не спортсменов (%)

Полученные данные позволяют утверждать, что комбинации ДП определяют развитие разных СВК необходимых в различных видах спорта:

- низкая узорная интенсивность (преобладание узора L, низкий W, низкий Д10, низкий ТГС) – повышенный силовой потенциал, общая физическая выносливость – виды спорта с высокой мощностью и коротким временем соревновательной деятельности;
- высокая узорная интенсивность (отсутствие или снижение до минимума узора А, увеличение до 50 % и выше узора W), высокий Д10, высокий ТГС – виды спорта в специализации с высокими требованиями к нервно-мышечной координации, параллельное возрастание выносливости и координации;
- очень высокая узорная интенсивность, максимальное значение Д10 и ТГС, преобладание узора W – максимальное проявление координации при среднем уровне выносливости и сниженных проявлениях взрывной силы (таблица 1) [3].

Таблица 1 - Соответствие дерматоглифических параметров и спортивно-важных качеств

Д10	ТГС	ГС	А	Л	W	Фенотип	Основные физические качества
≤12	Менее 110	Высокий на П1, Л1; средний на П4, П5, Л5	среднее	макс.	мин.	10A, AL, ALW, LA	Высокие показатели силового потенциала при сниженном проявлении выносливости и координации (короткое время соревновательной деятельности).
От 9 до 13	От 95 до 130	Средний П1, П3, П4, П5, Л1, Л3, Л4, Л5; низкий П2, П2	мин.	макс.	средн.	LA, ALW, 10L, LW	Высокий силовой потенциал при высоком проявлении выносливости и координации, статической устойчивости
От 12 до 16	От 120 до 150	Высокий П1, П4, Л1, Л4; средний П2, П3, П5, Л2, Л3, Л5	мин.	Практически равная встречаемость		LW, WL	Снижение качеств взрывной силы при одинаково очень высоком уровне выносливости и координации
Более 14	>140	Высокий на всех пальцах рук	мин.	мин.	преобр.	WL, 10W	Максимальное проявление координации при среднем уровне выносливости и сниженные проявления взрывной силы.

Выводы

Таким образом использование системы для оценки спортивно-важных качеств и внедрение дерматоглифического метода в качестве способа моментальной диагностики генетического потенциала при ранней ориентации и отборе в группы видов спорта, в качестве первой визитной карточки спортсмена в комплексной системе отбора, при выборе и уточнении амплуа, для оценки индивидуальных особенностей генетического потенциала спортсмена с целью выявления СВК.

Библиографический список

1. Абрамова Т. Ф. Пальцевая дерматоглифика и физические особенности: автореф. дис. док. биол. наук: 03.00.14. // Сборник научных трудов ВНИИФК. – М., 2003. - 51 с.
2. Абрамова, Т. Ф. Использование пальцевой дерматоглифики для прогностической оценки физических способностей в практике отбора и подготовки спортсменов. Методические рекомендации / Т. Ф. Абрамова, Т. М. Никитина, Н. И. Кочеткова // М.: ООО «Скайпринт», 2013. – 72 с.
3. Нечушкин Ю. В. Методика специальной физической подготовки волейболистов высокой квалификации в соревновательном периоде. Диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук / Московская государственная академия физической культуры. Малаховка, 2014
4. Спиридовон, И. Н. Оценка функционального статуса по результатам дерматоглифических исследований / И. Н. Спиридовон, Ю. А. Афадеев, И. В. Караваев // Биометрические технологии и радиоэлектроника, 2001. № 9. – С. 24-32.
5. Филиппова, Н. А., Сравнительный анализ систем контроля. Методы мониторинга состояния водителя автотранспорта / Н. А. Филиппова, В. Д. Алешин, С. В. Матанский, А. В. Писарева // Тенденции развития науки и образования. 2016. № 15-5. С. 22-24.
6. Хрулёв, А. А. Автоматизированная обработка дерматоглифических изображений на аппаратно-программном комплексе «Малахит» / А. А. Хрулёв, И. А. Апоплонова, И. Н. Спиридовон // М., Изд-во МГТУ имени Н. Э. Баумана.
7. Эджубов Л. Г., Богданов Н. Н. Папиллярные узоры: идентификация и определение характеристик личности (дактилоскопия и дерматоглифика) // М., Сборник статей. 316 с.
8. Apollonova, I. A. Automatized system of laser differential dermatoglyphical diagnostics / I. A. Apollonova, I. V. Karasyov, I. N. Spiridonov // В сборнике: Proceedings of SPIE - The International Society for Optical Engineering Coherence Domain Optical Methods in Biomedical Science and Clinical Applications II. sponsors: SPIE, IBOS; editors: V.V. Tuchin, J.A. Izatt, V.V. Tuchin. San Jose, CA, 1998. С. 91-100.

SYSTEM FOR ASSESSMENT OF SPORTS-IMPORTANT QUALITIES

Belov K. M.¹, Apollonova I. A.¹, Nikolaev A. P.¹, Pisareva A. V.¹, Potemkina E. Yu.

¹Bauman Moscow State Technical University, Moscow 105005, Russia

²RASHiGS under the President of the Russian Federation, faculty "Psychology" department "Acmeology and psychology of professional activity"

The level of the highest achievements in the sport at the present stage is so great that you can approach them only with outstanding genetically determined abilities. Hence the main problem in the system of training of professional athletes – the problem of effective sports selection. The correct assessment of genetic potential to identify sports-important qualities in preschool children will allow you to choose the right specialization, helps you to quickly progress and achieve great achievements.

The model for the study of the Association "dermatoglyphic features-the functional status of a person" is research in sports. Sport of the highest achievements covers the whole range of physical possibilities and now is, perhaps, really the only form of activity, which can be considered as rigid model of realization of genetic potential of the person. A high – class athlete is an individual who not only has a high and pronounced physical status, but, is also able to realize it as much as possible during testing or in a competition. In extreme working conditions.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РЕГУЛИРОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ТРАФИКА С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ НА ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ СРЕДУ

Гладков Е. А., Жигалов И. Е.

Владимирский государственный университет, isim@vlsu.ru

Постоянно возрастающая загруженность городских магистралей автомобильным транспортом и сложность оптимального управления транспортными потоками в городской среде вызывают необходимость разрабатывать и внедрять информационные системы, позволяющие автоматизировать регулирование дорожного трафика. Особенно актуальной эта задача является в связи с негативным влиянием автотранспорта на экологическую среду городов и возможностью существенно уменьшить последствия такого влияния.

Разрабатываемая информационная система выполняет задачу управления и синхронизации работы светофоров на заданном участке городской среды таким образом, чтобы уменьшить время прохождения массивом автомобилей своих траекторий движения.

В рамках предпроектных проработок был проведен анализ зарубежного и отечественного опыта интеграции локальных автоматизированных систем управления дорожным движением (АСУДД). Был осуществлен системный анализ построения и функционирования интегрированных региональных АСУДД для

различных регионов России, в частности Москвы, Санкт-Петербурга, Московской, Ленинградской областей, республики Татарстан и других. Также был рассмотрен опыт, применяемый в Финляндии, Великобритании, Германии, США.

Большинство городов в процессе реализации АСУДД сталкивались с необходимостью объединения уже существующих разрозненных центров управления дорожным движением. В процессе анализа были изучены:

- структура построения интегрированных систем и организация управления ими;
- построение информационного взаимодействия, надежности информационного обмена, обеспечения сохранности и защиты информации;
- техническое обеспечение взаимодействия локальных АСУДД;
- применяемое аппаратное и программное обеспечение.

В большинстве рассмотренных региональных систем используется несколько различных АСУДД, не интегрированных между собой. В основном осуществляется локальное регулирование режимов работы светофоров на отдельных перекрестках или на группе взаимосвязанных перекрестков. Адаптивное светофорное регулирование как правило не применяется. Имеющиеся детекторы транспорта не обеспечивают полного управления потоками. Например, в Ленинградской области в настоящее время АСУДД на дорогах регионального и межмуниципального значения, а также на муниципальных дорогах не применяется. В Москве функционирует несколько не связанных друг с другом систем контроля трафика и управления движением, а также несколько диспетчерских центров различной ведомственной принадлежности. Таких систем сейчас существует около десяти, среди которых наиболее крупные – Общегородская автоматизированная система управления дорожным движением «СТАРТ» [1], Система управления дорожным движением на Третьем транспортном кольце (АСУДД ТТК), Система на Волоколамском и Дмитровском шоссе, Система контроля транспортных потоков «САК ТП», Система автоматизированной фото и видеофиксации, Система диспетчерского управления пассажирскими перевозками АСУ «Навигация», Система управления мобильными нарядами (СУМН) ГУВД по г. Москве, различные системы мониторинга и управления службами оперативного реагирования, жилищно-коммунального хозяйства на основе технологий ГЛОНАСС. Кроме того используется подсистема обеспечения противогололедной обстановки Системы метеомониторинга АСУ «Метео». Часть этих систем работает уже более 10 лет и нуждается в значительной модернизации. Также было установлено, что по большей части адаптивное управление в АСУДД не применяется.

В основу предлагаемого подхода была положена идея разработки программной системы регулирования дорожного трафика с применением машинного обучения для адаптивного управления. Данная система состоит из трёх основных компонент:

- а) устройство определения количества автомобилей в транспортном потоке;
- б) программная система регулирования дорожного трафика;
- в) устройства индикации.

Для эффективного управления дорожным движением, системе необходимо предоставить информацию о параметрах транспортного потока [2]. Сделать это можно с помощью детекторов. В рамках разработки системы были изучены и проанализированы детекторы различного типа: индукционные, инфракрасные, ультразвуковые, видеодетекторы.

Индуктивные детекторы, или индуктивные петли, являются наиболее дешевыми транспортными детекторами. Индуктивный чувствительный элемент представляет собой рамку, состоящую из одного или нескольких витков изолированного и защищённого от механических воздействий провода.

Инфракрасные детекторы регистрируют проезд транспортных средств по заданному участку проезжей части. Они предназначены для круглосуточной и непрерывной работы в стационарных условиях на открытом воздухе. В детекторе использована пассивная инфракрасная технология. Устанавливается над полосой движения или на боковом столбе. Преимущество этих детекторов в простоте крепления, надежности, простоте обслуживания. Главный недостаток инфракрасных детекторов заключается в том, что они имеют достаточно серьёзную погрешность.

Ультразвуковые детекторы могут обнаруживать и регистрировать транспортные средства, как находящиеся в движении, так и остановившиеся, вне зависимости от времени суток. Одновременно может контролироваться несколько полос движения. Принцип работы основан на бесконтактном зондировании проезжей части дорожного полотна сигналом сверхвысокой частоты с линейной частотной модуляцией [3]. Недостатками ультразвуковых детекторов являются их чувствительность к акустическим и механическим помехам и необходимость жесткого фиксирования в пространстве.

Видеодетектор позволяет контролировать несколько полос движения. Система состоит из видеопроцессора и камеры. Процессор получает изображение с камеры и определяет присутствие автомобиля, а также собирает ряд параметров транспортного потока. Видеосистема использует виртуальные петли. Помимо этого, видеокамеры также можно применять для контроля пропускной способности автомагистралей, в системах регулирования доступа автотранспорта на автомагистрали и на участках проведения строительно-ремонтных работ. Еще одним несомненным преимуществом видеотехнологии является возможность использования той же аппаратуры в системе обнаружения и мониторинга инцидентов и дорожных происшествий, а также четкая идентификация остановившихся транспортных средств. Видеосистемы в настоящее время являются самыми распространенными детекторами транспорта, несмотря на относительно высокую стоимость. Данный детектор также примечателен тем, что в нем имеется достаточно большой

потенциал, который может быть использован при дальнейшем усовершенствовании и модернизации разрабатываемой системы.

Управление индикацией светофора возлагается на разработанную программную подсистему, в которой будет применяться адаптивное управление и прогнозирование дорожной ситуации на некоторое время вперёд. По информации, полученной с устройства определения количества автомобилей, будет рассчитываться продолжительность времени сигналов светофора, согласно ситуации на проезжей части. После этого система отправляет данные о плотности транспортного потока, времени суток, дне недели, времени года (даты) и получает некоторое спрогнозированное значение плотности транспортного потока на определенное время вперёд. После этого система еще раз рассчитывает продолжительность времени сигналов светофора с учётом спрогнозированной информации, таким образом подводя его к оптимальному, чтобы избежать образования автомобильных заторов.

Для возможности прогнозирования дорожной ситуации необходимо сначала разработать и обучить модель на статистических данных. Для решения задачи моделирования дорожной обстановки возникла необходимость генерации таких статистических данных. Для того чтобы генерация была достаточно адекватна и соответствовала реальности, было решено прибегнуть к статистике портала Яндекс.Пробки. Статистика на данном ресурсе показывает данные для больших городов; для городов относительно малых такая информация отсутствует. После изучения доступной статистической информации по сложности и загруженности дорожных трасс и разветвленности транспортных потоков было решено генерировать статистические значения на примере города Омск. Статистические данные представлены на рисунке 1. По данным рисунка можно сделать вывод, что автомобильные пробки зависят от трёх основных составляющих: время года, день недели, время суток.

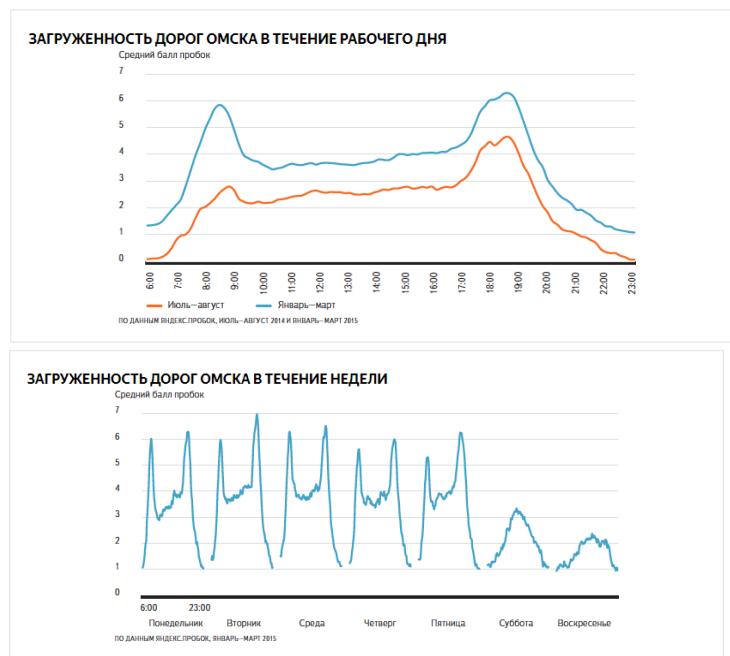


Рисунок 1 – Статистические данные портала Яндекс.Пробки

Самым сложным месяцем для городских автомобилистов за изученный период был декабрь 2014 г. — главным образом из-за предпраздничной активности на дорогах. А меньше всего пробок было в июле 2014, когда многие автомобилисты уезжали из города.

В течение рабочего дня загруженность дорог выше всего утром, примерно с 7:30 до 9:30, когда горожане едут на работу, и вечером, с 17:00 до 19:30, когда они возвращаются домой. Летом утренний час пик заметно менее выражен, чем вечерний.

В исследованный период на дорогах Омска самым свободным днём рабочей недели был понедельник, а самым загруженным — вторник. В выходные средняя загруженность обычно в полтора-два раза ниже, чем в будни.

После генерации статистических данных можно приступить к разработке модели машинного обучения для прогнозирования будущей дорожной ситуации. В качестве инструмента был выбран облачный сервис Amazon Machine Learning. Разработанная модель представлена на рисунке 2. При обучении модели сначала были исключены все данные, которые не оказывают существенного влияния на результат. Затем все данные были разделены на две группы: группа обучения и группа контроля в соотношении примерно 0,7 и 0,3. Далее подготовленные данные были направлены на обработку с использованием алгоритма машинного обучения. Выбор алгоритма обучения производился с учетом характера статистических данных и способа их обработки. После обучения результаты проверялись с помощью группы контроля.

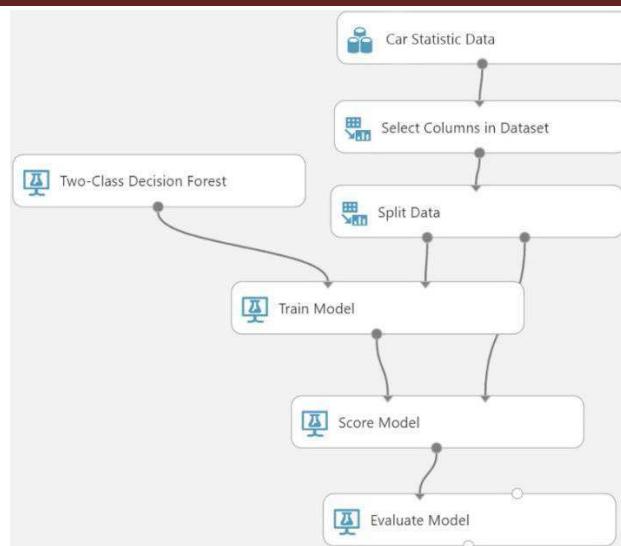


Рисунок 2 – Модель прогнозирования дорожной ситуации в Microsoft Azure

После некоторого числа попыток использования различных алгоритмов были получены следующие результаты, которые представлены на рисунке 3. По результатам обучения параметр R-квадрат (коэффициент детерминации) показывает, насколько условная дисперсия модели отличается от дисперсии реальных значений. Если этот коэффициент близок к 1, то условная дисперсия модели достаточно мала и весьма вероятно, что модель неплохо описывает данные. Если же коэффициент R-квадрат существенно меньше, например, меньше 0.5, то с большой долей уверенности модель не отражает реальное положение вещей. В данном случае коэффициент достаточно высок, следовательно можно сделать вывод, что модель корректна.

Experiment created on 10.12.2017 ➤ Evaluate Model ➤ Evaluation results

Metrics

Mean Absolute Error	8.777467
Root Mean Squared Error	12.797101
Relative Absolute Error	0.405064
Relative Squared Error	0.109521
Coefficient of Determination	0.890479

Рисунок 3 – Результаты обучения модели в Microsoft Azure

После обучения и тестирования был разработан прототип веб-сервиса, который может быть использован, например, в приложении через API. После перехода в рабочую область создания сервиса его необходимо настроить. Настройка проходит с помощью перемещения блоков и добавления связей.

Для более наглядной демонстрации было разработано приложение с целью визуализации данных. Для разрабатываемого приложения самым подходящим и наглядным средством визуализации будет служить карта. В качестве инструмента визуализации данных была выбрана библиотека Leaflet [4].

Применение таких инструментов позволило смоделировать ситуацию и проверить насколько эффективно система высчитывает оптимальное время сигналов светофора для регулирования движения с учетом текущей и спрогнозированной информации. В качестве экспериментальной проверки было решено использовать имитационное моделирование. Результаты проведения эксперимента представлены на рисунке 4. Результаты демонстрируют, что система не только рассчитывает оптимальное время для конкретного количества автомобилей, но и пытается предотвратить автомобильные заторы с помощью прогнозирования дорожной ситуации.

Устройство индикации представляет собой обычный светофор, который имеет три стандартных цвета для управления движением автомобильного трафика.

Новизна разрабатываемой системы заключается в том, что она использует адаптивное управление светофором с использованием прогнозирования ситуации. Под адаптивным управлением здесь понимается совокупность методов управления, которые зависят от изменения параметров объекта управления или внешних возмущений, действующих на объект управления. В данном случае параметром объекта управления будет являться интенсивность транспортного потока. Данная система может не только контролировать дорожную ситуацию, но и прогнозировать её. Кроме того, светофоры могут быть связаны между собой в единую сеть,

обмениваться данными с разных перекрёстков и предсказывать дорожную обстановку на несколько минут вперёд, чтобы выработать эффективный механизм пропуска транспорта.

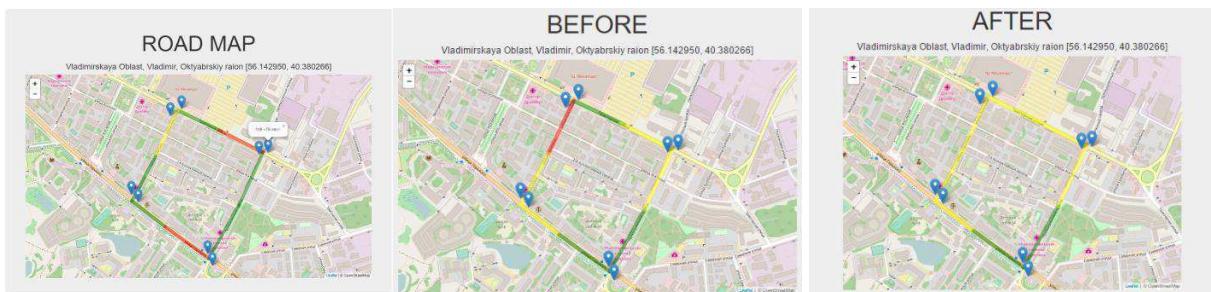


Рисунок 4 – Расчет времени для каждого из светофора и «разгрузка» участка с автомобильным затором

Таким образом, был разработан прототип информационной системы регулирования дорожного трафика с учетом влияния на городскую экологическую среду. Система была проверена на модельной задаче и была показана ее работоспособность. Программная система может быть внедрена в городскую службу управления дорожным движением.

Библиографический список

1. Общегородская АСУ дорожным движением в Москве (система "Старт") и ее дальнейшее развитие URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/obschegorodskaya-asu-dorozhnym-dvizheniem-v-moskve-sistema-start-i-ee-dalneyshee-razvitiye> (дата обращения: 19.02.2018)
2. Федоров, С.В. Совершенствование методов проектирования транспортных сетей и маршрутных систем крупных городов: автореф. дис., канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 10.03.2011 / Федоров Сергей Владимирович. М.: МАДИ, 2011. – 20 с.
3. Детекторы транспорта URL: http://studbooks.net/81362/tehnika/detektory_transporta (дата обращения: 19.02.2018)
4. 35 лучших инструментов для визуализации данных URL: <https://m.seonews.ru/analytics/35-luchshikh-instrumentov-dlya-vizualizatsii-dannykh/> (дата обращения: 19.02.2018)

INFORMATION SYSTEM FOR ROAD TRAFFIC REGULATION WITH REGARD TO THE INFLUENCE ON THE ECOLOGICAL ENVIRONMENT

Gladkov E.A., Zhigalov I.E.
Vladimir State University, isim@vlsu.ru

The ever-increasing congestion of city highways road transport and the difficulty of optimal control of traffic flows in the urban environment call for the need to develop and implement information systems that automate the regulation of road traffic. This task is especially urgent due to the negative impact of vehicles on the ecological environment of cities and the ability to significantly reduce the consequences of such influence.

The article is devoted to the development of an information system that performs the task of controlling and synchronizing the work of traffic lights in a given area of the urban environment in such a way as to reduce the time of passage of their trajectories by an array of cars.

The novelty of the developed system lies in the fact that it uses adaptive traffic light control with predicting the situation. Adaptive control here means a set of control methods that depend on changes in the parameters of the control object or external disturbances acting on the control object. In this case, the control object parameter will be traffic flow intensity. This system can not only monitor the road situation, but also predict it. In addition, traffic lights can be linked together in a single network, share data from different intersections and predict the traffic situation for a few minutes in advance to develop an efficient transport pass mechanism.

Thus, developed a prototype information system of regulation of road traffic with regard to the influence on the urban ecological environment. The system was tested on a model problem and has been shown its efficiency. The software system can be implemented in the city traffic control service.

О ФИЗИЧЕСКИХ ОСНОВАХ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ БИОЛОГИИ

¹Полунин И.Н., ¹Горст В.Р., ²Горст Н.А.

¹ ФГБОУ ВО «Астраханский государственный медицинский университет» Минздрава РФ, г.Астрахань, Россия, e-mail: poluninivan2017@yandex.ru; horst1955@mail.ru

² ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет», г.Астрахань, Россия, e-mail: nagorst@mail.ru

Современный период развития физиологической науки ознаменовался новыми достижениями благодаря использованию передовых методологических подходов. Многое достигнуто с применением нового теоретического осмысливания с позиций последних научных достижений теоретической и прикладной квантовой физики. Физиология является неотъемлемой частью биологических дисциплин и, как никакое другое научное направление, тесно переплетается со знаниями ньютоновской и квантовой физики. Например, движение заряженных частиц по структурам нервной системы сопровождается возникновением магнитных полей, которые определяют механизмы взаимодействия со всеми структурами собственного организма, выходя за их пределы в окружающую среду. Этот механизм дает возможность совершенно по-новому трактовать содержание процесса самого возбуждения в живых тканях, допускать наличие взаимосвязи с тонкоэнергетическими и квантовыми структурами окружающей среды. Данный механизм взаимодействия приводится только как один из примеров, имеющихся прямых и обратных связей возбудимых тканей и живых организмов в целом с окружающей средой обитания.

Для понимания физиологических механизмов очень важно знать фундаментальные природные явления. Так во время образования атомов в короне звезд и солнца, раз за разом электроны находят одни и те же орбиты вокруг образующихся ядер. Атомы снова и снова соединяются с образованием одних и тех же молекул. Снова и снова молекулы в гипертоническом растворе кристаллизуются в неизменные по форме кристаллы. Семена одного и того же вида растения год за годом рождают растения одинаковой формы. Поколения за поколением животных и человека рождают только себе подобные одни и те же виды. Формы повторяются и каждая следующая форма более или менее сходна с предыдущей. Это подтверждает наличие всеобщего природного закона тиражирования подобий. В основе этого закона лежит механизм морфического резонанса, относящегося к морфогенетическим полям.

Морфогенетические процессы, в особенности в живых организмах, продолжаются неопределенно долго, в бесконечно повторяющихся циклах роста и воспроизведения. Суть морфогенетических полей поддерживать вечно сохраняющиеся формы во Вселенной, а суть эволюции – в постепенном течении событий, уверенно рождать новые формы, накапливать их в природе. В результате этого процесса на Земле сформировалось бесконечное множество объектов в животном и растительном мире. Все вышеизложенное происходит благодаря непрерывному взаимодействию всех нам известных и пока еще неизвестных тонкоэнергетических, квантовых полевых структур Вселенной.

Благодаря быстрому развитию квантовой физики, физиологи не успевают осмысливать и применять ее достижения, чтобы объяснить и углубить понимание многих физиологических механизмов жизнедеятельности человека, его высшую психическую деятельность. В настоящее время нами многое пересмотрено, по-иному осмыслены основополагающие физиологические механизмы, например, как рождается разум и сознание. Если учитывать голографическое описание окружающей среды обитания человека, то нужно по-иному рассматривать память, а именно она объясняется как фиксация пройденного по принципу все во всем.

Многое еще необходимо пересмотреть и использовать в физиологии, в том числе, и в медицинской практике. Например, следует рассматривать механизмы положения человека в пространстве с учетом гравитации. Жизнь земных организмов происходит в условиях постоянного воздействия гравитационного поля нашей планеты. Это мощное природное воздействие сопровождает существа растительного и животного происхождения от момента зарождения до самого последнего дня существования. И только далеко за пределами Земли или на околоземной орбите сила гравитации может существенно снижаться или исчезать полностью. Морфофункциональное становление человека является ярким примером метаморфоз, происходящих со структурой и функцией организма под влиянием притяжения Земли. В утробе матери плод, окруженный водной средой, находится во взвешенном состоянии. Такое положение позволяет, в известной степени, снизить негативное влияние гравитационных сил за счет равномерного распределения давления на кожные покровы. Однако, несмотря на антигравитационное воздействие жидкой среды, кровотоку плода приходится преодолевать сопротивление, обусловленное притяжением Земли. В постнатальном периоде онтогенеза сила гравитации становится основополагающим фактором в процессе формирования опорно-двигательного аппарата. По своей сути скелет человека и мышечная система направлены на противодействие притяжению Земли, так как любое существо, находящееся на земной поверхности, развивается и приобретает форму в соответствии с направлением вектора гравитации.

На основе достижений современной науки разработаны методы позитронно-эмиссионной и магнитнорезонансной функциональной компьютерной томографии, дающей колоссальные возможности для изучения клеточных структур отдельных органов и тканей в организме. Передовые технологии позволяют вскрыть механизмы мыслительных и других когнитивных процессов человека, визуализировать физиологические функции.

Явление позитронной эмиссии – это исход из ядра позитронов, в котором нарушен баланс между позитроном и электроном. Позитрон после свободного пробега (1-10 мкм) взаимодействует со своей античастицей – электроном. При воссоединении позитрона и электрона выделяются два гамма-кванта, которые разлетаются в прямо противоположных направлениях под углом 180°. Это позволяет применить счетчики совпадения и по ним проводить компьютерный анализ. Применение этих методов позволит создать новое научное направление – прижизненную неинвазивную динамическую физиологию человека и внедрить ее в клиническую практику. Такие колоссальные перспективы развития получает биологическая наука в связи с развитием квантовой физики.

Физиология - это интегральная наука, включающая в себя материальное и идеальное. Достижения квантовой физики сблизили эти, казалось, несовместимые понятия. Уместно напомнить, что физиология неразрывно связана с химией, а также с классической и квантовой физикой живого. Человек вобрал в себя все законы и закономерности природы, поэтому он является частицей Вселенной.

И сегодня есть основание считать человека божественным созданием, а законы и закономерности природы – божественным началом.

Динамическое развитие точных наук, жизненные потребности естественно научных направлений создают необходимость тесного взаимодействия физиологов с физиками всех направлений.

Библиографический список

1. Диспенза, Джо. Сверхъестественный разум. Как обычные люди делают невозможное с помощью силы подсознания: [перевод с английского] / Джо Диспенза. – М.: Изд-во «Э», 2018. – 560 с.
2. Свааб, Дик. Мы – это наш мозг: От матки до Альцгеймера / Пер. с нидерл. Д.Л. Сильвестрова. – СПб.: Изд-во Ивана Лимбаха, 2017. – 544с.
3. Шабетник, В.Д. Фрактальная физика. Наука о мироздании / В.Д. Шабетник. – М., 2000. – 415 с.
4. Шелдрейк, Р. Новая наука о жизни. – М.: РИПОЛКЛАССИК, 2005. – 349 с.

ABOUT PHYSICAL BASICS OF FUNDAMENTAL BIOLOGY

¹Polunin I.N., ¹Gorst V.R., ²Gorst N.A.

¹Astrakhan State Medical University, Astrakhan, Russia, e-mail: poluninivan2017@yandex.ru; horst1955@mail.ru

²Astrakhan State University, Astrakhan, Russia, e-mail: nagorst@mail.ru

The new views on fundamental processes in living organisms from the positions of quantum physics and field structures of the universe.



ИССЛЕДОВАНИЯ СОВПАДЕНИЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ РИТМОВ И ПЕРИОДОВ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Грунская Л.В, Лукьянов В.Е., Лещев И.А., Сныгина И.А.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича
и Николая Григорьевича Столетовых, grunsk@vlsu.ru

Формирование биоритмов человека осуществлялось в процессе эволюции. Организм человека сформировался в условиях атмосферы Земли, электромагнитных полей Земли, земной гравитации и под действием внешних космических факторов: Солнце, Луна, космическая погода. Особое внимание необходимо уделить электромагнитному полю Земли, сформированному в резонаторе Земля-ионосфера и оказавшему сильнейшее влияние на сам организм человека, его основные физиологические особенности и на биоритмы человеческого организма.

Хотя биологические ритмы и являются эндогенными, некоторые ученые считают, что они формировались в процессе эволюции под влиянием космической ритмики, которая опосредуется, главным образом, через ритмические вариации естественных электромагнитных полей низких и сверхнизких частот. Кроме того, ритмические колебания электромагнитного фона окружающей среды выступают, при уже сформированных ритмах, в качестве наиболее важных датчиков времени, причем для синхронизации достаточно очень слабого сигнала: происходит «затягивание» или «захват» близкой частоты. Поэтому периодичность процессов в живых организмах рассматривается как отзвук периодичности макромира.

На кафедре общей и прикладной физики Владимирского государственного университета с 2000 года осуществляются работы по изучению взаимосвязи геофизических факторов (электрическое поле, геомагнитное поле, метеопараметры) и показателей здоровья человека, в том числе биоритмов человека. Исследования взаимосвязи обращаемости детей с заболеваниями органов дыхания с геофизическими характеристиками осуществлялись с использованием баз данных Управления Роспотребнадзора по Владимирской области и баз данных результатов мониторинга электрического поля, температуре воздуха, атмосферному давлению и относительной влажности физического экспериментального полигона ВлГУ [1-4]. Подробно эти данные будут представлены во второй части данной монографии. Совпадение биологических ритмов и периодов геофизических процессов, проанализированное нами по результатам исследования биоритмов и геофизических ритмов, представлено на рис. 1.

Инфракрасный диапазон электрического поля Земли природного происхождения привлекает внимание не только радиофизиков, но и биофизиков, так как затрагивается зона частотного диапазона функционирования ряда физиологических процессов в организме человека. Согласно теоретическим и экспериментальным данным, в резонаторе Земля – ионосфера при спокойном состоянии Солнца присутствуют резонансные частоты, равные 8, 14, 20, 26 и 32 Гц. Шумановские волны с основной частотой 7,8 Гц, имеющие 24-часовую

гармонику, влияют на циркадианный ритм организма. Они содержат также большое число высших гармоник, на которые реагирует вегетативная нервная система. В эту же полосу частот входят основные ритмы электроэнцефалограммы, в том числе альфа-ритм.

С использованием айгеноскопии — анализа амплитудных спектров собственных векторов матриц вторых начальных смешанных моментов на конечном интервале анализа (матриц плотности) многолетних временных рядов напряженности электрического поля Земли и геомагнитного поля инфразвукочастотного диапазона выявлены значимые по амплитуде компоненты вертикальной составляющей напряженности электрического поля Земли, напряженности геомагнитного поля, спектрально локализованные на частотах, соответствующих ряду биологических циклов. На рис. 2-6 представлены примеры сигналов, выделенных в электрическом поле и геомагнитном поле инфразвукочастотного диапазона на частотах ряда биофизических циклов.

Геофизические ритмы	Период	Частота, Гц	Биофизические ритмы	Период	Частота, Гц
Солнечно-суточный ритм	24 ч	$1,157407 \cdot 10^{-5}$	Сон/пробуждение Метаболическая активность Накопление и выведение	24 ч	$1,157407 \cdot 10^{-5}$
Период вращения солнца	27 суток	$4,28632662 \cdot 10^{-7}$	27-дневная цикличность в показателях смертности от некоторых заболеваний, сопряженная с магнитной возмущенностью	27 суток	$4,28632662 \cdot 10^{-9}$
Новолунье и полнолуние	14,75 суток	$7,84682988 \cdot 10^{-77}$	Обострение эпилепсии, увеличение приступов Обострение сомнамбулизма	14,75 суток	$1,96155355 \cdot 10^{-77}$
(Синодический период + Сидерический период) $2 \cdot 10 = 10T_2$	284,261 суток	$4,07163630 \cdot 10^{-8}$	Перинатальный период, в огромном большинстве случаев	284,261 суток	$4,07163630 \cdot 10^{-8}$
Колебания оси вращения Земли	7 лет	$4,52696637 \cdot 10^{-9}$	Заболеваемость и обострения течения шизофрении показывают тенденцию к повторению Творческая активность человека	5-10 лет	$6,3419584 \cdot 10^{-9}$ $1,26839168 \cdot 10^{-13}$
Период смены фаз Луны	29,5 суток	$3,9231071 \cdot 10^{-7}$	28-суточная периодичность в обострении неврологических заболеваний, течении маниакально-депрессивных психозов, приступов эпилепсии, мигрени, неврастении, периодических параличей, истерических приступов, явлений алкогольного запоя	28 суток	$4,13359788 \cdot 10^{-77}$
Период обращения Луны вокруг Земли	27,3 суток	$4,23958757 \cdot 10^{-7}$	Структура цикличности коклюша	11,2 года	$2,83123143 \cdot 10^{-79}$
Цикл геомагнитной возмущенности	11,7 лет	$2,70855905 \cdot 10^{-10}$			
Полярное сияние – циклическое явление, которое доходит до своего пика каждые 11 лет	11 лет	$2,88101412 \cdot 10^{-9}$	Женский биологический цикл	28-35 суток	$4,45156695 \cdot 10^{-77}$ $3,30687831 \cdot 10^{-77}$
Период смены фаз Луны	29,5 суток	$3,9231071 \cdot 10^{-7}$			
Период обращения Луны вокруг Земли	27,3 суток	$4,23958757 \cdot 10^{-7}$			
Цикл солнечной активности	11 лет	$2,88101412 \cdot 10^{-9}$			
Основной период колебаний конвективной зоны Солнца, изменение напряженности общего поля Солнца	22 года	$1,44135418 \cdot 10^{-9}$			
Колебания среднегодовых температур	14 лет	$2,26498514 \cdot 10^{-9}$			

Рисунок 1 – Совпадение биологических ритмов и периодов геофизических процессов

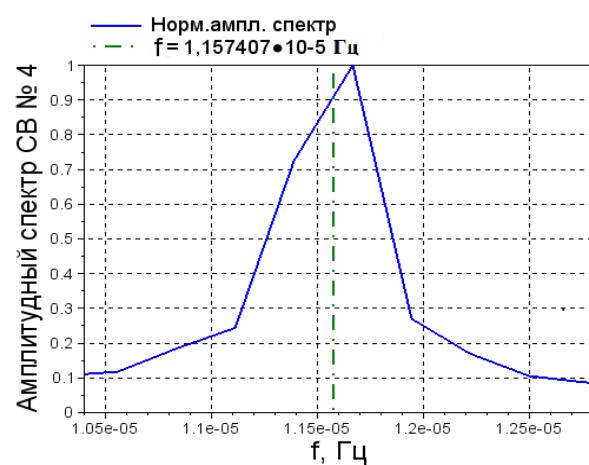
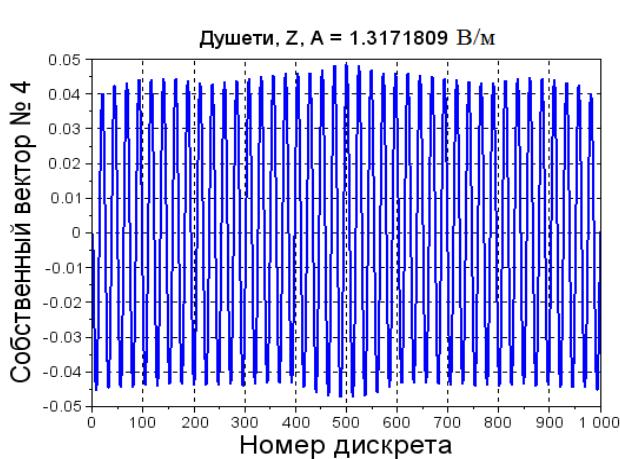


Рисунок 2 – Амплитудный спектр (справа) собственного вектора (слева) на частоте биофизического цикла сон/пробуждение и метаболическая активность ($F=1,157407 \cdot 10^{-5}$ Гц). База данных электрического поля станции Душети

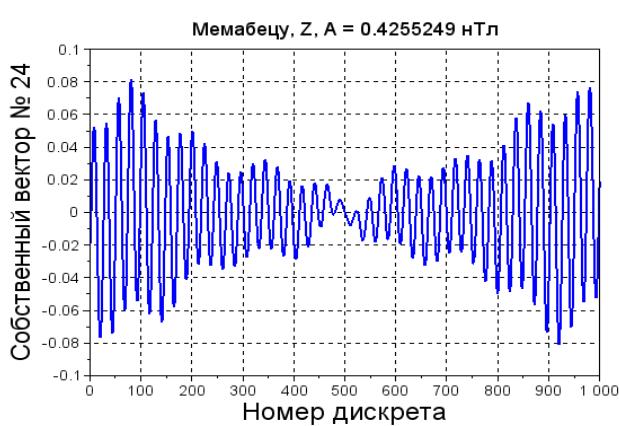


Рисунок 3 – Амплитудный спектр (справа) собственного вектора (слева) на частоте биофизического цикла сон/пробуждение и метаболическая активность ($F=1,157407 \cdot 10^{-5}$ Гц). База данных геомагнитного поля станции Мемамбецу

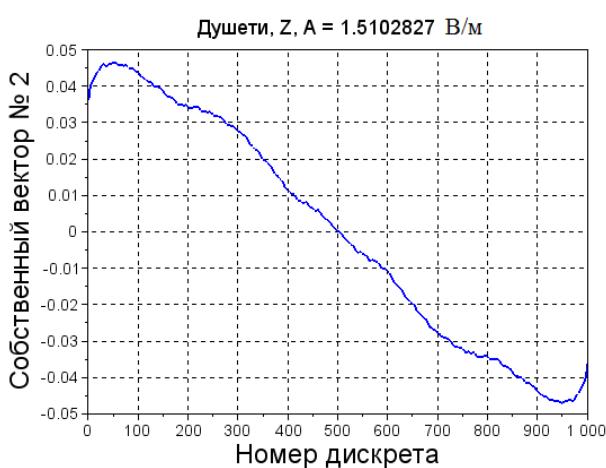


Рисунок 4 – Амплитудный спектр (справа) собственного вектора (слева) на частоте биофизического цикла обострения эпилепсии, увеличение припадков ($F=1,96155355 \cdot 10^{-7}$ Гц). База данных электрического поля станции Душети

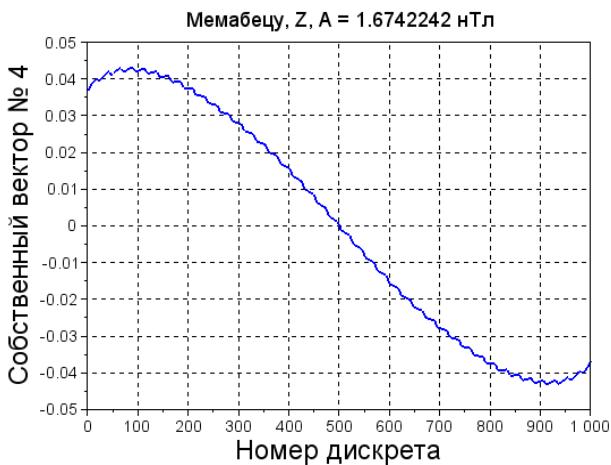


Рисунок 5 – Амплитудный спектр (справа) собственного вектора (слева) на частоте биофизического цикла обострения эпилепсии, увеличение припадков ($F=1,96155355 \cdot 10^{-7}$ Гц). База данных геомагнитного поля станции Мемамбецу

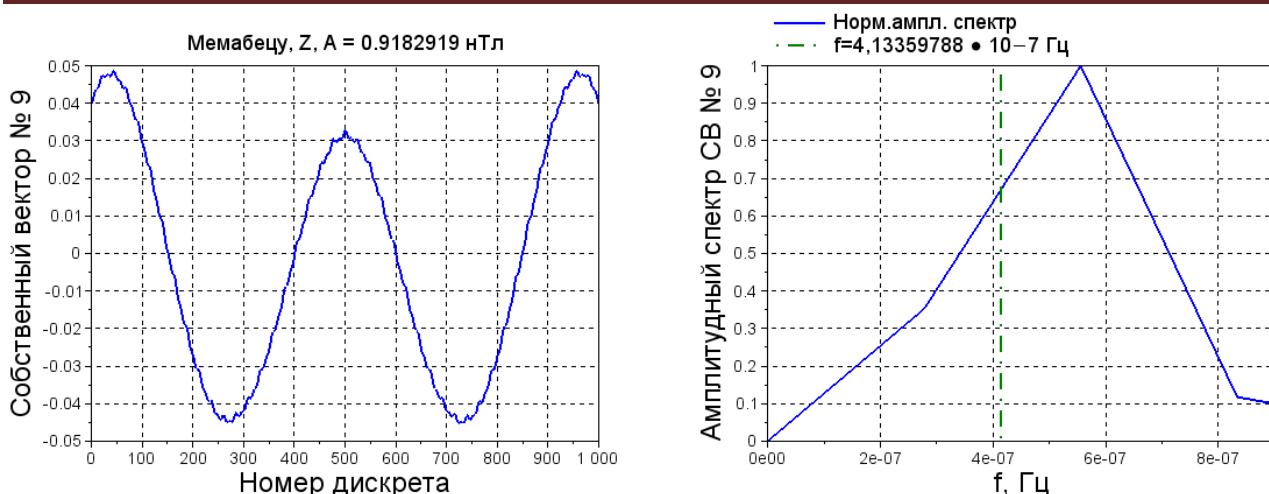


Рисунок 6 – Амплитудный спектр (справа) собственного вектора (слева) на частоте биофизического цикла 28-суточной периодичности в обострении неврологических заболеваний, течении маниакально-депрессивных психозов, приступов эпилепсии, мигрени, неврастении, периодических параличей, истерических припадков (F=4,13359788 · 10⁻⁷ Гц). База данных геомагнитного поля станции Мемамбецу

Библиографический список

1. Грунская, Л.В. Влияние геофизических характеристик пограничного слоя атмосферы на некоторые показатели здоровья населения/ Л.В. Грунская, В.Н. Буренков, И.А. Лещев, Л.Т. Сушкова, Е.Г. Рыжова, М.И. Дегтерева//Биотехносфера.- 2011. - №5. - С.59-65.
2. Грунская, Л. В. Мобильный приемно-регистрирующий комплекс для мониторинга электромагнитного поля приземного слоя атмосферы / Л. В. Грунская [и др.] // Проектирование и технология электронных средств. – 2005. – № 2. – С. 69 – 74.
3. Грунская, Л.В. Программно-аппаратный комплекс исследования электромагнитных полей пограничного слоя атмосферы / Л.В. Грунская, В.В. Исакевич, А.А. Закиров, Д. В. Рубай, Д. В. Исакевич, А.С. Батин // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. №6.- С.42-47.
4. Широбоков, А.В. Влияние геофизических факторов на здоровье человека / А.В. Широбоков, И.А. Лещев, Л.В. Грунская, В.Н. Буренков, Е.Г. Яскин, А.И. Ершов // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2012. - №6.-С.62-66.

RESEARCH MATCHES BIOLOGICAL RHYTHMS AND PERIODS OF GEOPHYSICAL PROCESSES

Grunskaya L.V., Lukyanov E. V., Leshchev I. A., Snygina I. A.

Vladimir state University named Alexander Grigorievich and Nicholas Grigorievich Stoletovs, grunsk@vlsu.ru

Since 2000, the Department of General and applied physics of Vladimir state University has been studying the relationship of geophysical factors (electric field, geomagnetic field, meteorological parameters) and human health indicators, including human biorhythms. Using agroscope analysis of the amplitude spectra of the eigenvectors of the matrices of mixed second initial moments on a finite interval analysis (matrix density) multi-year time series of the electric field of the Earth and the geomagnetic field for infralow-frequency range revealed significant amplitude components of the vertical component of the electric field of the earth, the intensity of the geomagnetic field, spectrum localized at frequencies corresponding to a number of biological cycles.

ХАРАКТЕРИСТИКИ СНА СТУДЕНТОВ-МЕДИКОВ И СОДЕРЖАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В ВОЛОСАХ

Залата О.А., Богданова А.М., Евстафьева Е.В., Жукова А.В., Кашкá Л.Р.
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», olga_zalata@mail.ru

Известно, что состояние здоровья человека тесно связано с качеством его ночного сна, а сон, в свою очередь, считается одним из маркеров нормальной функциональной активности центральной нервной системы (ЦНС). Великий ученый-физиолог, академик, первый русский нобелевский лауреат в области медицины и физиологии И.П. Павлов считал, что сон является сплошным внутренним торможением, которое распространяется по полушариям головного мозга, спускаясь в некоторые его нижележащие отделы [7]. На современном этапе развития психофизиологии сон рассматривается как особая форма деятельности ЦНС.

Процесс смены активности на состояние сенсорного покоя и отсутствия сознания состоит из разных фаз, различия и смена которых характеризуются чередованием возбуждения и торможения в структурах головного мозга, взаимосвязаны с секрецией нейромедиаторов (ацетилхолина, допамина, серотонина, ГАМК, мелатонина).

Человеческий организм является сложноорганизованной системой, регуляция которой осуществляется на разных уровнях. Известно, что помимо нервной и эндокринной систем, гомеостаз поддерживается при помощи различных химических элементов, концентрации которых колеблются от значительных до крайне низких. Например, двухвалентные металлы, относящиеся к микроэлементам (МЭ) – железо и кобальт принимают участие в синтезе нейромедиаторов, необходимых в регуляции фаз сна [6]. Можно предположить, что дисбаланс этих МЭ может привести к нарушению этого жизненно важного процесса. Физиологическая значимость влияния ртути на организм человека продолжает активно изучаться [2], хотя ее нейротоксические свойства известны достаточно хорошо [11].

Интенсивность учебного процесса, нарушенный режим питания, частые эпизоды психоэмоционального напряжения у студентов могут способствовать как нарушению элементного баланса организма, так и изменениям качества сна [4]. Исходя из этого, можно предположить, что концентрации железа, кобальта и ртути могут быть функционально значимыми для механизмов сна.

Материалы и методы

С соблюдением биоэтических норм была выполнена процедура индивидуального тестирования студентов второго и третьего курса Медицинской академии им. С.И. Георгиевского. Группу составили 74 практически здоровых студентов-медиков, постоянно проживающих в г. Симферополе (девушки 43, юноши 31; средний возраст $19,0 \pm 0,1$ лет). Работа была проведена в соответствии с положениями Хельсинкской Декларации (1975, позднейшие редакции 1996–2013): от всех субъектов, участвующих в исследовании, было получено предварительное письменное информированное согласие (протокол Биоэтического заключения №5 от 19 февраля 2015 г.).

Субъективные характеристики качества сна были получены с помощью Питтсбургского теста индекса качества сна (Pittsburgh Sleep Quality Index–PSQI). Для настоящей работы был использован перевод оригинального теста PSQI с английского на русский язык, выполненный в Центре клинической хрониологии (перевод Е.А. Семенова, К.В. Даниленко. Новосибирск, 2009 г.). По мнению авторов оригинального теста клинические свойства PSQI свидетельствуют о его полезности как в психиатрической клинической практике, так и в исследовательской деятельности [7]. Девятнадцать вопросов формируют семь «компонентов» качества сна, сумма баллов для которых дает общий балл – индекс качества сна.

Уровень личностной (ЛТ) и ситуативной (реактивной) тревожности (СТ) у студентов определили с помощью опросника Спилбергера-Ханина. Значения дневной сонливости устанавливали с помощью шкалы дневной сонливости Эпворта (ESS). Она представляет собой серию вопросов, которые широко используются в изучении воздействия ночного сна на дневной образ жизни. Тест был создан в 1990 году австралийским ученым Dr. Murray Johns для определения уровня сонливости в разных ситуациях. Эта шкала имеет высокий уровень чувствительности для определения различных нарушений сна: бессонница, апноэ во сне, нарколепсия. Индекс выраженности бессонницы или индекс тяжести инсомнии (ИТИ, Insomnia Severity Index, ISI, Bastien et al., 2001, Savard et al., 2005 г.) применяется для субъективной оценки тяжести инсомнии и состоит из 7 пунктов, оцениваемых по шкале Ликерта от 0 до 4 баллов. Тест признан высокоспецифичным (95,2%) и чувствительным.

Анализ элементного состава в волосах осуществляли при помощи двух методик: содержание кобальта и железа оценивали при помощи инструментального нейтронно-активационного анализа с облучением тепловыми нейтронами. Содержание ртути в волосах определяли атомно-абсорбционным методом с использованием анализатора ртути с зеемановской коррекцией неселективного поглощения «РА-915М», пиролитической приставки «ПИРО-915+» и пакета программ RA915P. Данные методики были реализованы в лаборатории ядерно-геохимических методов исследования кафедры геэкологии и геохимии Томского политехнического университета.

Перед статистической обработкой производили проверку данных на характер распределения по критериям Колмогорова-Смирнова и Лиллифорса. Поскольку исследуемые показатели не соответствовали нормальному закону распределения, для анализа использовали медианы (Мe) и величины интерквартильного размаха (р25%; р75%). Отличия между групповыми показателями определяли с помощью критерия Манна-Уитни (U). Взаимосвязь показателей тревожности и качества сна устанавливали с помощью корреляционного анализа по Спирмену (r_s), при этом статистически достоверным принимали уровень различий при $p < 0,05$ (программа «Statistica» 8.0).

Результаты и их обсуждение

Внутригрупповой анализ показателей качества ночного сна демонстрировал некоторые особенности по длительности засыпания и длительности сна. Это выражалось в том, что длительность засыпания соответствовала норме лишь у 39 %, а длительность сна – у 34% респондентов, в то время как время засыпания и время пробуждения находились в рамках рекомендованных значений у половины опрошенных.

В таблице представлены показатели качества ночного сна и дневной сонливости студентов-медиков, полученные с помощью психологического тестирования (табл. 1).

Таблица 1 – Характеристики качества ночного сна студентов-медиков (n=74)

Показатели качества сна	Медиана	p25	p75
Время засыпания, часы, мск	23:00	22:00	23:30
Длительность засыпания, мин.	15	5	20
Длительность сна, часы	6	6	7
Время пробуждения, часы, мск	6:50	6:00	7:00
c1 (субъективное качество сна)	1,0	1,0	1,0
c2 (латентность сна)	1,0	0,0	2,0
c3 (продолжительность сна)	1,0	1,0	2,0
c4 (эффективность сна)	3,0	3,0	3,0
c5 (нарушение сна)	1,0	1,0	1,0
c6 (прием снотворных)	0,0	0,0	0,0
c7 (дневная дисфункция)	1,5	1,0	2,0
Индекс качества сна	8	7	10
Уровень дневной сонливости	8	6	11
Индекс выраженности бессонницы	6	4	10

Примечание: жирным шрифтом выделены значения для высоких значений компонент сна и индекса качества сна.

Данные, представленные в таблице, демонстрируют, что за пределы рекомендованной нормы выходили следующие показатели: c4 (эффективность сна) и индекс качества сна, то есть интегральный показатель его качества. Важно отметить, что уровень c7 (дневная дисфункция сна) превышал нормативные значения у части когорты (p75). Несмотря на то, что медианы показателей дневной сонливости и индекса выраженности бессонницы соответствовали нормальным значениям, величины их 75-х перцентелей выходили за пределы нормы, что может являться признаком сложившихся нарушений сна у части группы, а также повышением уровня выраженности признаков бессонницы.

Таблица 2 – Содержание ртути, кобальта и железа в биологически стабильной ткани (волосы) студентов-медиков (n=74)

Химические элементы	мкг/г		
	Медиана	p25	p75
Железо	300	300	1498
Кобальт	0,31	0,17	0,49
Ртуть	0,07	0,02	0,02

Анализ содержания МЭ в волосах студентов показал, что у 55% из группы имел место дефицит железа, у остальной части выборки его содержание было в норме. Так, нормальный уровень железа наблюдался у 45% респондентов ($853,6 \pm 675,2$ мкг/г). В отличии от железа, у обследованных нами студентов не обнаруживался дефицит кобальта – его количество находилось в пределах наиболее часто встречаемых значений на территории РФ, за исключением p75 (0,49 мкг/г). Количество ртути также находилось в пределах референтных значений для такой ткани как волосы (условная норма 0,0-5,0 мкг/г).

Множество процессов в организме человека зависят от наличия так называемых эссенциальных элементов, даже если они находятся в следовых концентрациях, например, таких как железо (Fe) и кобальт (Co) [6]. Известно, что значение этих МЭ для организма человека определяется их участием в эритропоэзе. Кобальт повышает усвоение железа и улучшает синтез гемоглобина. Железо, в свою очередь, влияет на метаболизм витаминов группы В, в качестве рибонуклеотид-редуктаз участвует в синтезе ДНК, обеспечивает активность интерферона и клеток-киллеров, тем самым увеличивая активность иммунитета. Достоверно установлено, что железо участвует в обезвреживании чужеродных для организма элементов, а его недостаточность или дисбаланс способствуют накоплению в нервной системе таких металлов как марганец, медь, кобальт, кадмий, алюминий [9]. Дефицит железа, который был установлен у 55% респондентов, вызывает нарушение продукции нейромедиаторов, может быть причиной дневной усталости и сонливости [6].

Кобальт активизирует эритропоэз, входит в состав миелиновой ткани в периферической нервной системе, препятствует развитию атеросклероза, уменьшая количество липопротеинов низкой плотности, повышает фагоцитарную активность лейкоцитов. В экспериментальных работах на амфибиях показано, что сосудистые реакции, возникающие после введения в общий кровоток ацетилхолина и адреналина, под влиянием ионов кобальта ослабевают, то есть кобальт оказывает холино- и адренолитическое действие [8].

Ртуть позиционируют как глобальный загрязнитель биосфера. Нельзя не отметить, что на территории Крымского полуострова существуют природные и техногенные источники поступления ртути в биосферу [2], потому изучение распространенности ртути в экосистемах и ее эндогенного содержания в организме человека приобретает все большую актуальность и значимость. Еще более важным является исследование воздействия ртути на функциональное состояние ЦНС человека. В литературе известны и описаны эффекты влияния ртути на нервную систему детей и взрослых [3], а в ранее выполненных в Республике Крым работах было показано, что при обнаружении повышенного содержания ртути в организме, даже в пределах нормы, в большей степени были выражены враждебность, нейротизм и в меньшей психическая устойчивость и чувство неполноценности у подростков [2].

Для установления физиологической значимости МЭ, был выполнен корреляционный анализ между показателями качественных характеристик сна и содержанием железа, кобальта и ртути (рис 1.).

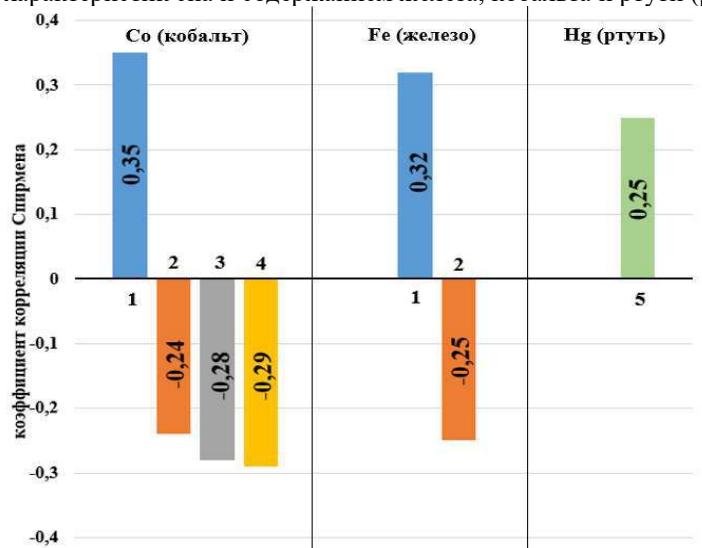


Рисунок 1 – Корреляционные связи качественных характеристик сна (1 – время пробуждения; 2 – индекс качества сна; 3 – к4; 4 – к3; 5 – дневная сонливость) с содержанием в волосах студентов железа, кобальта и ртути.

По количеству корреляционных связей с показателями сна кобальт оказался более физиологически значимым для качественных характеристик сна тестированных студентов, чем железо и ртуть: $Co(4) \geq Fe(2) \geq Hg(1)$. Была установлена тесная и достоверная взаимосвязь между содержанием железа и кобальта в волосах респондентов ($r=0,61$, $p=0,000$), что позволяет судить о синергии между данными МЭ.

ВЫВОДЫ

1. Результаты психологического тестирования показали, что длительность ночного сна у большей части студентов является недостаточной, уровень дневной сонливости превышает границу рекомендуемых значений у части группы ($p75$).
2. Анализ содержания микроэлементов выявил дефицит железа у 55% респондентов. Концентрации ртути и кобальта в волосах соответствовали границам референтных значений.
3. Были выявлены единичные, слабые, но достоверные связи между содержанием железа, кобальта, ртути в волосах студентов и характеристиками сна. Характер связей дает основание полагать, что у субъектов с дефицитом железа и кобальта можно ожидать ухудшение качественных характеристик сна, а увеличение эндогенного содержания ртути может оказывать влияние на усиление сонливости.

Настоящее исследование было выполнено при поддержке Программы развития федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского» на 2015-2024 годы по проекту «Сеть академической мобильности «Академическая мобильность молодых ученых России» в 2017 году в ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Библиографический список

1. Биоэлементный статус населения Беларуси: экологические, физиологические и патологические аспекты / Под ред. Н.А. Гресь, А.В. Скального. Минск: Харвест, 2011. 352 с.
2. Евстафьева И.А. Особенности функционального состояния центральной нервной и сердечно

сосудистой систем в связи с содержанием тяжелых металлов в организме подростков: дис. ... канд. биол. наук:03.00.00 / Евстафьева Ирина Андреевна. 2003. – 130 с.

3. Жукова А.В., Кашкá Л.Р., Богданова А.М. Содержание эссенциальных элементов и качество ночного сна у студентов-медиков // Материалы 90-й Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Теоретические и практические аспекты современной медицины» 19 апреля 2018 г. Симферополь. Издательство Медицинской академии им. С.И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского", 2018. – С. 529-530.

4. Залата О.А. Качество сна и тревожность у студентов-медиков в начале и конце учебного года // Крымский журнал экспериментальной и клинической медицины 2017. Т. 9, №3. – С. 22-28.

5. Кашкá Л.Р., Жукова А.В., Богданова А.М., Залата О.А., Евстафьева Е.В. Влияние эндогенного содержания ртути на качественные характеристики сна и свойства личности студентов-медиков // Материалы Всероссийского симпозиума с международным участием «Стресс: физиологические эффекты, патологические последствия и способы их предотвращения», 10–13 октября 2017 г. Санкт-Петербург. СПб.: Ин-т физиологии им. И.П. Павлова РАН, Издательство «ЛЕМА», 2017. – С.137-139.

6. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроэлементозы человека: этиология, классификация, органопатопатология. АМН СССР. М.: Медицина, 1991. 496 с.

7. Павлов И. П. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. Иван Павлов. Москва : Издательство «Э», 2017. 480 с.

8. Райцес В.С. Нейрофизиологические основы действия микроэлементов. Л.: Медицина, 1981. 152 с.

9. Ребров В.Г., Громова О.А. Витамины, макро- и микроэлементы. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. 960 с.

10. Buysse, D.J., Reynolds, C.F., Monk, T.H., Berman, S.R., Kupfer, D.J. The Pittsburgh Sleep Quality Index: A New Instrument for Psychiatric Practice and Research. // Psychiatry Research. 1989; 28:193-213. doi.org/10.1016/0165-1781(89)90047-4.

11. Rice K.M., Walker E.M., MiaoZong Wu, Gillette C., Blough E.R. Environmental Mercury and Its Toxic Effects // J. Prev. Med. PublicHealth. 2014 Mar; 47(2): 74–83. doi:10.3961/jpmph.2014.47.2.74.

THE SLEEP CHARACTERISTICS OF MEDICAL STUDENTS AND THE CONTENT OF CHEMICAL ELEMENTS IN HAIR

Zalata O.A., Bogdanova A.M., Evstafeva E.V., Zhukova A.V., Kashka L.R.

“V.I. Vernadsky Crimean Federal University” Medical Academy named after S.I. Georgievsky¹,
olga_zalata@mail.ru

With the help of psychological testing studied the quality of sleep, and the number of its subjective characteristics. The content of cobalt and iron in the hair have been evaluated by means of instrumental neutron activation analysis with irradiation with thermal neutrons; the content of mercury have been determined by atomic absorption method. It was defined the duration and characteristics of sleep were often below the limits of the conditional norm. There was determine the correlation between the content of these metals and the sleep characteristics.



ОСОБЕННОСТИ МЕТЕОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ ВЫСШИХ ПСИХИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ У СТУДЕНТОВ РАЗНОГО ПОЛА

Залата О.А.¹, Щеголева М.Г.², Глушак Д.Н.¹, Кондакова Ю.М.¹

ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского», Медицинская академия им. С. И. Георгиевского,
Физико-технический институт² olga_zalata@mail.ru

На сегодняшний день большинство ученых и жителей Земли признают экологические проблемы главными проблемами современности. Они достигли исключительного масштаба и затрагивают практически все страны мира, – отмечено во вступлении к Киотскому протоколу, к которому присоединилась Российская Федерация. Климатические и экологические изменения на планете представляют опасность не только для сельского хозяйства и мегаполисов, но и для психического здоровья человека – так утверждает периодический журнал Huffington Post. Американская психологическая ассоциативная группа и ряд экологов ЭкоАмерика представили совместно созданный отчет, с подробным описанием воздействия глобальных климатических изменений на человеческую психику. Отчет опубликован под названием «Состояние психики и современный меняющийся климат: воздействие, последствия и советы» (2015). В нем специалисты обсуждают свои выводы относительно того, что многие жители планеты подвергаются влиянию климата и экологии, что приводит к стрессовым нагрузкам, тревожности, беспокойству, депрессивным состояниям.

Воздействие климата может оказывать влияние на самочувствие человека через метеофакторы, которые включают в себя комплекс физических условий: атмосферное давление, влажность, движение воздуха, концентрацию кислорода, степень возмущения магнитного поля Земли, уровень загрязнения атмосферы. Хотя на человека влияет климат в целом, в определенных условиях ведущую роль могут играть отдельные метеорологические факторы. Следует отметить, что влияние климата на состояние организма определяется не

столько абсолютными величинами метеоэлементов, свойственному тому или другому типу погоды, сколько не периодичность колебаний климатических воздействий, являющихся в связи с этим неожиданными для организма.

Еще в Древней Греции Гиппократ регулярно проводил наблюдения за изменениями погоды и впервые отметил метеозависимость – сезонное чередование обострений различных недугов. В своих книгах об эпидемических заболеваниях описание каждой болезни он начинает с влияния на нее погодных условий. В 20-м веке, согласно данным Всемирной метеорологической организации (ВМО), наблюдалось значительное повышение температуры на Земле, за 100 лет она возросла на 0,4–0,8 С. В конце 1990х – начале 2000 гг. темпы роста ускорились, последние несколько лет были самыми теплыми за все время измерения средней температуры на планете. Рекордные показатели отмечались в 1998, 2001 и 2004 г.

Проблема климатической неустойчивости актуальна для Крымского полуострова ввиду характерных признаков континентального климата и одновременно резких изменений погоды, а также учащением наблюдающихся аномальных погодных явлений (волны жары). В наших предыдущих исследованиях по этой проблеме было показано, что наиболее чувствительными характеристиками психофизиологического статуса студентов к метеофакторам в зимнее время, без учета пола, были показатели внимания, но не психоэмоциональные критерии, а более значимыми метеофакторами температура воздуха, скорость ветра и облачность [1], также нами была проанализирована реакция психоэмоциональных показателей и тревожности студентов-медиков в период аномальных волн жары в сентябре 2017 года [2, 3]. Исследования влияния погодных факторов на когнитивные функции учащейся молодежи, как категории риска, особенно важны ввиду напряженного графика обучения в вузах [6]. В настоящее время мониторинговое исследование влияния метеофакторов на состояние высших психических функций студентов-медиков на базе лаборатории клинической физиологии и экологических рисков кафедры нормальной физиологии Медицинской академии им. С.И. Георгиевского продолжаются.

Материалы и методы

С соблюдением биоэтических принципов тестировали 41 студента второго курса Медицинской академии им. С.И. Георгиевского (24 девушки и 17 юношей), средний возраст ($18,46\pm0,13$) лет. Для оценки состояния произвольного внимания и работоспособности применили когнитивные таблицы Шульте и корректурную пробу Анифимова-Бурдона. Рассчитывали ряд интегральных показателей произвольного внимания, полученных с помощью таблиц Шульте: эффективность работы (ЭР), врабатываемость (ВР), психическую устойчивость (ПУ). Для корректурной пробы рассчитывали значения продуктивности внимания с учетом абсолютного количества знаков (ПВ), продуктивность внимания в баллах (ПВ, б), точность внимания в процентах (ТВ, %), оценку точности в баллах (ТВ, б), оценку устойчивости внимания в баллах (УВ, б) [4, 5]. Состояние психоэмоциональной сферы оценивали с помощью теста САН (самочувствие, активность, настроение). Физические метеопараметры в дни и часы тестирования фиксировались по метеосводкам интернет ресурса (<https://tr5.ru>). Изучали динамику атмосферного давления на уровне метеостанции (Р), атмосферного давления на уровне моря (Ро), температуру воздуха в течение дня (Т), минимальные и максимальные значения температуры (T_{max}, T_{min}), влажность воздуха (U), скорость ветра (Ff), облачность (N). Опрос респондентов и фиксация показателей погоды были выполнены в утренние часы с 09.02. по 16.02. 2018 г. и с 26.02 по 06.03. 2018 г. Ориентировались на величины оптимумов метеофакторов при выполнении легкой работы, не оказывающие негативного влияния на состояние здоровья человека, в том числе и психофизиологический статус: T= 20-23С, U=40-60%, Ff= 0,3-0,5 м/с. Статистический анализ данных осуществляли с помощью методов непараметрической статистики: медианы (Me); перцентили (p25, p75), критерий Вилкоксона (W), критерий Манна-Уитни (U), корреляционный анализ по Спирмену (r), программа Statistica 8,0.

Результаты и их обсуждение

Полуостров Крым расположен в умеренном климатическом поясе с частичным проявлением субтропического климата в зоне южного берега Крыма (ЮБК). Годовое изменение температуры воздуха в Крыму почти совпадает с изменением притока солнечной радиации. Среднемесячные температуры воздуха в основном изменяются с севера на юг, за исключением ЮБК, где изменение происходит к востоку и к западу. Чаще всего наиболее холодным месяцем является январь или февраль, особенно на морском побережье. При этом среднемесячная температура воздуха в Крыму в феврале составляет 3 С° и колеблется от -20.8 С° до +12.1 С° (рис.1). В течение года средняя температура воздуха составляет 11,9 С°. Самыми холодными месяцами считаются – январь и февраль, со средней температурой 0,6 С°, а самым теплым месяцем считается август, когда столбик термометра в среднем поднимается до 24 С°.



Рисунок 1 – Динамика средней температуры воздуха на Крымском полуострове в феврале

В течение года в Крыму преобладает северо-восточный ветер. Усредненный показатель скорости ветра в течение года составляет 4,8 м/с. Самым спокойным месяцем является июль, а самым ветреным февраль.

Среднемесячное атмосферное давление в Крыму в феврале составляет 764 мм.рт.ст., а влажность воздуха 83% (рис.2).



Рисунок 2 – Динамика средних величин атмосферного давления воздуха и влажности на Крымском полуострове в феврале

В период первой серии нашего наблюдения (с 09.02. по 16.02. 2018 г.) за показателями психофизиологического статуса студентов-медиков медианы метеофакторов составили: $T=0,50^{\circ}\text{C}$; $P=761,5$ мм.рт.ст.; $Po=744,0$ мм.рт.ст.; $U=95\%$; $Ff=3,0$ м/с; $N=100\%$. Во время второй серии наблюдения (с 26.02 по 06.03. 2018 г.) метеофакторы изменились: $T= -2,8^{\circ}\text{C}$ ($p=0,0001$); $P=761,0$ мм.рт.ст. ($p>0,05$); $Po=745,0$ мм.рт.ст. ($p>0,05$); $U=82\%$ ($p=0,0001$); $Ff=10,0$ м/с ($p=0,0001$); $N=100\%$ ($p>0,05$). Таким образом, в разные серии мониторингового наблюдения достоверно отличались скорость ветра, температура воздуха и его влажность.

Медианы показателей произвольного внимания респондентов, полученные с помощью таблиц Шульте в обе серии тестирования, соответствовали возрастной норме. Однако, при повторном тестировании юношей достоверно лучшим было время прохождения ими Т4 ($p=0,006$) и их ПУ ($p=0,01$) в таблицах Шульте, а у девушек – ВР ($p=0,02$). Для корректурной пробы достоверная разница показателей была выявлена у юношей для ПВ(б) ($p=0,0006$) и у девушек для ПВ ($p=0,001$) и ПВ(б) ($p=0,000$), а также ТВ% ($p=0,004$). То есть, студенты демонстрировали улучшение показателей произвольного внимания и работоспособности, но у юношей в динамике достоверно лучше были показатели психической устойчивости, а у девушек в динамике улучшалась врабатываемость. Состояние психоэмоциональной сферы респондентов за время наблюдения также существенно изменилось. Так, у тестируемых достоверно лучшими были значения показателей самочувствия ($p=0,001$ у юношей; $p=0,005$ у девушек) и настроения ($p=0,0003$ у юношей; $p=0,001$ у девушек).

Межполовой анализ данных произвольного внимания показал достоверные отличия по полу для Т4 ($p=0,01$) и ЭР ($p=0,004$) по таблицам Шульте и ПВ ($p=0,002$), ПВ(б) ($p=0,000$) и оценки УВ ($p=0,02$) по данным корректурной пробы. У девушек достоверно лучшим было время прохождения 4-й таблицы Шульте и ЭР, а у юношей были достоверно лучшими показатели корректурной пробы для продуктивности и устойчивость внимания.

Для установления взаимосвязи между показателями высших психических функций студентов разного пола и величинами метеофакторов выполнили корреляционный анализ. Как показали результаты данных первой серии наблюдения, у юношей обнаружилась зависимость показателей произвольного внимания от двух метеофакторов (7 корреляций). Значимое влияние по числу взаимосвязей оказывали скорость ветра и облачность: $Ff(4)>N(3)$.

Корреляционный анализ данных первой серии наблюдения у девушек обнаружил зависимость от метеофакторов, как показателей произвольного внимания (2 взаимосвязи), так и критериев психоэмоционального состояния (4 взаимосвязи) (рис. 3).

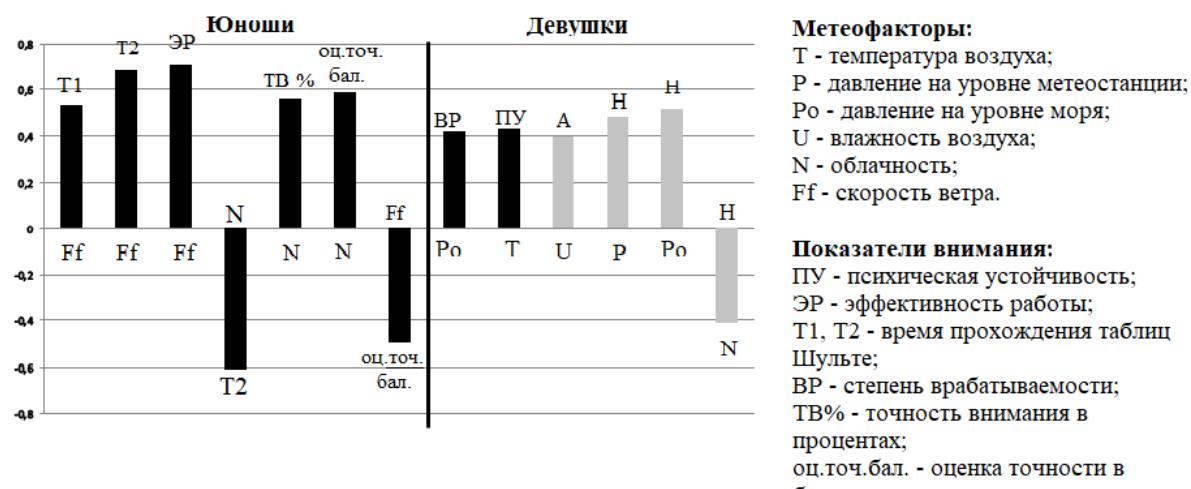


Рисунок 3 – Взаимосвязь показателей высших психических функций студентов обоего пола с основными метеофакторами по данным наблюдения с 09.02. по 16.02. 2018 г

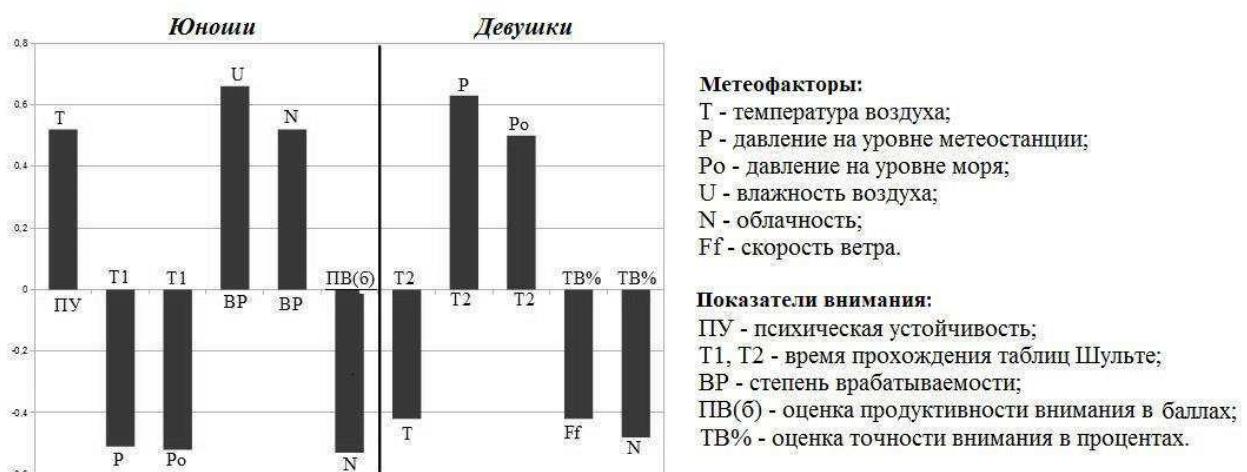


Рисунок 4 – Взаимосвязь показателей высших психических функций студентов обоего пола с основными метеофакторами по данным наблюдения с 26.02 по 06.03. 2018 г

Во второй серии наблюдения также были выявлены взаимосвязи показателей внимания с метеофакторами, больше у лиц мужского пола (6), чем у лиц женского пола (5). Наиболее значимыми по количеству корреляций у юношей были N(2), Po(2), T(1), U(1), а у девушек – Po(2), T(1), Ff(1), N(1) – рис. 4. Связи были разнонаправленного характера, умеренные по силе, но достоверные ($p \leq 0,05$)

Выводы

1. Общая динамика состояния показателей произвольного внимания, работоспособности, психоэмоциональных критериев у студентов обоего пола в феврале месяце 2018 года (начало второго семестра) была положительной на фоне измененных показателей погоды (температура, скорость ветра).
2. Мониторинговое наблюдение за реактивностью психофизиологического статуса респондентов к факторам погоды обнаружило, что соответствующие возрастной норме показатели произвольного внимания взаимосвязаны с основными метеофакторами.
3. У юношей наиболее чувствительными к метеофакторам были показатели внимания (7 взаимосвязей в первую серию и 6 во вторую), а у девушек – как показатели внимания (2 взаимосвязи в первую серию, 5 во вторую), так и показатели психоэмоционального состояния (4 взаимосвязи в первую серию).
4. Наиболее значимыми метеофакторами, как для девушек, так и для юношей оказались скорость ветра, облачность, атмосферное давление на уровне моря и температура воздуха.

Библиографический список

- Глушак Д.Н., Кондакова Ю.М. Мониторинг влияния метеофакторов погоды на характеристики произвольного внимания и психоэмоциональное состояние студентов-медиков // Материалы 90-й Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Теоретические и практические аспекты современной медицины» 19 апреля 2018 г. Симферополь. Издательство Медицинской академии им. С.И. Георгиевского (структурное подразделение) ФГАОУ ВО "КФУ им. В.И. Вернадского", 2018. – С. 522-523.
- Пасечникова И.А., Микульская А.С., Сеферова Л.Ф. Тымченко С.Л., Залата О.А. Реактивность психоэмоционального состояния у крымских студентов-медиков в связи с климатической аномалией сентября 2017 года // Сборник тезисов участников III научной конференции профессорско преподавательского состава, аспирантов, студентов и молодых ученых «Дни науки КФУ им. В.И. Вернадского», 3 ноября 2017, Симферополь. С. 212-214.
- Пасечникова И.А., Тымченко С.Л., Залата О.А. Состояние тревожности у студентов-медиков в связи с климатической аномалией сентября 2017 года в Крыму // II Всероссийская научно-практическая конференция «АГАДЖАНЯНОВСКИЕ ЧТЕНИЯ» 26-27 января 2018 г. Москва. С.193-195.
- Райгородский Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики, тесты. Самара: Издательский дом “БАХРАХ-М”, 2003. 672 с.
- Рубинштейн С.Я. Экспериментальные методики патопсихологии. М.: ЗАО Изд-во ЭКСМО-Пресс, 1999. 448 с.
- Цепко О.А., Иванова Н.Л. Влияние факторов погоды на психические функции студентов в экстремальных условиях // Мир науки, культуры, образования. № 4 (41), 2013. С. 103-106.

**FEATURES OF WEATHER SENSITIVITY OF HIGHER MENTAL FUNCTIONS
STUDENTS OF DIFFERENT GENDER**

Zalata O.A.¹, Shchegoleva M.G.², Glushak D.N.¹, Kondakova Yu.M.¹

“V.I. Vernadsky Crimean Federal University” Medical Academy named after S.I. Georgievsky¹,
Institute of physics and technology² olga_zalata@mail.ru

The comparative analysis of features of meteosensitivity of the students mental functions a different gender. At young men and girls by means of cognitive tables of Shulte and Anifimov-Burdon test estimated the voluntary attention and serviceability of psychoemotional sphere by means of a test SAN. Established that the indicators of the voluntary attention meeting age standard are interdependent to the main physical meteofactors. The most sensing indicators of young men were parameters of the voluntary attention, and at girls – as indexes of an attention and a psychoemotional state.



**РАЗРАБОТКА БИОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ УДАЛЁННОГО МОНИТОРИНГА
СОСТОЯНИЯ СТУДЕНТОВ С ХРОНИЧЕСКИМ ОБСТРУКТИВНЫМ ЗАБОЛЕВАНИЕМ ЛЁГКИХ**

Калюжная А. А., Писарева А. В., Николаев А. П., Куканов Я.В.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, НУК РЛМ, кафедра медико-технического менеджмента,
akaluyzhnaya@yandex.ru, pavpav.06@mail.ru, apnikolaev@yandex.ru, kukanov.yakov@gmail.com

Предметом особого внимания на сегодняшний день является обострение хронического обструктивного заболевания лёгких (ХОБЛ) и обострение диагноза бронхиальной астмы (БА) набирает обороты среди студентов МГТУ имени Н. Э. Баумана [1]. Наибольшая часть обострений такого рода случается от возможно предотвратимых заранее факторов и, конечно же имеет ряд определённых предшествующих симптомов. Чтобы своевременно выявлять возможные симптомы, медицинским работникам научно-образовательного медико-технического центра МГТУ имени Н. Э. Баумана необходимо проводить регулярный мониторинг состояния здоровья студентов специальных медицинских групп, для этого применима разрабатываемая нами система удалённого мониторинга за физиологическими параметрами состояния обучающихся в МГТУ имени Н. Э. Баумана. В подтверждение к вышесказанному в этой статье предлагается ознакомиться с разработанным алгоритмом, функциональной моделью, и схемой биотехнической системы (БТС) мониторинга физиологических параметров состояния человека [2].

Следует отметить, что динамика заболеваний студентов за последние семь лет с диагнозом ХОБЛ не снижается, а значительно возрастает [3]. В большинстве из таких случаев, при обострении ХОБЛ студенту рекомендуется госпитализация для того, чтобы избежать дальнейших осложнений и, вследствие этого, обучающийся длительно отсутствует на занятиях в университете [3, 4]. Зачастую, во время образовательного

процесса у студентов нет, ни времени, ни сил, для посещения врача-специалиста для профилактического медицинского осмотра, а также, им приходится посещать занятия по физическому воспитанию в специальных группах здоровья [4]. Именно по этой причине, для дальнейшего предотвращения возможных осложнений состояния обучающегося, необходимо проводить постоянный мониторинг физиологического состояния студентов в целях дальнейшего сохранения их активной деятельности в университете, а также проводить систематический анализ зарегистрированных параметров, требуется стремительно развивать подходы персонифицированного медицинского подхода в университете и развивать связь преподаватель-врач-студент [4, 5]. В связи с этим цель нашей работы заключается в разработке БТС для удалённого мониторинга физиологического состояния студентов с диагнозом ХОБЛ, которая позволит вне лечебного учреждения студентов выявлять возможное обострение хронического заболевания [5, 6].

В работе поставлены следующие задачи: разработать алгоритм работы системы удалённого мониторинга, функциональную модель, обобщённую схему БТС для контроля состояния студентов с ХОБЛ [4, 6]. В настоящее время разработка аналогичных систем удалённого мониторинга состояния человека являются крайне актуальными для науки [8]. Синдром сужения просвета бронхов расценивается как диагноз ХОБЛ, это когда выдох воздуха из лёгких наиболее затруднён в результате повышенного сопротивления дыхательных путей [3]. Такие состояния характерны как для людей, страдающих заболеванием ХОБЛ, так и для людей, которым установлен диагноз бронхиальная астма (БА) [4, 9]. В мире ХОБЛ находится на четвёртом месте по причине смертности населения, каждый год от ХОБЛ умирает около трёх миллионов человек [1, 5], а численность больных с диагнозом БА во всём мире оценивается в триста миллионов человек [2, 6]. Эти два заболевания относят к хроническим, а на поздней стадии проявления болезни становятся инвалидизирующими [10]. Более того, эти болезни представляют значимую экономическую и социальную проблему, в том числе из-за значительного количества возникающих обострений как среди студентов, так и среди остального населения, и из-за высокой стоимости лечения пациента [11]. В последние годы учащённое проявление обострений у студентов с ХОБЛ и БА снижает качество жизни, как молодёжи, так и других групп населения [3, 4].

Во всём мире число пациентов, использующих системы для удалённого мониторинга хронических заболеваний, насчитывается несколько миллионов человек [4, 6]. При этом, практическое внедрение аналогичных систем вызывает ряд вопросов, например такие, как:

- перегруженность медицинского персонала и, как следствие снижение эффективности оказания медицинских услуг при увеличении численности пациентов;
- отсутствие желания студентов с заболеваниями ХОБЛ и БА следовать предписаниям лечащего врача для контроля течения заболевания [5, 6];
- зависимость работы данной системы от наличия связи с Интернет сетями [12].

При этом, на сегодняшний день не имеется общепризнанных методов и способов для объективной оценки явных симптомов таких заболеваний, а также методов для инструментального контроля физиологического состояния дыхательной системы человека, которые были бы адаптированы к удалённому мониторингу [13]. В результате сложившейся ситуации развитие патологии ХОБЛ имеет неравномерную динамику, в связи с этим ухудшается состояние больного с последующими осложнениями, а именно, состояние сердечно-сосудистой системы пациента, что может оказаться на продолжительности жизни студентов с данным заболеванием [1, 4].

Бронхиальная астма (БА) – это хроническое воспалительное заболевание дыхательных путей, в процессе которого участвуют разнообразные клеточные элементы. Основной причиной данного заболевания является особая реакция иммунитета на внешние факторы [4, 14]. Особым отличием БА от ХОБЛ является большая степень обратимости обструктивного процесса при развитии заболевания БА. Больные, которые страдают БА, эпизодически испытывают приступы одышки, удушья и дыхательный дискомфорт, а также свистящие хрипы, нередко слышимые даже на расстоянии, кашель, приступы которого особенно наблюдаются в ночное время, а иногда и ранним утром [4, 7]. Так называемые бронхолитические препараты являются основными средствами, которые используются при терапии рассматриваемых заболеваний с целью купирования синдромов заболевания. Больным с диагнозом данные препараты назначаются и рекомендуются к использованию на постоянной основе, а пациентам с БА назначаются по необходимости, либо в сочетании с индивидуальной противовоспалительной терапией [3, 8]. Отметим, что по данным исследований общественной организации Национального исследования риска сердечно-сосудистых осложнений при метаболическом синдроме «НИКА» [9] врачи более, чем в пятидесяти процентах случаев неверно трактуют уровень контроля БА, а пациенты, которые пребывают в студенческом возрасте оптимистично смотрят на возможную симптоматику, то есть, среди населения наблюдается ошибочная недооценка уровня контроля над данным заболеванием [4, 15]. В связи с этим, возникает потребность постоянного мониторинга над данным заболеванием. Необходимо приступить к процессу разработки системы для удалённого мониторинга пациентов с диагнозом ХОБЛ [5, 16].

Для начала необходимо сформулировать определённые требования к данной системе:

- реализация основного принципа на основе индивидуального подхода к пациенту в системе здравоохранения;
- постоянный сбор физиологических данных пациента;
- локальное хранение данных диагностики как в мобильных устройствах, так и централизованно в ЛПУ на сервере;

- г) обеспечить автоматизированные исследования и обработка результатов, поступающих от конкретного пациента с дальнейшей возможностью интерпретации результатов лечащим врачом;

д) возможность анализировать данные пациента с помощью участников процесса лечения;

е) медицинское и информационное сопровождение пациентов в случае изменения состояния его здоровья;

ж) возможность регулярной связи пациентов или их родственников и знакомых с лечащим врачом;

е) обеспечение автономной работы в случае отсутствия связи между мобильным устройством пациента и центральным компьютером;

ж) обеспечение одновременной работы с несколькими пациентами, которые включены в программу наблюдения, с применением ресурсов поликлиники;

з) обеспечение возможности применения пациентом всех компонентов системы без помощи иных лиц, в условиях обычной активной жизни;

д) обеспечение защиты персональных данных пациента от неразрешённого доступа.

Для эффективного обеспечения всех перечисленных параметров нами была разработана функциональная модель пространственно-распределённого процесса для удалённого мониторинга [6, 17]. В данном комплексе пациент регистрирует личные медико-биологические данные (МБД) [3, 18]. Далее, на основании полученных МБД производится расчёт количественных значений диагностических показателей (ДП), это те параметры, которые необходимо применить для оценки текущего физического состояния конкретного пациента [1, 4]. На следующем этапе происходит сопоставление значений полученных показателей с индивидуальными нормами (ИН) определённого пациента [2, 5]. Сведения о том, не выходят ли данные значения за определённый предел персональной вариабельности, немедленно передаётся координатору медучреждения [3, 6]. Медицинский работник немедленно связывается с этим пациентом для уточнения его состояния больного, затем на основании полученных сведений предоставляет необходимую информационную поддержку (ИП) [4]. В ряде таких случаев медицинский персонал обеспечивает формирование лечебного воздействия (ЛВ), но, это только в соответствии с заранее подготовленными предписаниями врача [5]. Но, при возникновении внезапных затруднений медсестра обязана связаться с лечащим врачом данного пациента, который в случае определённой потребности самостоятельно окажет данному пациенту всю необходимую поддержку и лечебное воздействие (рисунок 1) [10].

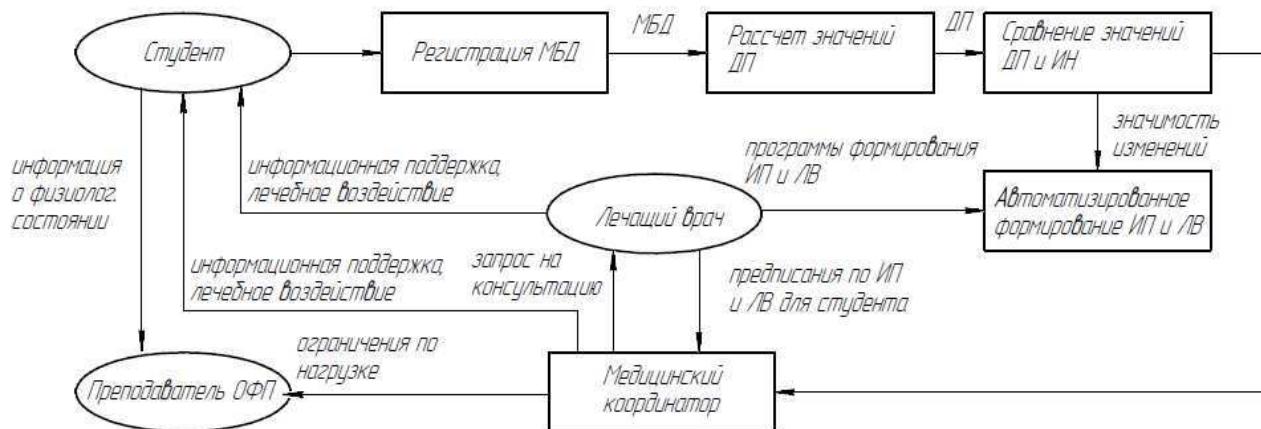


Рисунок 1 - Функциональная модель системы удалённого мониторинга [3]

При подобном распределении функциональных обязанностей медперсонал выступает в роли «посредника», это обеспечивает стабильную работу системы для удалённого мониторинга пациента при увеличении количества пациентов, которые участвуют в программе, и это становится актуально при процедуре сокращения штата врачей-специалистов [11].

Таким образом, координатор и врач формируют контур управления данной системой [6]. В представленной на рисунке модели необходимо предусматривать функцию для автоматизированной выработки неотложного лечебного эффекта и помощи, которая предназначена для формирования автономного контура управления системой в случае, если произошло нарушение работы каналов передачи информации (рисунок 2).

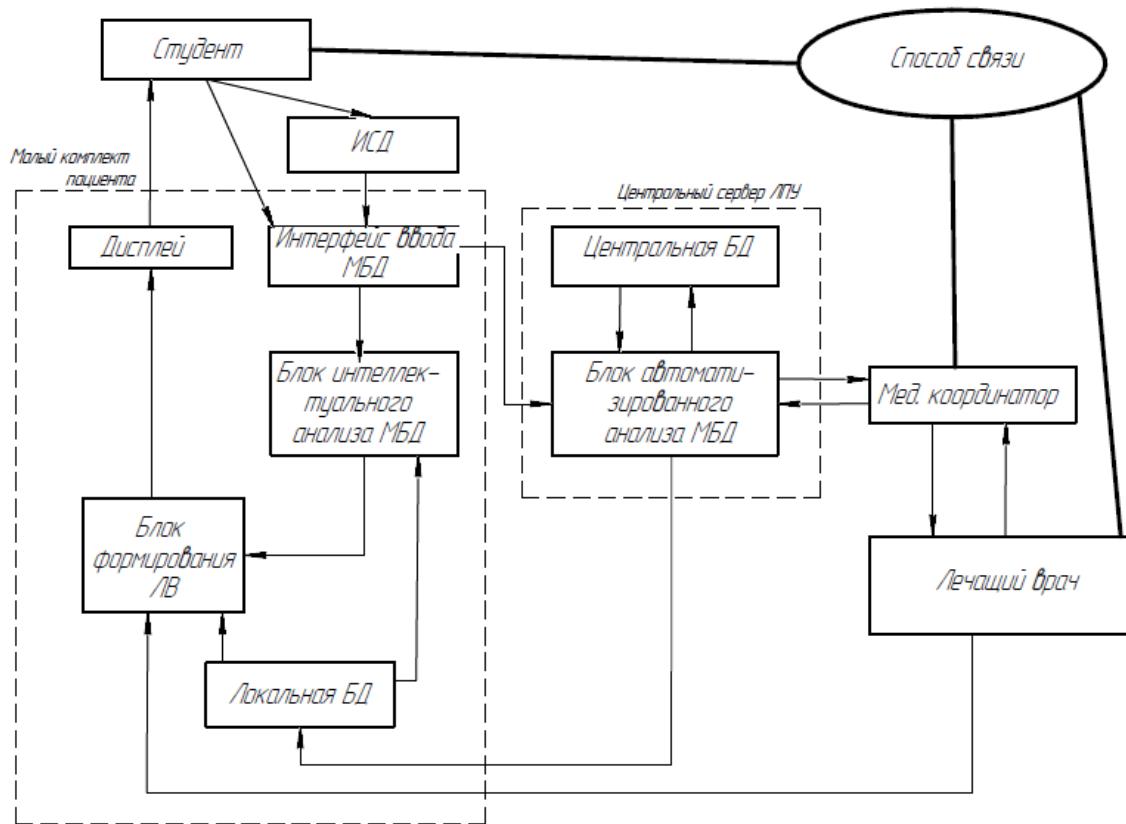


Рисунок 2 - Обобщённая схема БТС для удалённого мониторинга состояния здоровья пациентов с ХОБЛ [7]

Предложенная модель системы для удалённого мониторинга пациентов с диагнозом ХОБЛ реализуется через обобщённую структуру системы и алгоритм [4] (рисунок 3).

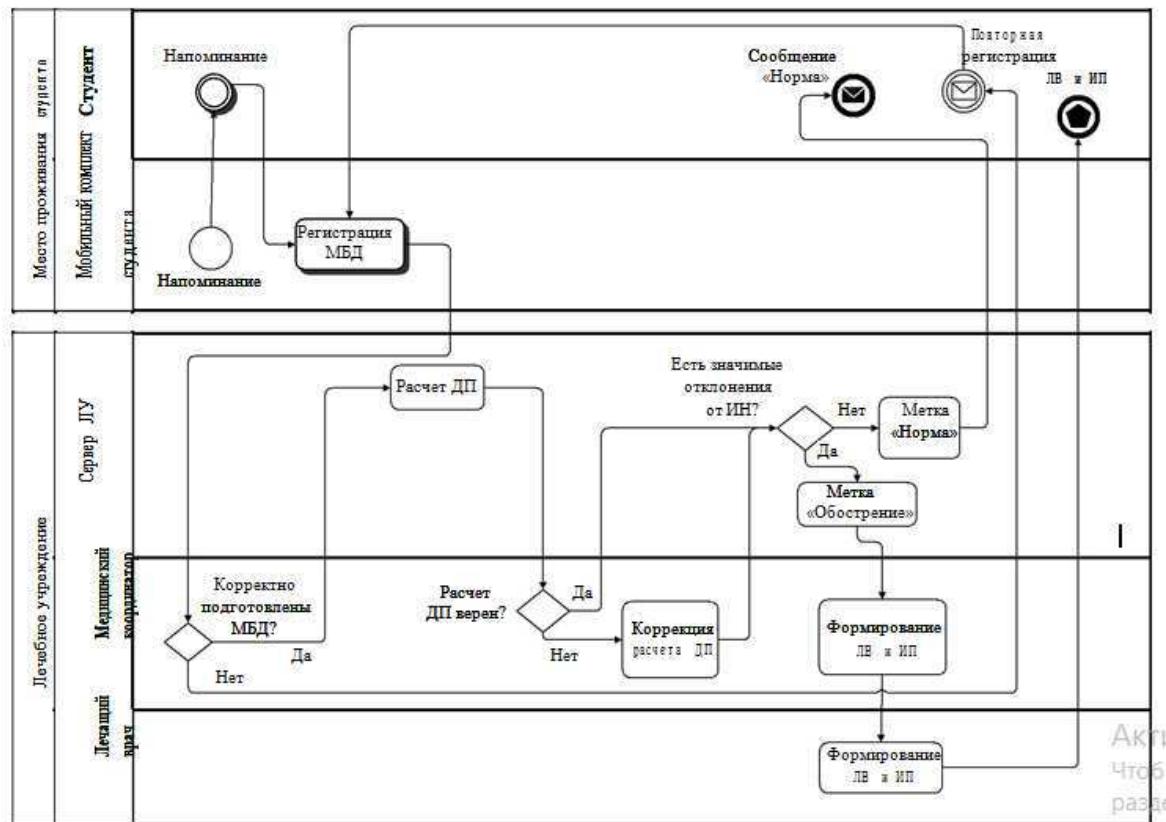


Рисунок 3 - Алгоритм работы системы удалённого мониторинга [8]

В качестве мобильного устройства рекомендуется применять электронное устройство, которое обязательно имеет интерфейс для ввода необходимых данных с внешних устройств, а также аппаратно-программную платформу для осуществления дальнейшей обработки и анализа сведений, также потребуется доступ в Интернет сеть [9]. Большинство персональных компьютеров, планшетов и смартфонов сегодня отвечает данным требованиям. В заданный заранее момент времени на дисплей мобильного устройства пациента приходит напоминание о том, что необходимо провести мониторинг [10].

Медико-биологические данные по защищенным каналам связи (сеть Интернет с дополнительным шифрованием данных) передаются на центральный сервер и блок автоматизированного анализа медико-биологических данных [11]. Отличительной чертой данного контура управления системой является контроль медицинским координатором всех этапов обработки и анализа медико-биологических данных, а формирование информационной поддержки и лечебного воздействия осуществляется с непосредственным участием лечащего врача [12].

В блоке автоматизированного анализа медико-биологических данных по заранее заложенным алгоритмам производится расчёт диагностических показателей, которые необходимы в дальнейшем для формирования информационной поддержки и лечебного воздействия [4, 13]. Одной из серьезных проблем при проведении удалённого мониторинга пациентов с хроническими заболеваниями является вопрос обеспечения качества самостоятельной регистрации пациентом медико-биологических данных (МБД).

В случае, если автоматические алгоритмы работают недостаточно надёжно, для инструментальных методов диагностики может потребоваться коррекция расчёта диагностических параметров оператором [3, 14]. По этим причинам медработник обязательно контролирует правильность подготовки МБД и корректность дальнейшего расчёта параметров [4, 15]. Если на каком-то из этих этапов обнаруживается ошибка, то медицинский координатор отправляет пациенту запрос на повторную регистрацию МБД или производит коррекцию расчёта диагностических параметров самостоятельно [5, 16].

Следующим этапом при осуществлении длительного мониторинга является пороговый анализ значений диагностических параметров с учётом индивидуальных норм [6, 17]. Для этого медицинский координатор в конце каждого сеанса работы с диагностическими данными пациента должен поставить текущему дню наблюдения один из двух типов отметок: «обострение» или «норма» [3, 18]. В дальнейшем при расчёте индивидуальной нормы показателя берётся среднее арифметическое значение за все дни наблюдений с пометкой «норма». Понятие «индивидуальная норма» необходимо применять не только к непосредственным значениям параметров, но и к тому, какое изменение показателя в большую или меньшую сторону можно считать диагностически значимым [1, 4].

В процессе анализа значений диагностических параметров для обработки количественных диагностических параметров, имеющих непрерывную область возможных значений, необходимо осуществлять поиск в них возможных убывающих или восходящих трендов [2, 4]. Для автоматизации решения данной задачи целесообразным является применение кусочно-линейной интерполяции с помощью построения модели линейной регрессии, при этом дополнительным числовым параметром может являться коэффициент линейной регрессии за определённый период наблюдений [3, 5].

Если в текущий день наблюдений зафиксировано обострение, то медицинский координатор совместно с лечащим врачом формирует для студента лечебное воздействие и информационную поддержку, которые передаются пациенту по каналу связи (сеть Интернет, телефонная связь) [4, 6]. В случае, когда все диагностические показатели находятся в пределах ИН, пациенту отправляется соответствующее сообщение [3, 5]. Все данные, полученные при сеансе наблюдения, сохраняются в центральной (доступна только медицинскому координатору и лечащему врачу) и локальной (доступна медицинскому координатору, лечащему врачу и пациенту) базах данных [5, 12, 13].

В отличие от существующих систем мониторинга (в том числе внутрибольничных), разрабатываемые модель и система мониторинга обеспечивают пространственно-распределённую реализацию этапов регистрации, обработки и ретроспективного анализа медико-биологических данных, формирование информационной поддержки и оказание персонифицированного лечебного воздействия в условиях активной жизнедеятельности студента вне лечебного учреждения, содержат глобальный двухуровневый контур управления процессом мониторинга, обеспечивающий персонифицированную настройку работы системы; локальный контур управления, реализующий автономность работы системы в случае нарушения связи между студентом и медицинским персоналом или преподавателем [6, 7].

В соответствии с функциональной моделью системы, её структурой и алгоритмом работы разработана БТС удалённого мониторинга студентов с диагнозом ХОБЛ которая обеспечивает выявление обострения хронического заболевания студента, который не находится в данный момент в лечебном учреждении в условиях его активной жизнедеятельности [4, 7].

Библиографический список

1. Авдеев, С. Н. Ведение больных хронической обструктивной болезнью лёгких с острой дыхательной недостаточностью. С. Н. Авдеев, 2013, с. 132-135.
2. Архипов, В. В. Контроль над бронхиальной астмой в России: результаты многоцентрового

- наблюдательного исследования НИКА / В. В. Архипов, Е. В. Григорьева, Е. В. Гавришина // Пульмонология. – 2011. – № 6. – С. 87–93.
3. Глазова, А. Ю. Системы домашнего мониторинга пациентов с хроническими заболеваниями: принципы функционирования и перспективы развития / А. Ю. Глазова, Р. Набиев // Российский семейный врач. – 2013. – №2. – т. 17. – С. 4–9.
4. Глазова, А. Ю. Технология анализа данных в системе удалённого мониторинга пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких / А. Ю. Глазова // Инновации и перспективы медицинских информационных систем. Тезисы трудов молодёжной школы-семинара. – Ростов-на-Дону: Изд-во Южного федерального университета. – 2013. – С. 161–164.
5. Глазова, А. Ю. Технология и система удалённого мониторинга состояния здоровья пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких / А. Ю. Глазова, Ю. Г. Бибичева, З. М. Юлдашев и др. // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2013. – № 11. – С. 22–27.
6. Глазова, А. Ю. Удалённый мониторинг состояния пациентов с хронической обструктивной болезнью лёгких и бронхиальной астмой / А. Ю. Глазова // Биотехносфера. – 2017. – № 4 – С. 30 – 36.
7. Городкова, М. С. Исследование параметров ультразвукового распыления жидкых лекарственных препаратов для ингаляции дыхательных путей / М. С. Городкова, И. А. Аполлонова, А. П. Николаев // Биомедицинская радиоэлектроника. 2015. № 7. С. 64–70.
8. Гриппи, М. А. Патофизиология лёгких / М. А. Гриппи – М. : Восточная книжная компания. – 1997. – 344 с.
9. Журавлев, А. К. Вегетативный тонус и регуляция системы кровообращения у спортсменов при стрессовых ситуациях и профилактика аритмий / А.К. Журавлев, Г. И. Семикин, Ю. Ю. Голубев, Г. Ю. Голубева, Ю. В. Нечушкин // Живая психология. 2017. Т. 4. № 3. С. 231–240.
10. Клячкина, Л. И. Бронхолитические препараты в терапии болезней органов дыхания / Л. И. Клячкина // Лечащий врач. – 2005. – № 8. – С. 249–259.
11. Скрыпников, А. В., Писарева А. В. Актуальность разработки и внедрения программного комплекса для оздоровления студентов вузов с диагнозом сахарный диабет в учебный процесс, занимающихся в специальных медицинских группах по физическому воспитанию // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 2 (21). С. 79–82
12. Филиппова, Н. А., Сравнительный анализ существующих методов мониторинга состояния водителя / Н. А. Филиппова, В. Д. Алешин, С. В. Матанский, А. В. Писарева // В сборнике: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 Доклады XII Международной научной конференции с научной молодёжной сессией . 2016. С. 300-303.
13. Чучалин, А. Г. Российское респираторное общество. Федеральные клинические рекомендации по диагностике и лечению хронической обструктивной болезни лёгких / А. Г. Чучалин, С. Н. Авдеев, З. Р. Айсанов и др. // Пульмонология. – 2014. – №3. – С. 15–36.
14. Шестопалов, Д., Писарева А. В. Хоспис-техническое оснащение отделений паллиативной помощи в соответствии с требованиями нормативно-правовой документации // Вестник Воронежского института высоких технологий. 2017. № 3 (22). С. 88–93.
15. Agarwal, S. Remote Health Monitoring Using Mobile Phones and Web Services / S. Agarwal, C. T. Lau // Telemedicine and E-health. – 2010. – V. 16. – №5. – P. 603–607.
16. Bateman, E. D. Global strategy for asthma management and prevention: GINA executive summary / E. D. Bateman, S. S. Hurd, P. J. Barnes et al. // European Respiratory Journal. – 2008. – V. 31. – P. 143–78.
17. Berg Insight company. Mhealth and home monitoring – 8th Edition. Executive summary [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.berginsight.com/ReportPDF/Summary/bi-mhealth8-sum.pdf>.
18. Velardo C. Digital health system for personalised COPD long-term management [Электронный ресурс] / C. Velardo, S. A. Shah, O. Gibson et al. , L. Tarassenko // BMC Medical Informatics and Decision Making. – 2017. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1186/s12911-017-0414-8>.

THE DEVELOPMENT OF THE BIOTECHNICAL SYSTEM FOR THE REMOTE MONITORING OF THE STATUS OF STUDENTS WITH CHRONIC OBSTRUCTIVE PULMONARY DISEASE

Kalyuzhnaya, A. A., Pisareva A. V., Nikolaev A. P., Kukanov V. Ya.

MSTU named N. Uh. Bauman, NUK RLM, Department of medical and technical management, akaluyzhnaya@yandex.ru, apnikolaev@yandex.ru, kukanov.yakov@gmail.com

This article is devoted to a topical problem of today: exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and bronchial asthma among students. Most of these exacerbations come from potentially preventable factors and have a number of symptoms that precede them. In order to detect these symptoms, it is necessary to carry out constant monitoring of the health of students with the help of a remote monitoring system. In this article the author suggests to get acquainted with the developed functional model, algorithm and scheme of BTS of such monitoring.

О МЕХАНИЗМАХ УПРАВЛЕНИЯ, РЕГУЛЯЦИИ И КОНТРОЛЯ НАД РИТМОМ СЕРДЦА

Кузнецов А.А.

Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. E-mail: artemi-k@mail.ru

Введение. В научных источниках и даже в учебных пособиях часто возникает пересечение понятий управления и регуляции ритмом сердца, вероятно по той причине, что эти термины имеют на английском языке одинаковое звучание – *regulation*. Более того, и объект управления и регуляции также не определен, так как до сих пор неизвестно, почему частотные режимы первого порядка и заместительные ритмы сердца определены граничными величинами 70 и 40 ударов в минуту. Также доказательно неизвестны и «разрешенные» нормальной физиологией пределы их изменений. Поэтому приходится лишь констатировать, что архитектура сердца и, в частности миокарда, выстроена *a priori* для работы на частотных режимах основного и заместительных ритмов в режиме гидродинамической информационной связи со всеми другими органами. В рамках указанной неопределенности складывается сложное мнение об «управлении и регуляции ритмом сердца», что вероятно, в большей мере связано с отсутствием взятного отличительного семантического определения этим понятиям. В трактовке автора работа сердца условно здорового молодого человека обеспечивает ритм течения крови в состоянии покоя при слабой (пренебрежимо малой) управляемости извне. В таком режиме контроля (заданности по умолчанию) механизмы внешнего управления ритмом сердца обеспечивают наполнение в большей степени около-нулевого крайне-низкочастотного (КНЧ) спектрального диапазона ультразвуковых частот (ULF), в меньшей степени очень низких (VLF) и низких (LF) частот и пренебрежимо малым вкладом со стороны высоких (HF) частот в принятой классификации частотных диапазонов [1].

Во время физического или психоэмоционального стресса и при наличии ишемизированной области миокарда повышенный автоматизм латентного водителя ритма может быть следствием повышенной активности симпатической нервной системы. Локальное увеличение выделения норадреналина может переместить водитель ритма сердца в эту область миокарда. Локальные изменения метаболизма различных волокон миокарда ведут к потере изотропной электропроводимости электрического синцития и в целом – к электрической нестабильности сердца [2].

Механизмы управления, регуляции и контроля вариабельностью ритма сердца

Механизмы регуляции, управления и контроля над ритмом сердца со стороны соответствующих центров головного мозга и ЦНС следует функционально выделить и подразделить. Если проявление базы общего управления организмом определить вариациями функции гомеостаза [3, 4], то и за управление ритмом сердца отвечают соответствующие центры головного мозга и ЦНС в большей степени, а вегетативная нервная система (ВНС) – в меньшей (рис. 1). Также, очевидно превалирование гуморальной долгопериодической составляющей регуляции с упорядочиванием работы всех органов и наполнением спектральной энергии диапазонов ритма сердца: VLF – в большей, ULF – в меньшей степени. При этом не следует путать гуморальную регуляцию как функцию работы сердца и гуморальное управление ритмом сердца посредством эндогенных ритмов, предопределяющих соответствующие почти периодические биохимические процессы, включая гипофизарные выбросы пептидов и гормонов [4, 5].

Текущий контроль над функциональным состоянием органов требует системного упорядочивания процессов метаболизма, а, следовательно, протекает в диапазоне ультразвуковых частот (ULF). Текущая регуляция функционального состояния органов требует синхронизации процессов системного метаболизма, а, следовательно, протекает в частотных диапазонах принятой классификации – низких (LF) и высоких частот (HF). Он определяется и связан с возмущениями со стороны ВНС в диапазоне LF. При этом ВНС в общем случае является лишь посредником – проводником сигналов. От всех системных биообъектов организма от микро- до макроуровня непрерывно посредством ВНС к сердцу поступают сигналы. Именно совокупность таких возмущений, случайных по амплитуде, фазе и длительности, и совместно с внутрисердечным механизмом регуляции ритма, обеспечивает нормальный закон распределения в функции вариабельности ритма сердца [6].



Рисунок 1 – Схема Баевского Р.М. двух контуров регуляции ритма сердца [7]

На рис. 1 приведена предложенная академиком Р.М. Баевским двухконтурная схема регуляции ритма сердца [7], в которой механизм регуляции действует со стороны двух контуров А и В, что не противоречит представлениям нормальной физиологии и биофизики сердца [3, 4]. Действительно, два автономных контура регуляции сигнала, поступающего в синусоатриальный узел, представляют механизмы регуляции со стороны центральной и вегетативной нервной системы. Однако, указанная схема не содержит звеньев внешних стимулов и факторов влияния, предопределяя процесс регуляции (управления) как процесс саморегуляции изолированной системы без указания обратных связей. Это может означать, что на схеме рис. 1 приведены сведения весьма грубого приближения к механизмам регуляции, далекие от реальности.

Пятьдесят лет назад в 1967 году австриец Людвиг фон Берталанфи предложил рассматривать биосистемы как открытые комплексы взаимодействующих динамических составляющих с учетом их связей. Такие системы по определению полуоткрыты для вещества, энергии [3] и информации и ритмически синхронизированы. Характеристики внешних потенциальных полей пространственно-временной матрицей входят в область системного процесса и непрерывно диктуют ход эволюции. Экзогенные ритмы КНЧ диапазона усваиваются ритмом сердца здорового человека даже при спокойной геомагнитной обстановке [8]. Внешние ритмы могут захватываться ритмом сердца опосредованно – через головной мозг, центральную и вегетативную нервные системы. Известно, что здоровые системы активно функционирующего организма воспринимают резкие вариации геомагнитного поля, как синхронизирующий внешний сигнал. Для них магнитные бури являются скорее положительным процессом. Больные органы демонстрируют резкое патологическое изменение параметров, проявляющееся первоначально обратимым десинхронозом, а затем нарастанием субъективных болезненных изменений. При сильных отклонениях во многих органах и системах наблюдается неспособность организма вернуться к синхронному функционированию, что в предельных случаях заканчивается необратимыми изменениями [9].

Под «неуправляемым» (не путать с автономным) ритмом автор понимает ритм, обладающий хаотической составляющей при соблюдении нормального закона распределения значений RR-интервалов [6]. Такой ритм обеспечивается в норме (в режиме контроля) при слабых флуктуациях гомеостатической функции. Для такого ритма величина информационной энтропии I^* растет, приближаясь снизу к уровню насыщения [10]. Однако и в этом случае присутствие усвоенных организмом экзогенных ритмов не отрицается. Колебания среднего уровня $\langle X \rangle$ ритма сердца обеспечивают гуморальная составляющая и экзогенные ритмы [5].

При визуально наблюдаемой структуризации диаграммы ритма сердца (ДРС) спектральная энергия перераспределяется «слева – направо» по частотной оси, переходя из низкочастотных диапазонов в диапазоны высоких частот [10]. Внешний энергетический стимул становится детерминирующей составляющей, предопределяющей степень структуризации ритмограммы. При его появлении и неоднозначном поведении дисперсии число степеней свободы системного процесса ритма уменьшается, количество «рабочих» ярусов и информационная энтропия падают, величина среднего межъярусного промежутка растет [10]. На спектре плотности мощности начинается наполнение диапазона НФ. При росте амплитуды и длительности внешних возмущающих стимулов возникают нарастающие, но обратимые отклонения вариабельности ритма от нормального распределения. Все эти процессы происходят в режиме работы механизма контроля над вариабельностью ритма сердца. Именно этот режим свойственен ритмам сердец подавляющего числа молодых и здоровых людей условного возраста до 25 лет.

Таким образом, для обеспечения ФСО в норме необходимо существование двух непрерывных независимых физических функциональных составляющих. Первая «хаотическая» обладает нормальным законом распределения и является динамической базой относительно высокочастотных ритмических процессов. Она отвечает за синхронизацию всех ритмических процессов в онтогенезе. Вторая – детерминистская долгопериодическая функция внешней среды отвечает за упорядочивание всех ритмических процессов в онтогенезе. Можно сказать, что первая – функция «живой материи», а вторая – функция внешней среды, или точнее информационного поля, обозначая это первичное понятие по отношению к ближнему, дальнему космосу и атмосфере Земли (рис. 2). Информационное поле выступает в качестве «генератора» ритмов диапазона крайне-низких частот.



Рисунок 2 – Схема управления, регуляции и контроля организма человека и социума, как полуоткрытых систем

Посредством передаточной функции и без оной КНЧ сигналы (условно электромагнитной природы) воспринимаются и усваиваются мозгом каждого человека, трансформируясь в генераторные потенциалы экзогенных ритмов в форме коллектива мод (гармоник) с последующим распределением центральной нервной системой к органам и реакции органов в формах собственных эндогенных ритмов. Высшие гармоники, частично усвоенные или неусвоенные органами, так или иначе, в условиях необратимости неравновесных внутриклеточных процессов преобразуются в тепло, обеспечиваю организму устойчивый тепловой режим [11]. В предложенном смысле управленческая функция – внешняя, а регуляторная – внутренняя – со стороны вегетативной нервной системы (ВНС) (см. рис. 2). На рис. 2 автор указал на наличие социума, как генератора некоего психического поля (пси-поля), о котором много говорится в оклонаучных кругах, но которое так и не зафиксировано достоверно, поэтому утверждение до сих пор является спорным (без ссылок).

Работа механизмов управления и регуляции ритмом сердца при патологических состояниях

Необратимое ухудшение функционального состояния организма характеризуется выходом одного или нескольких органов из системного режима ритмического функционирования (синхронизации). Ранее усваиваемые гармоники управляющих экзогенных ритмов перестают ими усваиваться, переходя в потери и разогревая эти области. Регуляция со стороны ВНС представлена сдвигом баланса симпатического и парасимпатического влияний с сигнализацией о динамике сдвига и последующей интенсификацией доставки крови в указанную область. При этом существенную роль играют интервалы времени задержки (сдвиги), в рамках которых происходит поиск нового стационарного состояния ритма сердца. Сильное и нарастающее напряжение симпатического сегмента ВНС «в пределе» с сильным запаздыванием сменяется нарастанием влияния парасимпатического сегмента с последующей перебалансировкой влияния на ритм сердца. Сердце начинает работать в поисковом переходном режиме «тахо-бради», характеризующемся появлением экстрасистол обоих типов и признаков соответствующих аритмий. Вероятно, управление ритмом связано и с более высоким диапазоном частот, чем это ранее предполагалось. В таких случаях в СА-узел поступают управляющие сигналы диапазона HF, которые сильно напрягают ЭПСС и, в конечном итоге, изнашивают миокард, включая механизм «амортизации» сердца появлением признаков *re-entry*, создавая предпосылки автономных источников – факторов аритмии.

В рамках представленной модели страх и тревожность, стресс и депрессия обретают новое наполнение. Тревожность, как формируемая готовность отклика всего организма на неопределенный внешний стимул, характеризуется первым реакционным откликом сдвига баланса в сторону симпатического влияния, который фиксируется слабым монотонным ростом до насыщения («ступеньки») величины спектральной мощности P_{LF} в диапазоне LF. Стресс, как неспецифическая реакция организма на любое, предъявляемое к нему требование [12, 13], возникает после краткого или длительного состояния тревожности. Наиболее общей реакцией на стрессовое воздействие со стороны сердечно-сосудистой системы является увеличение частоты сердечных сокращений и детерминация структуры ритма с сокращением вариабельности и потери чувствительности диапазоне очень высоких частот (более 500 Гц). Ритмограмма теряет шаг дискретизации 1 мс, заданный частотой дискретизации 1000 Гц. На ДРС вдвое падает число ярусов. Информационная энтропия I^* как числовой показатель макроструктуры ДРС, падает с сопутствующим падением дисперсии ритмограммы [10, 15].

На фоне рассогласования отсутствия внешнего раздражения и готовности организма к отклику возникает третья наиболее опасная фаза – депрессия. Для электрически нестабильного состояния миокарда, необходимо повышение тонуса и симпатического, и блуждающего нервов. На фоне большой величины P_{LF} растет парасимпатическое влияние в форме роста P_{VLF} . Управление ритмом связанное функцией баланса влияний обеспечивает быстрый рост этого влияния при медленном спаде симпатического тонуса. Таким образом, величина спектральной полной мощности (TP) как функция времени испытывает скачок, который сглаживается за счет роста P_{HF} с обратимым или необратимым воздействием на все функции всех органов, а следовательно, и на ФСО.

Несоответствие режима и объекта включает третий уровень защиты ритма в системе автоматии миокарда. Появляются небольшие локализованные группы клеток электрического синцития, непрерывно генерирующие электрический сигнал. Их появление наиболее вероятно в местах наибольшей их плотности. Если они располагаются в АВ-узле, то генерируют заместительный ритм второго порядка. Это увеличивает хаотическую составляющую результирующего ритма, поэтому и определяется как последний уровень защиты ритма сердца. На фоне «тахо-бради» появляется устойчивая мерцательная аритмия, которая требует «платы» за сбой в ритме [16]. Но запас устойчивости системного процесса ритма, вероятно, уже исчерпан. Автором предлагается обратить внимание на причины разбалансировки сегментов вегетативной системы, а также на больные органы, генерирующие высокоамплитудные электрические эндогенные ритмы в формах относительно высокочастотных сигналов, индуцируемых в миокарде и в конечном итоге, приводящих к инфаркту.

Выводы. Внешнее управление результирующим электромагнитным волновым влиянием в КНЧ диапазоне, внутренняя регуляция динамическим сдвигом баланса симпатико-парасимпатических влияний и контроля в части текущей коррекции сдвига баланса ВНС при малых сдвигах и смена поддиапазона КНЧ при больших сдвигах, позволяет вынести рекомендации в части реанимационных мероприятий по интенсивной терапии:

1. Регуляция ритма сердца связана с частотными диапазонами LF, HF и VLF: рост симпатического и парасимпатического влияния со стороны ВНС наполняет диапазоны LF и HF, соответственно, авторегуляция ритма на уровне гомеостаза наполняет диапазон VLF. Управляемый диапазон ULF связан с внешними КНЧ возмущениями физических полей, в том числе с циркадианными и циркадными ритмами, и, по мнению автора, нормализует распределение ритма сердца.

2. Управляющим фактором устойчивого ФСО являются экзогенные ритмы КНЧ диапазона;

3. Обеднение ритма сердца высокочастотными гармониками при ухудшении ФСО и сильном сдвиге баланса в сторону парасимпатического влияния корректируется внешним искусственным переменным слабым электромагнитным полем на частотах 0,1 – 2 Гц в течение 10 – 20 минут в зависимости от амплитуды напряженности (потенциала), контактного или бесконтактного воздействия, исходного состояния клиента:

- прямое контактное воздействие малоамплитудного электромагнитного сигнала частотой 2 Гц при наложении контактов лоб-темечко должно положительно влиять на нормализацию ритма сердца, запитыванию периферических сосудов мозга и прояснению сознания вплоть до выхода из коматозного состояния;

- прямое контактное воздействие малоамплитудного электромагнитного сигнала частотой 0,3 Гц при наложении контактов лоб-темечко должно положительно влиять на нормализацию дыхания;

- прямое контактное воздействие малоамплитудного электромагнитного сигнала частотой 1 – 2 Гц при наложении контактов на виски должно положительно влиять на нормализацию общего состояния и мотивационному росту желания жить;

- ускорение эффекта следует ожидать при увеличении частоты в указанном диапазоне, а стабилизацию и закрепление эффекта следует ожидать уменьшением частоты (чем ниже – тем лучше) при сохранении системной кратности.

Библиографический список

1. Амиров, Н.Б. Применение метода изучения вариабельности сердечного ритма при различных состояниях (Обзор литературы) / Н.Б. Амиров, Е.В. Чухнин // Диагностика и лечение нарушений регуляции сердечно-сосудистой системы. – М.: ГКГ МВД России. 2008. С. 63 – 75.
2. Лемус, В.Б. Центральная регуляция кровообращения при травмах и кровопотере / В.Б. Лемус. – Л.: Медицина. 1983. 224 с.
3. Биофизика: учеб. /Под общ. ред. акад. АН СССР П.Г. Костюка. – Киев: Выща шк., 1988. 504 с.
4. Физиология человека: В 3-х томах. Т.2. Пер. с англ./ Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса. – М.: Мир, 1996. 313 с.
5. Биологические ритмы. В 2 т. Т. 1 : пер. с англ.; под ред. Ю. Ашоффа. – М.: Мир, 1984. 414 с.
6. Кузнецов, А.А. Функции распределения параметров ритмограмм здоровых людей/ А.А. Кузнецов, С.А. Пермяков // Измерительная техника. 2014. № 9. С. 63 – 68.
7. Баевский, Р.М. Введение в донозологическую диагностику/ Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Слово. 2008. 176 с.
8. Обридко, В.Н. Реакция человеческого организма на факторы, связанные с изменениями солнечной активности / В.Н. Обридко, М.В. Рагульская, О.В. Хабарова [и др.] // Биофизика. – М.: Наука, 2001. Т. 46. вып.5. С. 940 – 945.
9. Рагульская, М.В. Влияние солнечных возмущений на функционирование и синхронизацию человеческого организма / М.В. Рагульская, О.В. Хабарова, В.Н. Обридко [и др.] // Журнал радиоэлектроники. 2000. № 10. С. 58 – 64.
10. Кузнецов, А.А. Энтропия ритма сердца: монография / А.А. Кузнецов. – Владимир: Изд-во Владимир. гос. ун-та. 2009. 172 с.
11. Бауэр, Э.С. Теоретическая биология / Э. С. Бауэр. – М.-Л.: Изд-во ВИЭМ, 1935. 206 с.
12. Селье, Г. Концепция стресса как мы ее представляем в 1976 году / Г. Селье // Новое о гормонах и механизме их действия. – Киев: Наукова думка. 1977. – С. 27.
13. Баевский, Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / Р.М. Баевский, О.И. Кирилов, С.В. Клецкин. – М.: Наука. 1984. – 220 с.
14. Дубров, А. П. Симметрия биоритмов и реактивности/ А. П. Дубров. – М.: Наука, 1987. 238 с.
15. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов/ Е.С. Вентцель. – М.: Вышш. шк., 1999. 576 с.
16. Кушаковский, М.С. Аритмии сердца/ М.С. Кушаковский. – СПб.: ИКФ Фолиант. 1998. 637 с.

ABOUT MECHANISMS OF MANAGEMENT, REGULATION AND CONTROL OF A HEART RHYTHM

Kuznetsov A.A.

The Vladimir state university by A.G. and N.G. Stoletovyh. E-mail: artemi-k@mail.ru

On the basis of frequency analysis of heart rate variability method the original treatment of a heart rhythm regulation is given. The concept of regulation process is subdivided into management, regulation and the control. Arguments and substantiation for everyone separately process for healthy and ill people are given. Attempt of the description of barriers - levels of protection is made within the framework of the offered model.

Key words: a rhythm of heart, management, regulation, the control.

ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГНОСТИЧЕСКОГО ИНДЕКСА ДЛЯ ОЦЕНОЧНОГО ПРОГНОЗА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВОГО ЧЕЛОВЕКА

Кузнецов А.А., Палей М.С. *, Чепенко В.В.

Владимирский государственный университет, e-mail: artemi-k@mail.ru

*Управление здравоохранения администрации, г. Челябинск

Введение. Авторы [1, 2] предлагают для количественной оценки вероятности летального исхода при развитии инфаркта миокарда во времени использовать прогностический индекс (ПИ), называемый также критерием выживаемости [3]:

$$\text{ПИ} = 5\ln < X > - 1,7\text{ЛЖН} - 1,3\ln \text{КСО} - 0,5\ln \text{VLF}, \quad (1)$$

где $< X >$ – среднее выборочное значение $R-R$ интервала (средний уровень ритма), ЛЖН – наличие симптомов левожелудочковой недостаточности, КСО – конечный систолический объем левого желудочка, VLF – спектральная энергия диапазона очень низких частот ($0,00333 - 0,04$ Гц).

Автор [1], ссылаясь на исследования [2], рекомендует к практическому применению формулу величины прогностического индекса без учета данных эхокардиографии в форме

$$\text{ПИ} = \ln \text{VLF} - 10\ln < X > \quad (2)$$

Если формула (1) является эмпирической и многопараметрической, то формула (2) представлена степенной однопараметрической зависимостью $\text{VLF} = k < X >^n$ после операции логарифмирования. Тогда $\text{ПИ} = \ln k$, где k является переводным коэффициентом пропорциональности степенной зависимости $\text{VLF} < X >^n$.

Для того чтобы, этот коэффициент приобрел свойства прогностического индекса необходимо провести серию, разведенных во времени экспериментов по регистрации электрокардиограммы (ЭКГ) одного и того же человека при одних и тех же условиях регистрации. Для того, чтобы этот индекс приобрел свойство универсальности, необходимо провести аналогичные серии регистраций ЭКГ для других людей. Авторы [1, 2] провели исследование коротких (15 – 20 минут) записей ЭКГ для 134 кардиологических больных, условно разбитых на подгруппы (67, 34, и 33 человека) по величине ПИ. Смертность в течение двух лет составила 1,5 % ($\text{ПИ} > 25,8$ ед.), 8,8 % ($\text{ПИ} = 25,1 - 25,8$ ед.) и 42,4 ($\text{ПИ} < 25,1$ ед.) при использовании формулы (1). При использовании формулы (2) относительный риск оценен значением $\text{ПИ} = 1,9$ в границах доверительного интервала 1,3 – 2,7 при надежности 95 %.

Таким образом, при назначении «горизонта предсказуемости» два года, авторами [1 – 3] предлагается оценочная величина ПИ для прогноза летального исхода у больных ишемической болезнью сердца (ИБС). Отмечается снижение величины ПИ при росте летальности. При этом указывается на существование показателя (энтропии) более близкого прогноза (в течение месяца), характеризующей вариабельность ритма сердца в целом [1, 4, 5]. Энтропия достоверно снижается при осложнении течения заболевания, особенно у людей, умерших в течение месяца после инфаркта миокарда.

Цель работы – проверка возможности использования степенной зависимости вида $\text{VLF} = k < X >^n$ для прогнозной оценки функционального состояния здоровых людей при до-нозологической диагностике.

Материалы и методы. Регистрировались двадцатиминутные ЭКГ во втором грудном отведении (по Небу) с помощью комплекса амбулаторной регистрации электрокардиосигнала «AnnA Flash 3000» [4 – 7]. Данные каждой ЭКГ конвертировались в ритмограммы в форме выборочного ряда последовательности значений $R-R$ интервалов посредством лицензированной программы *EScreen* [6]. Расчет параметров вариабельности сердечного ритма (ВСР) [8] проводился в рабочем окне программы *EScreen*.

Регистрации ЭКГ первой группы (20 юношей и 12 девушек в возрасте 19 – 21 год) проводились в лаборатории медицинской физики Владимирского государственного университета в состоянии покоя в положении сидя без адаптации к условиям регистрации. Время регистрации $14^{30} - 16^{00}$ и $18^{00} - 19^{30}$ в течение февраля – апреля 2008 г. Для второй группы из двух молодых людей (юноши и девушки в возрасте 21 год) регистрации ЭКГ проводились раздельно двумя сериями (1, 2) в домашних условиях покоя в одно время суток в течение 29 и 34 дней. Регистрация ЭКГ производилась в течение декабря 2007 г. – января 2008 г. ежедневно, в одно время суток ($18^{00} - 23^{00}$) в состоянии покоя при температуре ($20 - 22$)°С в положении лежа на спине, при спокойном дыхании. Каждой регистрации предшествовал период адаптации 5 – 10 минут.

По данным расчета параметров ВСР по обеим группам обследованных выделены согласованные цифровые ряды VLF и $< X >$. Зависимости $\text{VLF} < X >$ представлены в форме точечных графиков для группы (рис. 1 а) и для первой (1) серии юноши (рис. 1 б). Наибольшее количество точек на обоих графиках приходится на их среднюю часть в интервале $< X > = 700 - 900$ мс. При ухудшении общего состояния точки на графиках обратимо сдвигаются вниз и влево. По данным анамнеза три точки, лежащие в нижней левой части графика на рис. 1 а, принадлежат ритмограммам людей: с врожденным пороком аортального клапана, после длительной физической нагрузки и эмоционального стресса и во время длительной депрессии. Исходя из этого, вероятно, результаты подобного обследования больных людей могут относиться к нижней левой части графика. Пять точек на графике рис. 1 а, совпадающие с касательной к трендовым линиям, принадлежат ритмограммам

спортсменов. Распределение точечных значений имеет форму «раструба метелки»: менее однородное у группы (рис. 1 *а*), более однородное у серии (рис. 1 *б*), раскрывающийся в стороны больших значений параметров, начиная с $\langle X \rangle = 650$ мс, $VLF = 2000$ мс². Ниже этих значений параметры обретают функциональную зависимость и форму (2).

Проверка возможности использования формы (2) для здоровых молодых людей выше указанных значений показала, что достоверность аппроксимации экспериментальных данных степенной или экспоненциальной зависимостью $VLF(\langle X \rangle)$ лежит в пределах 0,36 – 0,59 (табл.). Это указывает лишь на тесную корреляционную связь, недостаточную для функциональной.

Назовем несколько вариантов выделения функциональной нелинейной связи: 1. Семейство степенных или экспоненциальных функций (рис. 1, *б*); 2. Область состояний, ограниченная снизу степенной или экспоненциальной зависимостью, а сверху – логарифмической зависимостью; 3. Область состояний, ограниченная фигурой в форме «петли гистерезиса»; 4. Несколько независимых функционально друг от друга областей состояний, например: тахикардии, нормы и брадикардии.

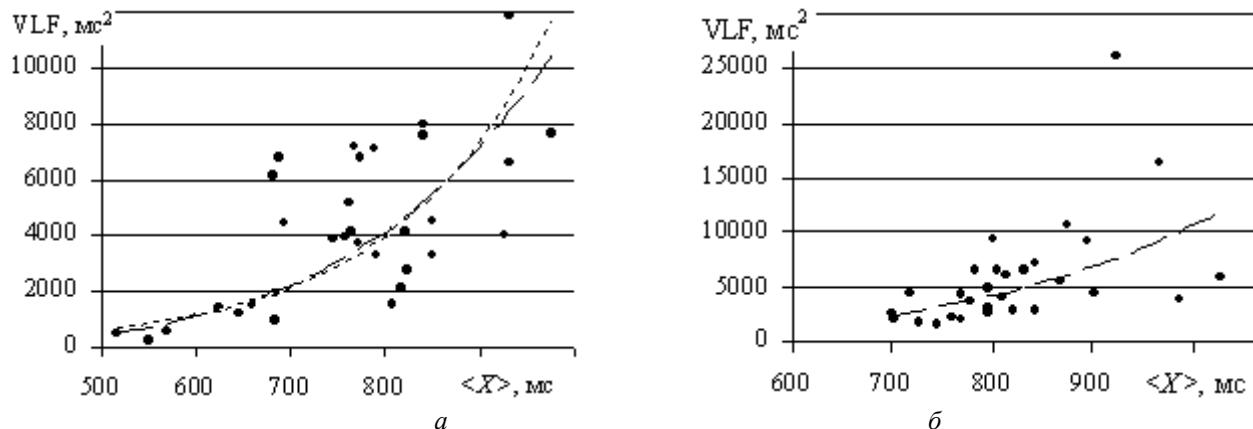


Рисунок 1 – Экспериментальные графические зависимости $VLF(\langle X \rangle)$ для первой группы (*а*) и для обследуемого К. из второй группы (*б*). Функциональные линии тренда: степенная зависимость (штриховая линия), экспоненциальная зависимость (пунктирная линия)

Тесная корреляционная связь между экспериментальными данными в норме и функциональными кривыми, построенными методом наименьших квадратов в программном обеспечении *Excel*, указывает, что при росте $\langle X \rangle$ в представленном интервале значений наиболее вероятным изменением величины VLF следует ожидать экспоненциальный или степенной рост (табл.). Очевидно прямое взаимовлияние параметров ритма. Можно предположить прямое влияние среднего уровня ритма сердца на величину VLF, или наоборот.

Таблица. Предполагаемые формы зависимости спектральной энергии от $\langle X \rangle$ в норме

Функция	$VLF(\langle X \rangle)$, мс ²		$ULF(\langle X \rangle)$, мс ²		$VLF+ULF(\langle X \rangle)$, мс ²		Total Power($\langle X \rangle$), мс ²	
	Форма	ax^b	ae^{bx}	ax^b	ae^{bx}	ax^b	ae^{bx}	ax^b
Первая группа	$10^{-10} \langle X \rangle^{4,7}$ $R^2 = 0,59$	$28,4e^{0,006 \langle X \rangle}$ $R^2 = 0,56$	$10^{-4} \langle X \rangle^{2,56}$ $R^2 = 0,61$	$211e^{0,0035 \langle X \rangle}$ $R^2 = 0,59$	$7 \cdot 10^{-7} \langle X \rangle^{3,5}$ $R^2 = 0,64$	$186e^{0,0048 \langle X \rangle}$ $R^2 = 0,61$	$9 \cdot 10^{-7} \langle X \rangle^{3,5}$ $R^2 = 0,61$	$300e^{0,0047 \langle X \rangle}$ $R^2 = 0,57$
Вторая группа	$5 \cdot 10^{-9} \langle X \rangle^{4,4}$ $R^2 = 0,37$	$94e^{0,0048 \langle X \rangle}$ $R^2 = 0,36$	$10^4 \langle X \rangle^{2,5}$ $R^2 = 0,35$	$271e^{0,0029 \langle X \rangle}$ $R^2 = 0,33$	$4 \cdot 10^{-7} \langle X \rangle^{3,5}$ $R^2 = 0,40$	$272e^{0,0041 \langle X \rangle}$ $R^2 = 0,39$	$4 \cdot 10^{-8} \langle X \rangle^{3,9}$ $R^2 = 0,53$	$279e^{0,0046 \langle X \rangle}$ $R^2 = 0,51$

Неадекватная взаимосвязь между параметрами VLF и $\langle X \rangle$ ритма сердца в норме предполагает наличие опосредованного влияния со стороны иных параметров. Для поиска формы этого влияния проведен анализ зависимости полной спектральной энергии (Total Power) и по диапазонам частот: ультранизких – ULF (ниже 0,00333 Гц), низких – LF (0,04 – 0,15 Гц), высоких – HF (0,15 – 0,4 Гц), а также объединенного диапазона ультранизких и очень низких частот – $ULF+VLF$ (ниже 0,04 Гц). По первой группе обследуемых и в дополнение к таблице: $LF = 10^{-6} \langle X \rangle^{3,3}$ ($R^2 = 0,46$) и $LF = 103e^{0,0043 \langle X \rangle}$ ($R^2 = 0,43$), $HF = 8 \cdot 10^{-11} \langle X \rangle^{4,55}$ ($R^2 = 0,38$) и $HF = 9,7e^{0,006 \langle X \rangle}$ ($R^2 = 0,35$). По второй группе: $LF = 2 \cdot 10^{-7} \langle X \rangle^{3,44}$ ($R^2 = 0,49$) и $LF = 106e^{0,004 \langle X \rangle}$ ($R^2 = 0,47$), $HF = 2 \cdot 10^{-18} \langle X \rangle^7$ ($R^2 = 0,71$) и $HF = 0,91e^{0,0084 \langle X \rangle}$ ($R^2 = 0,71$).

Если принять вместе с авторами [1, 2] первый вариант выделения функциональной связи (см. ранее), то данные таблицы указывают на слабое устойчивое предпочтение степенной зависимости в части достоверности аппроксимации, или более тесной корреляционной связи над экспоненциальной зависимостью. Анализ влияния среднего уровня ритма сердца на спектральные энергии диапазонов частот [4, 5] показал (см. табл.), что для первой группы обследуемых теснота корреляционной связи экспериментальных данных и предполагаемой функциональной зависимости растет в направлении: $LF \rightarrow HF \rightarrow VLF \rightarrow Total Power \rightarrow ULF \rightarrow (VLF+ULF)$, а для второй группы – практически в обратном в направлении: $ULF \rightarrow VLF \rightarrow (VLF+ULF) \rightarrow LF \rightarrow Total Power \rightarrow HF$.

(см. табл.). Ясно, что все диапазоны частот участвуют в формировании среднего уровня $\langle X \rangle$ ритма сердца, однако в первом случае наибольшее прямое влияние оказывают низкие, а во втором – высокие частоты.

Можно заметить (см. табл.), что показатель n в степенной форме меняется в пределах от 2,5 до 7, а для степенной зависимости $VLF(\langle X \rangle^n)$ – от 4,1 до 4,7, т.е. меньше 10 (см. 2). Рост n при высоком значении R^2 указывает на усиление прямого влияния $\langle X \rangle$ на величину спектральной энергии данного диапазона частот.

Видно, что в полученных формах (см. табл.) величина ПИ всегда отрицательна. Это связано с тем, что при анализе функциональных форм использовались $\langle X \rangle$, мс и спектральная плотность мощности, мс². При сопоставлении с авторскими [1, 2] единицами измерений, формула (2) перепишется в виде ПИ = $\ln(VLF/1000) - 10\ln(\langle X \rangle/1000)$. Результат по первой группе составит ПИ = $3,9 \pm 0,4$ (рис. 2, а). Если в таких единицах измерения применить формулу с $n = 4,5$ (см. табл.), то результат составит ПИ = $2,4 \pm 0,1$ при надежности границ доверительного интервала 95 % (рис. 2, б). В рамках принятой модели уменьшение величины ПИ в группе обследуемых свидетельствует об ухудшении состояния.

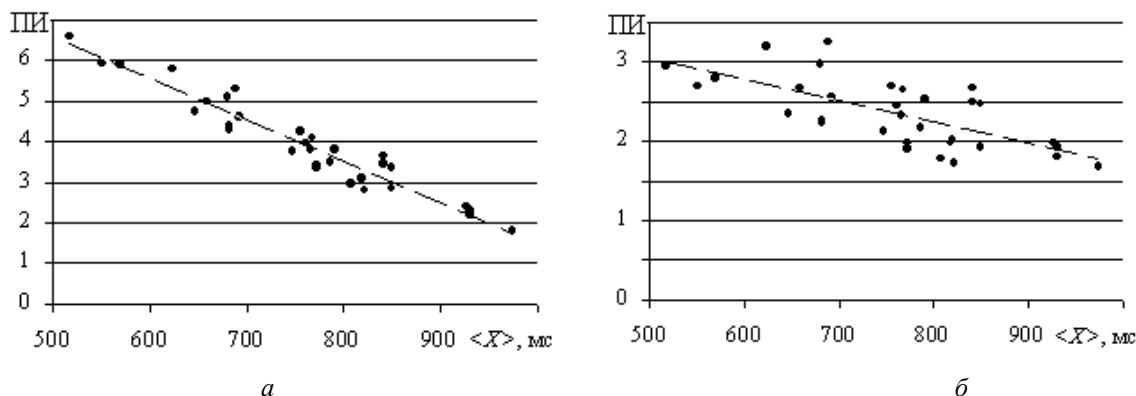


Рисунок 2 – Групповой график зависимости прогностического индекса (ПИ) от средних выборочных значений $R-R$ интервала для здоровых людей при $n = 10$ (а) и при $n = 4,5$ (б). Линии тренда показаны штриховой линией

С одной стороны искусственное увеличение n приводит к росту влияния $\langle X \rangle$ на результат, росту среднего уровня ПИ и к более качественному выделению из группы людей с угнетенным состоянием. С другой стороны рост n приводит к нивелированию влияния VLF на величину ПИ. При $n = 4,5$ величина ПИ, определяемая по линии тренда (рис. 2, б), равна ПИ = $-0,0027\langle X \rangle + 4,4$ при $R^2 = 0,49$ с очевидным влиянием со стороны других параметров ВСР. При $n = 10$ величина ПИ, определяемая по линии тренда (рис. 2, а), равна ПИ = $-0,01\langle X \rangle + 11,7$ при $R^2 = 0,93$ и прогноз выживаемости оказывается определяемым лишь по среднему уровню ритма.

Известно, что групповые параметры ВСР в норме попарно функционально связаны [4, 6, 9]. Однако, наиболее слабая параметрическая связь наблюдается со средним значением $\langle X \rangle$. Неизвестна причина и обоснование, приведшие авторов [1 – 3] к поиску прогнозной оценки события остановки сердца в зависимости только от этих двух параметров ВСР: VLF и $\langle X \rangle$. Однако, известно, что при ИБС средний уровень ритма сердца и величины спектральных энергий в диапазонах VLF и ULF сильно падают [4, 5, 10]. Поэтому качество взаимосвязи между ними меняется, и при значениях $\langle X \rangle < 650$ мс степенная зависимость $VLF(\langle X \rangle^n)$ выполняется значительно лучше и является более сильной ($n = 10$) (см. рис. 1). В таком случае каждая зависимость в семействе степенных зависимостей будет характеризоваться собственным значением ПИ.

Функциональная связь между основными характеристиками низко-частного внешнего процесса с математическим ожиданием нормального распределения $R-R$ интервалов в цифровом ряду их последовательности на диаграмме ритма может означать, что для ритма сердца человека заданной единицей времени на равномерной шкале является период этого внешнего процесса. Остальные переменные системные периодические составляющие, вероятно, должны быть в норме соизмеримы по фазе с ним [10]. Если функция ПИ($\langle X \rangle$) в форме линейной зависимости определяет адекватность среднего уровня ритма энергетическим характеристикам внешнего управляющего ритма, то отклонение от нее может означать рассогласование внутреннего и внешнего ритмов. Рассогласование означает длинноволновую неустойчивость или аритмию на больших интервалах времени, что подсказывает, например, связь с зависимостью функционального состояния организма от внешних условий (метеопатию).

Выводы.

1. Прогностический индекс универсален для оценочного прогноза до-нозологических уровней функционального состояния человека, согласуется с данными анамнеза по группам и сериям обследуемых.
2. С ростом уровня функционального состояния человека прогностический индекс одинаково быстро теряет как свою форму при неадекватной связи параметров VLF и $\langle X \rangle$, так и свою роль и необходимость.
2. Обнаружено сильное влияние величины $\langle X \rangle$ на энергию диапазонов ULF и HF, по первой и второй группам, соответственно. Связь между этими параметрами близка к функциональной – степенной.

3. Величина степени $n = 10$ в формуле степенной зависимости $VLF(<X>^n)$ является обоснованной лишь в части обозначения уровня функционального состояния, соответствующего ИБС. При улучшении функционального состояния показатель степени падает до 4 и становится динамическим показателем уровня состояния.

4. При переходе от здоровых людей к больным ИБС в сторону ее упрочнения предлагается равномерная шкала времени для ритма сердца человека с единицей масштаба, равным периоду внешнего стимула.

Библиографический список

1. Михайлов, М.М. Вариабельность ритма сердца. Опыт практического применения метода / М.М. Михайлов. – Иваново: Нейрософт, 2000. – 200 с.
2. Явелов, И.С. Прогностическое значение средней частоты сердечных сокращений и вариабельности ритма сердца, оцененных за короткое время в стандартных условиях в ранние сроки инфаркта миокарда/ И.С. Явелов, А.Д. Деев, Е.Е. Травина, Н.А. Грацианский// Кардиология. 1999. № 6. – С. 6 – 15.
3. Юнкеров, В.И. Математика – статистическая обработка данных в медицинских исследованиях/ В.И. Юнкеров, С. Г. Григорьев. – СПб.: Изд-во Военно-медицинской академии, 2002. – 267 с
4. Кузнецов, А.А. Системный анализ и обработка электрокардиографической информации. Дис... д.т.н./ А.А. Кузнецов. – Н.Новгород: 2012. 297 с.
5. Кузнецов, А.А. Методы анализа и обработки электрокардиографических сигналов: Новые подходы к выделению информации: монография/ А.А. Кузнецов. – Владимир: ВлГУ. 2008, 140 с.
6. Прилуцкий, Д.А. Накопитель ЭКГ «AnnA Flash2000»/ Д.А. Прилуцкий, А.А. Кузнецов, А.А. Плеханов, В.В. Чепенко// Методы и средства измерений физических величин. – Н.Новгород: НГТУ, 2006, С. 31
7. *Medical Computer Systems, Zelenograd, Moscow: <http://www.mks.ru>*
8. *Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology // European Heart Journal. 1996. V.17. – P. 354 – 381.*
9. Кузнецов, А.А. Энтропия точечной диаграммы ритма сердца/ А.А. Кузнецов // Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии. ФРЭМЭ'2008. В 2-х кн. Кн. 1. – Владимир-Сузdal': ВлГУ. 2008. – С. 176-180.
10. Кузнецов, А.А. Определяющие явления активности материи/ А.А. Кузнецов, М.С. Палей// Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине. Форум идей. II между. Конгресс. - С.-Петербург. 2000. С. 48.

CHECK OF AN OPPORTUNITY OF FORECAST INDEX APPLICATION FOR THE ESTIMATED FORECAST OF THE HEALTHY PERSON FUNCTIONAL STATE

A. A. Kuznetsov, M.S. Palej *, V.V. Chepenko

The Vladimir state university, The Vladimir state university of a name of Alexander Grigor'evicha and Nikolay Grigor'evich Stolетовыh, Russia. e-mail: artemi-k@mail.ru

* Management of public health services of administration, Chelyabinsk, Russia

A forecast index application in the accepted form has shown his(its) efficiency at nozologic diagnostics of the big group of patients by heart ischemic illness (HII). In work properties and characteristics of offered sedate dependence of spectral energy frequency ranges from an average level of a rhythm and an opportunity of use of this estimation for the forecast of the functional state of healthy people are investigated at pre-nozologic diagnostics. Close correlation communication between VLF and $<X>$ is confirmed, but pair functional connections are not found out. It is supposed, that sedate functional connection is formed for HII patients at transition in an interval of characteristic values for them on an average level of a heart rhythm. It is shown, that linear dependence between forecast index size and an average level of a rhythm is in that case carried out.



РЕАЛЬНЫЙ, ИДЕАЛЬНЫЙ И ЭТАЛОННЫЙ РИТМ СЕРДЦА

Кузнецов А.А.

Владимирский государственный университет, e-mail: artemi-k@mail.ru

К проблеме эталонной электрокардиограммы. Как известно, образование макроскопических структур при биологических процессах определено термином морфогенез [1]. Этим же термином широко пользуются при описании формирования графических реализаций сигналов разной природы, и в частности, электрокардиограмм (ЭКГ) [2]. В морфологии ЭКГ нет четких границ между отдельными фрагментами (интервалами и сегментами), подлежащими распознаванию. Даже у здоровых молодых людей в состоянии покоя сердечный ритм подвержен значительным колебаниям, которые обусловлены не столько реакцией организма на внешние возмущения, сколько реактивной готовностью к их восприятию. Иными словами,

частота сердечных сокращений вовсе не стремится к гомеостатичной (стабильной) величине, а постоянно flуктуирует в норме и при отсутствии внешних влияний [3].

При большом разнообразии электрокардиограмм (ЭКГ), основанных на больших параметрических диапазонах устойчивости, возникают проблемы с получением адекватных результатов при их сопоставлении. Процедура сопоставлений и аналогий по каждой паре ЭКГ приводит к загромождению графических данных и делает работу малоэффективной и слабо продуктивной. Проблема устраняется созданием единой эталонной ЭКГ для сопоставления со всеми и любыми реализациями реальных ЭКГ. Такой эталон обязан обладать всеми основными признаками ЭКГ здоровых людей и характерными динамическими и частотными признаками внешней среды влияния, или, хотя бы некоторыми устойчивыми интегральными их признаками [2]. Представление такого процесса требует обязательного сохранения морфологии всех комплексов на ЭКГ, определяющее постоянство величины «связанной энергии структуры формы».

Известные способы создания эталонной ЭКГ основаны на геометрических или параметрических образах кардиоциклов в формах последовательностей простых геометрических элементов или *allometric scaling*. Оба способа моделируют наиболее вероятную форму кардиоцикла и отклонений при сканировании реальной ЭКГ с полной потерей или сопоставимым искажением информации о фазовой и амплитудной динамике. Очевидно, что построение даже диаграммы ритма по таким технологиям становится некорректным. Очевидно, что реальная ЭКГ на протяжении нескольких последовательных кардиоциклов является апериодической функцией и в части вариабельности частоты сердечных сокращений (ЧСС), и в части вариабельности формы фрагментов P, QRS, ST-T. Поэтому интерполяция наблюдаемых во временной области кардиоциклов с последующим их усреднением, не обосновано как алгоритм построения эталонного кардиоцикла.

Методика создания эталонного процесса основывается на наиболее вероятном физическом состоянии, к которому процесс стремится в норме. Для реальных физиологических процессов приближение нормы обязано быть стационарным и асимптотически устойчивым. Эти два понятия достаточно трудно учесть и использовать при исследовании системных процессов, в которых динамические составляющие в норме могут не только усиливаться за счет друг друга, но компенсироваться при сопряжении. Если это невозможно сделать, то при формировании модели производится идеализация системного процесса с частичной изоляцией пренебрежением сопутствующими процессами, выходящими за рамки модели, «мешающие» указанному приближению. Один из таких подходов заключается в методическом поиске не прямого отображения ЭКГ, но отображения ЭКГ в фазовом пространстве. Метод состоит в том, что на основе обработки ЭКГ-сигнала $x(t)$ оценивается производная и в координатах $(x - dx/dt)$ отображается графическая зависимость между амплитудой ЭКГ и скоростью ее изменения во времени с определением фазовой траектории и приближения к фазовой траектории эталонного кардиосигнала. Дифференцированная ЭКГ содержит информацию о скорости распространения деполяризации и реполяризации по миокарду, а морфология ЭКГ в указанных координатах фазового пространства очень напоминает векторную электрокардиограмму [2]. Отличительной особенностью этого метода и сформированной на его основе информационной технологии является то, что все стадии анализа ЭКГ, в том числе построении эталонного кардиоцикла во временной области, осуществляются путем усреднения ЭКГ в фазовом пространстве координат. Правомерность такого алгоритма усреднения обусловлена тем, что даже при изменении ЧСС, точки фазовой траектории, соответствующие зубцам R, комплексам QRS и сегментам ST-T разных кардиоциклов группируются в фазовом пространстве относительно некоторой наиболее вероятной – «средней линии», подлежащей оцениванию. Однако, эффективный метод поиска наиболее вероятного состояния и здесь пусть в меньшей степени, но не избавляет от эффекта осреднения, или сглаживания функции ЭКГ и равносилен переходу от большей частоты дискретизации к меньшей при записи ЭКГ [4]. Высокочастотные патофизиологические проявления на записи ЭКГ становятся «замыленными», затертыми, или сглаженными. Автор видит единственный альтернативный путь анализа ЭКГ разделением сигнала на энергетическую (амплитудную) и временную (фазовую) составляющие с дальнейшим исследованием их по раздельности. Основной динамической характеристикой ритма сердца в норме является его вариабельность [3, 7, 8]. Поэтому предлагается подходить к эталонной ЭКГ последовательно, начиная с фазовой динамики и анализа возможности создания эталонной ритмограммы.

Известно, что вариабельность ритма сердца здорового человека в норме функционального состояния подчиняется нормальному закону распределения [3, 7 – 9]. Ритм сердца, определенный вариативной сверткой детерминистского и хаотического процесса, может быть представлен цифровым рядом, созданным генерацией случайных чисел поциальному закону по заданным значениям стандартного отклонения (σ), среднего значения $\langle X \rangle$ R-R интервала и шага дискретизации. Чем больше размер ряда, тем меньше вклад детерминанты его конечности в виртуальную копию процесса, или выборочную реализацию виртуального процесса (ВРВП) ритма сердца и тем ближе это распределение к нормальному закону. Процесс записи цифрового ряда формированием диаграммы точечных значений R-R интервалов выборочной реализацией реального процесса (ВРРП) и ВРВП происходит по-разному. Спектр плотности мощности ВРВП широкий не имеет ограничений в частотных диапазонах записи: от длины записи до шага дискретизации. Спектры ВРРП здоровых обследуемых специфичны. Если общая мощность ТР (Total Power) на этих спектрах практически одинакова, то распределение по частотным диапазонам ULF, VLF, LF и HF сильно разнятся превалированием вкладов в диапазоны ULF и VLF за счет других. Поэтому приближение к нормальному закону распределения для одинаковых размерных рядов выполняется для ВРВП в большей степени, а для ВРРП – в меньшей [10, 11].

По технологии генерации характеристики ВРВП не зависят от назначаемого среднего уровня $\langle X \rangle$ виртуального ритма, тогда как частота сердечных сокращений реального процесса (и ВРРП) относится к основной категории показателей в части внутреннего рефлекторного и внешнего психического и эмоционального влияний. Так как ВРВП содержит только хаотическую составляющую, то резонно заключить, что ВРВП и ВРРП отличаются на детерминистскую Д-составляющую, придающую признаки индивидуальности реальному ритму. Первым основным количественным критерием Д-составляющей становится средний уровень ритма; вторым – эффекты взаимодействия системного ритма с ритмами внешней среды.

Реальный ритм «создается» при непрерывном действии внутренних и внешних механизмов контроля, управления, регуляции. Их влияния захватываются ритмом сердца в форме эндогенных и экзогенных ритмов [12, 13], относящихся диапазону VLF в меньшей степени, а к диапазону ULF – в большей. Но диапазон VLF мало исследован, а диапазон ULF практически не исследован. Поэтому поначалу приходится использовать не категорию «эталонного ритма», а категорию идеализации ритма сердца. Идеальная ритмограмма сердца – цифровой ряд, сгенерированный по нормальному закону на частоте дискретизации регистратора на средних значениях двух первых моментов нормального распределения $\langle X \rangle$ и σ .

Цель работы – определение идеальной и эталонной ритмограмм и реализация идеального ритма сердца на основе его вариабельности и исследование их отличительных свойств и характеристик.

Идеальная и эталонная ритмограмма

Наиболее вероятным приближением к физическому состоянию нормы организма человека резонно назначить состояние физического покоя и инерции покоя, позволяющее естественно сохранять физиологическое состояние с минимальным влиянием и минимальным информационным потоком на реактивную систему сердца. При этом вероятность стохастического процесса минимизируется, детерминизм спадает до минимума и при соблюдении инерции покоя количество информации [5, 6] на ритмограмме «набирается» в асимптотическом приближении к постоянной скорости при росте размера стационарной записи (рис. 1 а).

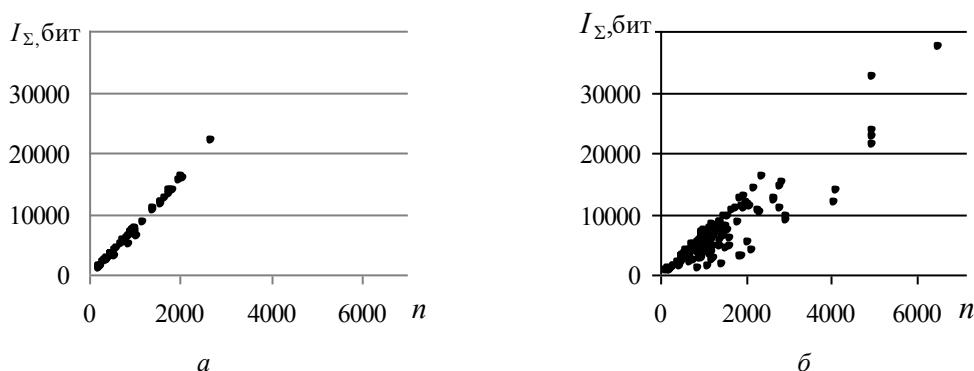


Рисунок 1 – Количество информации I_Σ в зависимости от размера n записи ритмограмм здоровых молодых (18 – 20 лет) (а) и больных (б) людей

При заданном шаге дискретизации и величине σ функция $I_{\Sigma, \Gamma}(n)$ для ВРВП имеет график прямой линии вида $(an + b)$ с максимальным углом наклона. Функция количества информации сопоставляемого реального ритма (ВРРП) имеет угол наклона всегда меньший, но приближающийся к максимальному значению при улучшении состояния. В указанном представлении функция $I_\Sigma(n)$ является первообразной для функции $I^*(n)$.

Вне состояния покоя и для пациентов реанимационного отделения (рис. 1 б) скорость роста количества информации находится в прямой зависимости от уровня функционального состояния больного: наименьшая скорость – для ритмограмм больных в коме, наибольшая – для больных при эффективном курсе терапии

Основной определяющий критерий идеальной ритмограммы – постоянная максимальная скорость роста количества информации: $dI_\Sigma/dn = \text{const}$, где количество информации, недостающее для полного описания точечной диаграммы ритма: $I_\Sigma = \log \Gamma$, $\Gamma = n!/n_1!n_2! \dots$, n_i – количество одинаковых значений R-R_i интервалов, i – номера «ярусов» одинаковых значений R-R_i интервалов на диаграмме ритма сердца (ДРС).

В модельном представлении ДРС «мгновенно замороженной» газовой системой, Γ -функция определяется как термодинамическая вероятность распределения точечных значений на ДРС. При заданном n естественно ожидать (по форме Γ -функции) максимального значения для равномерного распределения точечных значений по ярусам – выделенным виртуальным временными линиям постоянного значения на ДРС. Но в таком случае ритм сердца теряет смысловую системность устойчивости при процедуре непрерывного поиска наиболее вероятного режима. Сохраняет реальную смысловую системность устойчивости ритма распределение точечных значений по нормальному закону, предполагающему мягкое управление (по сравнению с распределением Лапласа) около наиболее вероятного значения и симметричное убывание вероятности «на хвостах» распределения в области тахи- и брадикардии. Конвертированная двадцатиминутная запись ЭКГ в ВРРП обретает соответствующее нормальному закону приближение, равное скорости роста

количества информации dI_Σ/dn на событийной шкале номеров отсчетов кардиоциклов, т.е. информационной энтропии (I^* , бит/отсчет). Функция $I^*(n)$ монотонно замедленно растет по длине ритмограммы, принимая постоянное значение по завершении нормализации распределения лишь при бесконечном размере ($n \rightarrow \infty$).

При условно принятом постоянстве информационной энтропии для двадцатиминутной записи, равном средне-выборочному количеству информации: $\langle I_\Sigma \rangle = I_\Sigma/n$, или $I^* = (\log \Gamma)/n$, возникает возможность сочетанной проверки методов анализа выборочных реализаций реальных и виртуальных процессов, подчиняющихся нормальному (или иному) закону распределения. С одной стороны возможно применение метода сопоставления для показателей ВРРП и ВРВП при заданном среднем значении и при стандартном отклонении. С другой стороны известно [3, 5], что энтропия цифрового бесконечного ряда X с малым шагом дискретизации $\Delta x = 1\text{ мс}$ и нормальным законом распределения: $H(X) = \log[(2\pi e)^{1/2}\sigma/\Delta x]$. На диаграмме $I^*(\sigma)$ рис. 2 эта формула представляет эталонное приближение прямой линии справа в обозначении $(\infty, H(X))$.

Для генерируемых по нормальному закону конечных цифровых рядов разного размера n линии графиков деформируются в соответствии со степенью незавершенности нормализации (рис. 2 а). Данные реальных ритмограмм располагаются вблизи линий идеальной (0) и эталонной $H(X)$ ритмограмм (рис. 2 б). Линия идеальной ритмограммы описывается формулой $I^* = \log_2(3\sigma)$, а эталонной – $H(X) = \log_2(4,13\sigma)$, с принятым основанием 2 для численного сопоставления, шагом дискретизации $\Delta x = 1\text{ мс}$ и стандартным отклонением в единицах измерения $[\sigma] = \text{мс}$.

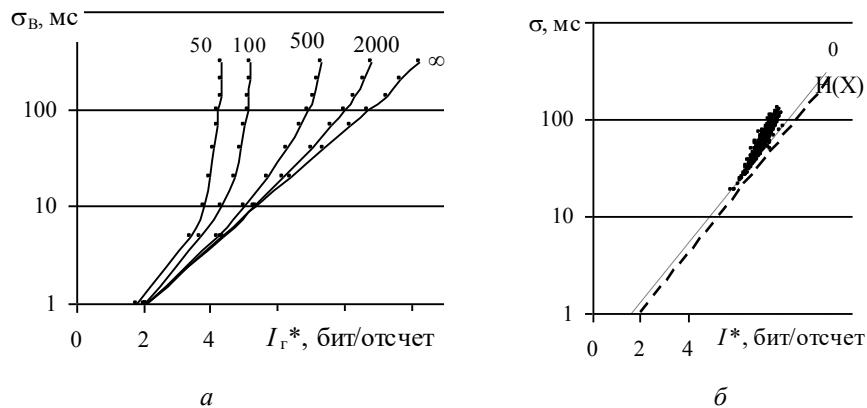


Рисунок 2 – Диаграммы $I^*(\sigma, n)$ виртуальных (а) и реальных (б) ритмограмм

Параметр эволюции и ре-эволюции системного процесса ритма сердца

Генезис текущей формы графической реализации сигнала оценивается степенью упорядоченности его структуры. Каждый порядок распределения точечных значений электрического потенциала на ЭКГ или RR интервалов на ДРС при заданном функциональном состоянии организма (ФСО) нормы и качестве записи зависит от шага дискретизации и длины реализации записи. Шаг дискретизации $\Delta x = 1\text{ мс}$ задан частотой дискретизации $f_d = 10^3\text{ Гц}$ регистратора [3, 4]. Длина реализации устанавливается равной длине записи ЭКГ на временной шкале по максимальному среднему интервалу времени при минимальных внешних рефлекторных проявлениях регистрируемого. Этот 20-минутный интервал выявлен опытным путем при установившихся постоянных психических, эмоциональных и физических состояниях покоя (сидя или лежа). В указанных рамках ЭКГ описывает стационарный процесс проведения электрического сигнала с минимальным внешним детерминистским влиянием, и характеризуется соответствующим минимальным значением информационной энтропии I^*_{\min} [5, 6], отвечающим оптимальной детерминации морфологии кардиоцикла. Поэтому сами процессы установления I^*_{\min} на реализациях кардиоциклов характеризуются неравенством $dI^* < 0$. Параметр dI^*/dt на шкале времени или dI^*/dn для циклических процессов на событийной шкале характеризует мгновенную скорость убыли информационной энтропии, или скорость роста превалирования детерминирующего процесса, устанавливающего характерный порядок морфологии всех и каждого кардиоцикла. В ортогональной проекции – ритмограммы порядок изменений информационной энтропии иной [3, 7]. Распределение точечных значений RR интервалов диаграмме ритма сердца (ДРС) при заданном функциональном состоянии организма (ФСО) нормы и исходя из внутреннего «вложенного» свойства фазовой составляющей – вариабельности (изменчивости) [8] соответствует приближению кциальному закону [3, 7 – 9]. Таким образом, фазовая составляющая ЭКГ представлена ритмограммой и является в норме «сильно хаотической» и «слабо детерминированной». В состоянии психической, эмоциональной и физиологической функциональной нормы [2, 3] и физического покоя молодого здорового человека, детерминанта обеспечивается: шагом дискретизации регистратора, длиной записи, характерным спектром плотности мощности, выделяющим дыхательный ритм и иные эндогенные физиологические ритмы [10, 11], а также четырьмя моментами нормального распределения [5]. При заданных условиях регистрации (см. выше) показателями детерминанты остаются временные и частотные параметры: спектральные частотные диапазоны, математическое ожидание (среднее значение), стандартное отклонение, коэффициент асимметрии и эксцесс. Это означает, что параметр $I^*(t)$ отвечает за информационный баланс между хаотической и детерминистской составляющими влияний на ритм сердца [14]. Но за тот же баланс, высказанный в общепринятых

физиологических терминах возбуждения и торможения, отвечает вегетативная система регуляции внутренних процессов и связей. В рамках очевидной аналогии предположим возможность достоверного утверждения, что структура ритма сердца – реактивный посредник между симпатико-парасимпатическими влияниями [15].

Библиографический список

1. Хакен, Г. Синергетика / Г. Хакен. – М.: Мир. 1980. 404 с.
2. Физиология человека. В 3 томах. Т.2/Под ред. Р. Шмидта и Г. Тевса: пер. с англ.– М.: Мир. 1996. 313 с.
3. Кузнецов, А.А. Системный анализ и обработка электрокардиографической информации/ А.А. Кузнецов. Дисс... д.т.н. – Н.Новгород: НГТУ. 2012. 297 с.
4. Medical Computer Systems, Zelenograd, Moscow: <http://www.mks.ru>
5. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей: учеб. для вузов/ Е.С. Вентцель. – М.: Высшая школа. 1999. 576 с.
6. Мун, Ф. Хаотические колебания. Вводный курс для научных сотрудников и инженеров / Ф. Мун. – М.: Мир. 1990. 312 с.
7. Кузнецов, А.А. Энтропия ритма сердца: монография / А.А. Кузнецов. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та. 2009. 172 с.
8. *Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use // European Heart Journal.* 1996. V.17. P. 354 – 381.
9. *Kuznetsov, A.A. The Distribution Functions of the Parameters of the Rhythmograms of Healthy Individuals/ A.A. Kuznetsov, S.A. Permyakov // Measurement Technique.* 2014. V. 57, Issue 9. P. 1088 – 1095.
10. Кузнецов, А.А. Системная связь между процессами ритма сердца и динамики систолического потенциала/ А.А. Кузнецов // Информационные технологии. 2011. № 8. С 69 – 74.
11. Кузнецов, А.А. Исследование взаимосвязи ритма сердца и динамики амплитудных значений зубца R на электрокардиограмме/ А.А. Кузнецов// Инфокоммуникационные технологии. 2012. Т. 10, № 1. С. 55 – 60.
12. Биологические ритмы. В 2-х томах. Т. 1. /Пер. с англ. под ред. Ю. Ашоффа. – М.: Мир. 1984. 414 с.
13. Бюннинг, Э. Ритмы физиологических процессов (Физиологические часы)/ Э. Бюннинг/ Пер. с нем. под ред. И.И. Гунара. – М.: Иностранная литература. 1961. 184 с.
14. Кузнецов, А.А. Энтропийный подход к исследованию амплитудно-фазового сопряжения электрокардиосигнала/ А.А. Кузнецов, С.А. Пермяков// Инфокоммуникационные технологии. 2013. Т. 11, № 3. С. 50 – 56.
15. Баевский, Р.М. Введение в до-нозологическую диагностику / Р.М. Баевский, А.П. Берсенева. – М.: Слово. 2008. 176 с.

REAL, IDEAL AND STANDARD HEART RHYTHM OF

Kuznetsov A. A.

The Vladimir state university of a name of Alexander Grigor'evicha and Nikolay Grigor'evicha Stoletovyh, Russia

It is shown, that for young both healthy people the structure and distribution of R-R intervals values on the electrocardiogram have approximation the form of normal distribution at unlimited growth of the size of rhythmgram digital line. Author's treatments of a real, ideal and standard rhythm of heart are given. The quantity indicator both their difference and a functional state surveyed is offered.



РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ ВЛИЯНИЯ ХРОНИЧЕСКОГО СТРЕССА НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

¹Музыченко Ю.Н., ¹Zhang L., ²Аполлонова И.А., ²Николаев А.П., ²Маликова С.Г., ²Писарева А.В.

¹Харбинский политехнический университет, juliia.muzychenko@mail.ru, zhanglihit@hit.edu.cn;

²МГТУ имени Н. Э. Баумана, apollonova-i@yandex.ru, apnikolaev@yandex.ru, sofia.malikova@bmstu.ru, pavpav.06@mail.ru

Накопленный опыт диагностики функционального состояния человека позволил собрать большое количество данных касательно воздействия стресса на организм. При этом также стал виден спектр проблем и ограничений, с которыми сталкиваются специалисты при измерении стресса и его влияния на здоровье. Схематично можно представить влияние внешней среды на человека следующим образом:

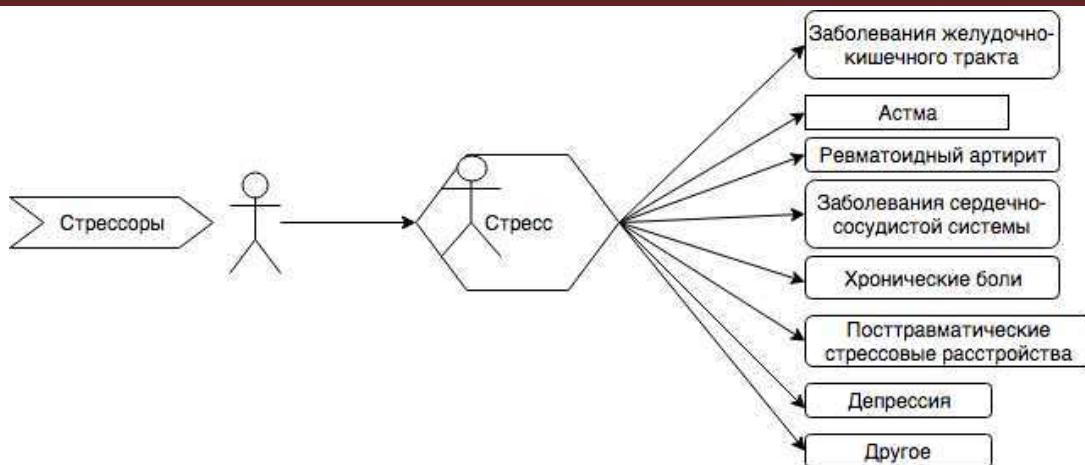


Рисунок 1 - Стресс и здоровье [10]

До недавних пор важнейшими принципами профилактической медицины считались принципы диспансеризации с целью выявления заболеваний с последующим наблюдением и лечением больных. Основные положения раннего выявления болезней сформулированы и одобрены ВОЗ. Однако, ежегодные исследования неизбирательными методами мало информативны и представляют собой дополнительную трату времени, средств и усилий.

Большие Данные и технологические инновации с их применением позволяют постоянно отслеживать текущее состояние здоровья человека и своевременно принимать превентивные меры для предотвращения возникновения заболевания, вместо того чтобы ждать его появления или качественного изменения состояния организма. Это также экономически рационально как и в любой другой индустрии, например, технической, когда профилактические меры введены в обязательном порядке. В то же время в сфере здравоохранения большая часть ресурсов инвестируется в уход за больными и менее сфокусировано на поддержании состояния человека в категории “здоровый”. Одной из причин этого является довольно молодой статус экономических инициатив в сфере “Wellcare”, с другой стороны почти весь инвентарь и медикаменты сконцентрированы на диагностике и лечении клинических заболеваний.

Тем не менее, появляются новые тенденции, немалое количество страховых компаний более пристально обращают внимание на корреляции между риском возникновения заболевания и необходимостью выплаты средств. Вследствие чего инвестируют большую сумму денег в управление рисками. Также, в корпоративном мире большое количество компаний считают необходимым поддерживать здоровье своих сотрудников на оптимальном уровне для повышения производительности компании в целом через инвестиции в спорт, релаксацию, здоровую атмосферу в коллективе, питание и отдых сотрудников. Тем самым они не только могут быть уверены, что сотрудник в лучших условиях принесет больше пользы, а также они уменьшают страховые расходы и получают более верных компаний сотрудников [6].

Так сложилось, что только в последнее время ученые обратили пристальное внимание на разработку средств и методов, которые помогают изучать взаимосвязь биологических процессов, которые связывают переживаемый психологический стресс человека с патогенезом различных заболеваний (рис.1) [10]. Механизмы воздействия психологических стрессоров на организм не до конца изучены, но уже есть четкое понимание, что главным медиатором является когнитивно-аффективная оценка ситуации, за которой следует неврологический триггерный механизм, который запускает стрессовый ответ путем задействования нервной и эндокринной систем организма [3]. В норме данные механизмы спроектированы в нас для защиты от опасности, так как они мобилизуют ресурсы организма. Но в современных условиях жизни, работа данных механизмов носит нездоровий характер, так как столетия назад опасность представляла из себя ситуацию в которой нам надо было убегать от голодного зверя или бороться с противником, а в наше время точно такая же психофизиологическая реакция может быть вызвана дедлайном на работе или затянувшейся ссорой с лучшим другом. Очень важным в данном случае будет сказать, что временной фактор играет одну из ключевых ролей, так как при затянутой реакции гормональный дисбаланс заставляет системы организма работать на пределе, что может перерасти в своеобразную привычку организма и повлечь за собой развитие хронических заболеваний, о которых говорилось ранее. Интересно заметить, что мозг запоминает и ассоциирует много деталей с уже распознанной угрожающей ситуацией, и в попытке предостеречь нас от гипотетической травмы может запускать защитную нейро-химическую реакцию раз за разом, даже если сама ситуация изменилась, прошла.

Ученые доказали, что комбинации стимулов и реакций организма очень специфичны, одним из первых на это обратил внимание R. Lazarus, в 1958 году J.I. Lacey в свою очередь отметил, что индивиды проявляют значительное постоянство в типах реакций на различные стрессовые ситуации. За последние шестьдесят лет ученые выявили целый ряд факторов, которые влияют на данные механизмы, далее перечислены лишь некоторые из них: стресс-восприимчивость, индивидуальные паттерны поведения, доступные для копинга ресурсы, биологические и генетические особенности организма.

В результате возрастающего исследовательского интереса к данной проблеме было проведено большое количество исследований, которые пытались связать индивидуальные особенности уязвимости человека к воздействиям стрессоров, психофизиологического ответа организма с акцентом на генетических, биологических и психологических факторах. Ярким примером может быть работа итальянских ученых опубликованная в European Health Journal в 2005 году [1], в которой они исследовали взаимосвязь личностных характеристик и вариабельности сердечного ритма (ВРС) группы людей без истории психических заболеваний, не принимающих никаких психотропных веществ, которые попали в медицинский центр с инфарктом миокарда с возможным развитием сосудисто-сердечных заболеваний в период после выздоровления. Исследование показало, что с большой вероятностью, люди с низкой эмоциональной чувствительностью имели больший шанс развития коронарных заболеваний, повторного инфаркта при сильном стрессе.

Выбор диспозиционных черт личности не случаен, ведь они являются внешним проявлением особенностей строения и развития нашей нервной системы, а когда нервная система приходит в состояние дисбаланса, это отражается на психофизиологическом ответе организма. Это явно можно увидеть в исследованиях проведенных в The SCOPE Project, когда перед учеными была поставлена цель исследовать особенности физиологических реакций у португальских полицейских при выполнении особо опасных заданий, а также в The Vital Surgeon Project, когда у оперирующего хирурга снимали данные сердечно-сосудистой активности. Полученные данные показали, что вариабельность сердечного ритма менялась при особо психологически напряженных моментах операции.

Вариабельность сердечного ритма не единственный физиологический показатель, который используется для оценки сомато-вегетативного статуса организма. При поиске литературы на тему неинвазивной диагностики стресса на научном ресурсе PubMed было найдено более 9500 статей по ключевому слову HRV (ВРС), более 12000 работ по ключевым словам respiration и stress, electromyography и stress - 2604, electrodermal и stress - 311, skin conductivity и stress - 71, и т.д. Однако, в контексте хронического стресса работ не так много: HRV - 139, electromyography - 195, electrodermal - 20, skin conductivity - 5, respiration - 954, pupil diameter - 38, и т.д. Факт, что существует такое быстрорастущее количество исследований в данной области, разнообразие путей и методов диагностики, говорит о том, что идет активный поиск наиболее оптимального пути решения данной задачи.

Эффекты влияния хронического стресса на организм большей частью подробно разобраны на примерах уже серьезно развитых заболеваний, таких как посттравматические расстройства или гипертензия. В то время как известно, что при устраниении источника острого стресса, организм возвращается в состояние гомеостаза, но хронический стресс в свою очередь привносит хронические изменения в организме на фоне истощения его ресурсов [4]. Совершенно очевидно, что разработка методов оценки хронического стресса является актуальной и новой задачей, которая стоит перед учеными.

Задавшись целью разработать метод оценки влияния хронического стресса на организм, важно понимать, что мы не можем измерять все компоненты системы одновременно, так как McEwen в своих работах показал, что изменение в любых медиаторах стрессовой реакции приводит к компенсаторным изменениям в других медиаторах, а также в вторичных реакциях организма (сердечный ритм, давление, температура, и т.д.) [6;5]. Тем не менее, наиболее точным будет оценка нескольких параметров одновременно в контексте аллостаза (процесса адаптации организма к изменениям в окружающей среде) с учетом индивидуальных норм человека [8].

Есть некоторый ряд требований, которым должен отвечать комплекс оценки влияния хронического стресса на организм: устройство должно быть мобильным, измерения показателей должны быть достаточно точными, обработка биологических сигналов должна быть объективной и точной. Метод должен быть неинвазивным при высокой точности и объективности получаемых результатов. Комплекс должен позволять накапливать информацию и анализировать ее как в реальном времени, так и в динамике. Результаты анализа должны быть легкодоступны, комплекс должен включать в себя возможность визуализации собираемой информации и результатов ее анализа. Комплекс должен позволять проводить исследование функционального состояния организма без ограничения подвижности исследуемого объекта, при этом устройство должно быть комфортным для использования, должно работать достаточно время без подзарядки, желательно быть влагоустойчивым и защищать информацию от постороннего воздействия. Также должно быть обеспечено хранилище памяти до передачи информации в облачный сервер.

Сами измеряемые показатели метода оценки влияния хронического стресса на организм человека должны быть надежными и отличаться малой вариабельностью, а также должны иметь в наличии четкую взаимосвязь с системами организма. Параметры должны соответствовать международным стандартам оценки, физиологической интерпретации и клинического использования. Информация собираемая о показателях должна давать возможность проводить объективную оценку о нарушении работы систем регулирования организма в целом.

На основе предыдущих исследований можно сделать вывод, что основные параметры для неинвазивной диагностики влияния хронического стресса хорошо изученные на данный момент это вариабельность сердечного ритма (ВРС), содержание кортизола в волосах, кровяное давление (ограничение на постоянный мониторинг), кожно гальваническая реакция (при повышенной температуре и влажности может быть не точным параметром, таким образом накладывается ограничение на проведение измерений в течении

физической активности) [9], состав крови по неинвазивному термоваскулярному анализу, давление, пульс [2], температура, ЭЭГ(требует лабораторной оценки).

Изменение данных параметров является сигналом дисбаланса нервной системы, что может помочь судить об активации внутренних ресурсов организма и его возможной скорой аллостатической перегрузке(рис.2).

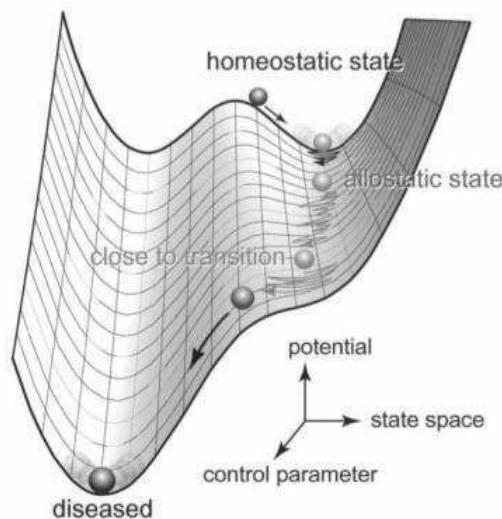


Рисунок 2 - Процесс транзакции из состояния гомеостаза в состояние болезни [7]

Существующие автоматизированные методы для постоянной диагностики состояния здоровья имеют ряд ограничений, и многие из них не соответствуют требованиям для выявления ранних донозологических стадий развития адаптационного синдрома Селье. Например, в работе некоторых комплексов нужно не только вводить поправку на подвижность, но и проводить дополнительный опрос испытуемого, касательно его психоэмоционального состояния в каждый момент времени, что само по себе не удобно. Структурная функциональная схема комплекса представлена на рисунке 3. Пользователь оснащен медицинским носимым устройством, с которого снимаются медицинские показатели, данные местоположения. Далее информация проходит первичную обработку, в ходе которой устраняются артефакты, и поступает в облачный сервер, на котором будут далее храниться в базе данных. Поступившие данные сравниваются с уже существующими с помощью специального ПО и возвращаются пользователю в виде визуальной информации. Доступ к базе данных также имеет специализированный персонал, который может провести консультацию пользователя при возникновении вопросов.



Рисунок 3 - Функциональная схема комплекса оценки влияния хронического стресса на организм

Понимание того, как предрасположенности к стрессовому исходу интегрированы на индивидуальном уровне и влияют на особенности функционирования может способствовать развитию инновационных методов лечения больных и профилактики здоровья [5]. Таким образом, более точная классификация

нервноэдокринофенотипов стресса и использование данной классификации в разработки методов диагностики является темой для будущих исследований. В данной работе предлагается использовать методы машинного обучения, которые позволяют выявлять и классифицировать аномалии результатов, а также постепенно подстраиваться под индивидуального пользователя путем сравнения общей базы данных с данными пользователя, с последующем накоплением знаний об особенностях физиологического статуса конкретного пользователя (показатели состояния покоя, релаксации, стресса, физической активности), сопоставление данных с результатами психологических тестирований пользователя.

Что даст такой подход к изучению влияния хронического стресса на организм человека? Он позволяет рассматривать изменение физиологического статуса во времени, тем самым дает более широкие возможности функциональной диагностики и позволяет пользователю и его лечащему врачу (при необходимости) рассматривать данные в динамике. Данный метод оценки позволит провести ранний донозологический контроль и предотвратить возникновение и развитие возможных заболеваний. Пользователь может предпринимать действия по корректировке своего поведения для улучшения показателей, что при систематическом подходе позволит изменить уже сформировавшиеся привычки организма.

Библиографический список

1. Carpegniani C. Personality traits and heart rate variability predict long-term cardiac mortality after myocardial infarction./ C. Carpegniani, M. Emdin, F. Bonaguidi, P. Landi, C. Michelassi, M. G. Trivella, A. Macerata, A. L'Abbate// European Heart Journal - 2005.- 26.- 1612–1617.
2. Chandola, T. Re-employment, job quality, health and allostatic load biomarkers: prospective evidence from the UK Household Longitudinal Study. / T. Chandola , N. Zhang// International Journal of Epidemiology -2018.- Vol.47, N1. - 47–57.
3. Everly, G. A clinical guide to the treatment of the human stress response./ G. Everly, J. Lating //New York: Springer.-2013.
4. Hellhammer, D.H. Measuring Stress. /D.H. Hellhammer, A.A. Stone, J. Hellhammer, J. Broderick// Encyclopedia of Behavioral Neuroscience - 2010. -volume 2, pp. 186–191 Oxford: Academic Press.
5. Juster, R.-P. A transdisciplinary perspective of chronic stress in relation to psychopathology throughout life span development. / R.-P. Juster, G. Bizik, M. Picard, G. Arsenault-Lapierre, S. Sindi, L. Trepanier, M.-F. Marin, N.Wan, Z. Sekerovic, C. Lord, A. J. Fiocco, P. Plusquellec, B. S. McEwen, S. J. Lupien// Development and Psychopathology -2011.- vol.23 - N3. - 725-776.
6. McEwen, B.C. Central effects of stress hormones in health and disease: understanding the perspective and damaging effect of stress and stress mediators. /Bruce S. McEwen//Eur J Pharmacol. 2008 Apr 7; 583(2-3): 174–185.
7. Nakamura, T. Multiscale Analysis of Intensive Longitudinal Biomedical Signals and Its Clinical Applications./ T. Nakamura, K. Kiyono, H. Wendt, P. Abry , Y. Yamamoto//Proceedings of the IEEE - 2016. - Vol. 104 - N2. - 242-261.
8. Ramsay, D.S. Clarifying the Roles of Homeostasis and Allostasis in Physiological Regulation./D.S. Ramsay, S.C. Woods// Psychol Rev. -2014. -121(2)- 225–247.
9. Seo S.-H. Stress and EEG./ S.-H. Seo, J.-T. Lee// Convergence and Hybrid Information Technologies. 2010. - 413-426.
10. Slavich, G.M. Life Stress and Health: A Review of Conceptual Issues and Recent Findings./ G.M. Slavich//Teach Psychol. - 2016. - 43(4). - 346-355.

DEVELOPMENT OF A METHOD FOR ASSESSING THE EFFECTS OF CHRONIC STRESS ON THE HUMAN BODY

Muzychko I.N., Zhang L., Apollonova I.A., Nikolaev A.P., Malikova S.G., Pisareva A.V.
Moscow State Technical University, juliia.muzychko@mail.ru, zhanglihit@hit.edu.cn, apollonova-i@yandex.ru,
apnikolaev@yandex.ru, sofia.malikova@bmstu.ru, pavpav.06@mail.ru

The link between stress and health was supported by many studies. However, probably due to problems in the stress measures used, the issue of chronic stress monitoring still remains. Higher levels of chronic stress exposure were contributors to an increased risk for several mental and physical health conditions, such as asthma, rheumatoid arthritis, cardiovascular disease, chronic pain, chronic fatigue, fibromyalgia, posttraumatic stress disorders, irritable bowel disease, anxiety disorders, depression and others. In order to prevent development, maintenance, or stimulation of them, the method for assisting the effects of chronic stress on the human body was developed based on the results of the previous studies in the field.

**АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ВИРТУАЛИЗАЦИИ
АНАТОМИИ ЧЕЛОВЕКА В 3Д-ПРОСТРАНСТВЕ**

Лачина А.А., Немировский Д.Ю., Давыдов Н.Н., Прокошев В.Г.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых, nemirovskiy@vlsu.ru

Современная российская система медицинского образования нуждается в обеспечении качества и повышении эффективности подготовки будущих врачей. По итогам заседания общественного совета проекта «Здоровое будущее» установлено [1], что в России по состоянию на 1 января 2016 года трудятся около 540 тыс. врачей и чуть более 1,3 млн. медицинских работников со средним профессиональным образованием. Дополнительная потребность медицинских организаций во врачах составляет около 37,5 тыс. человек, а медработников со средним профессиональным образованием - более 206 тыс. человек. Наибольший дефицит отмечается по специальностям: терапия, общая врачебная практика (семейная медицина), педиатрия, анестезиология-реаниматология, травматология и ортопедия.

Инвентарь, на базе которого осуществляется обучение студентов-медиков, очень разнообразен и имеет высокую стоимость. Так цены [2] на роботов симуляторов пациента достигают порядка 2 млн. руб., а цены на гибридно-симуляционные системы - 5 млн. руб. Вместе с тем, обучение студентов на научном оборудовании с применением технологий виртуальной реальности обеспечивает существенное снижение финансовых затрат. Например, средняя рыночная стоимость VR-системы составляет порядка 60 тыс. руб. (и это с учетом неизбежных затрат на реализацию информационно-программного обеспечения).

Авторами выполнены исследования возможности использования в учебном оборудовании достижений виртуальных технологий, основанных на применении средств «Unreal Engine 4 (UE4)». Разработан и опробован информационно-программный комплекс виртуализации анатомии человека в 3-D пространстве.

В предлагаемом комплексе выполнена интеграция обучающих пособий и 3-D анатомических моделей отдельных органов человека (см. рисунок).

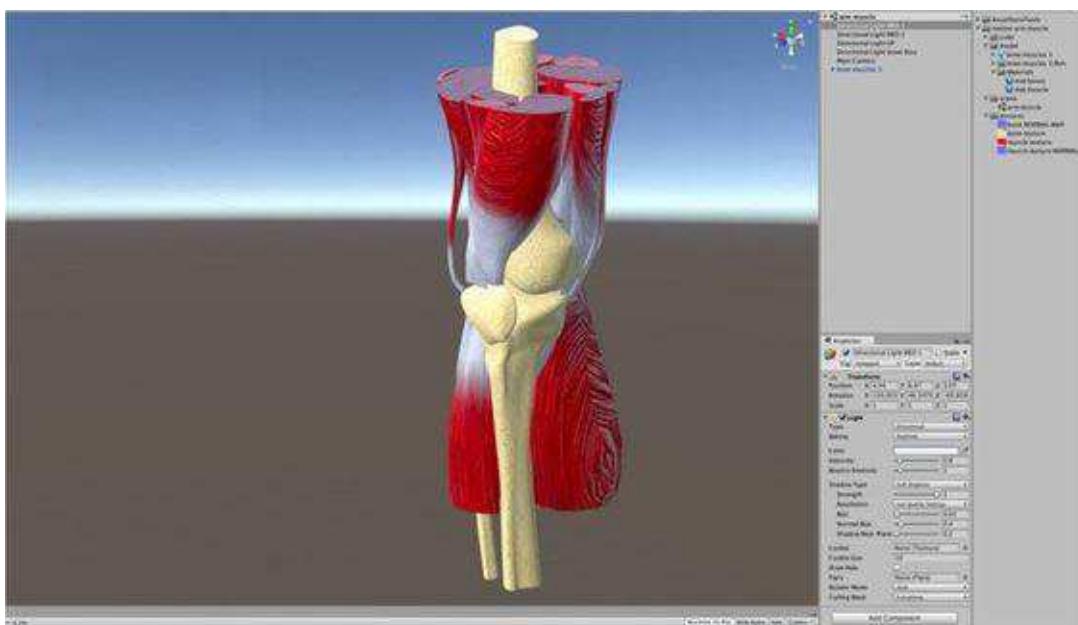


Рисунок - Пространственная модель сустава и мышц колена человека

Обмен потоками информации при взаимодействии пользователя со средой организуется с применением двух систем определения положения объекта (позиционирования) в пространстве.

Первая система является отслеживающей оптической. Обмен информации пользователя с данной системой строится на базе оптических станций, предназначенных для фиксации положения оператора в пространстве. Работа станций базируется на взаимном сопряжении инерционных датчиков, встроенных в комплекс VR, и системы оптических излучателей ИК-диапазона. В процессе взаимодействия формируется координационная сетка [3], считывают которую система переносит реальные действия пользователя в виртуальную реальность.

Вторая система – инерционная компенсирующая. Действие системы основано на применении фильтров Калмана, предназначенных для отсева (или отбора) преопределенных показаний. Принцип действия системы основан на следующем: при работе акселерометра фиксируются показания датчика и определяются отклонения вектора ускорения от начального положения. Итерации фильтра Калмана осуществляются по этапам экстраполяции и коррекции. Выражения оценки [4] отклонения полученного наблюдения, ковариационные матрицы и описание этапов приведены ниже.

Этап экстраполяции.

Экстраполяция (предсказание) вектора состояния системы по оценке вектора состояния и примененному вектору управления с шага (k-1) на шаг k определяется выражением (1):

$$\hat{x}_{k|k-1} = F_k \hat{x}_{k-1|k-1} + B_k u_{k-1} \quad (1)$$

Ковариационная матрица для экстраполированного вектора состояния составляется в соответствие с выражением (2):

$$P_{k|k-1} = F_k P_{k-1|k-1} F_k^T + Q_{k-1} \quad (2)$$

Этап коррекции.

Отклонение полученного на шаге k наблюдения от наблюдения, ожидаемого при произведенной экстраполяции, определяется выражением (3):

$$y_k = z_k - H_k \hat{x}_{k|k-1} \quad (3)$$

Ковариационная матрица для вектора отклонения (вектора ошибки) составляется в соответствие с выражением (4):

$$S_k = H_k P_{k|k-1} H_k^T + R_k \quad (4)$$

Интерактивное взаимодействие пользователя с системой осуществляется с помощью стилусов оператора или технологии захвата рук. Выбор того или иного способа взаимодействия зависит от предпочтений пользователя. Система аппаратно-программного комплекса формирует проекцию видеопотока на сетчатку глаз оператора через систему оптических линз. При этом оператор гарантированно получает неискаженную видеинформацию о внешнем строении организма человека, о внутренней форме и структуре органов, входящих в его состав. Формируемая картина отличается высокой четкостью, точностью и реалистичностью. Математическая ситуация определения положения пользователя в виртуальной среде пространства описывается следующим образом.

Рассмотрим численную совокупность 3D-точек в глобальной координационной системе отсчета. При осуществлении проекции положения данных точек на 2D-изображение возможна калибровка внутренних параметров системы отслеживания [5]. При этом происходит определение позиции осевого датчика камеры контроля и затем определение проектной модели камеры в соответствие с выражением (5):

$$sp_c = K[R|T]p_\omega, \quad (5)$$

где $p_\omega = [x \ y \ z \ 1]^T$ - одна из точек глобальной координационной системы отсчета;

$p_c = [u \ U \ 1]^T$ - соответствующая точка на 2D-изображении системы;

K – матрица внутренних параметров системы;

s – фактор масштабирования точек для 2D-изображения системы;

R, T – необходимые моменты 3D-вращения глобальной координационной системе отсчета, которые определяются при выполнении программы, изложенной в приложении.

Результирующее уравнение для модели [6] составляется в соответствие с выражением (6):

$$s \begin{bmatrix} u \\ U \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} f_x & \gamma & u_0 \\ 0 & f_y & U_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & t_1 \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & t_2 \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} & t_3 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Фрагмент программного кода, который позволяет производить пользователю интерактивное взаимодействие с виртуальной средой, представлен в таблице.

Практическая эксплуатация разработанного авторами информационно-программного обучающего комплекса виртуальной реальности подтвердила высокую эффективность процедуры тренинга студентов в части активизации процесса запоминания изучаемого учебного материала с помощью VR-технологий, при этом результативность процесса обучения сопоставима с проведением практических занятий в специализированных медицинских учреждениях.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (грант № 16-08-01226), а также Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере "У.М.Н.И.К" (договоры №11606ГУ/2017 и №11545ГУ/2017).

Таблица. Фрагмент исходного кода

Листинг программы интерактивного взаимодействия с виртуальной средой

```

+using UnityEngine;
+using System.Collections;
+
+public class WandController : MonoBehaviour {
+    private Valve.VR.EVRButtonId gripButton = Valve.VR.EVRButtonId.k_EButton_Grip;
+    public bool gripButtonDown = false;
+    public bool gripButtonUp = false;
+    public bool gripButtonPressed = false;
+
+
+    private Valve.VR.EVRButtonId triggerButton = Valve.VR.EVRButtonId.k_EButton_SteamVR_Trigger;
+    public bool triggerButtonDown = false;
+    public bool triggerButtonUp = false;
+    public bool triggerButtonPressed = false;
+
+
+    private SteamVR_Controller.Device controller { get { return
SteamVR_Controller.Input((int)trackedObj.index); } }
+    private SteamVR_TrackedObject trackedObj;
+
+// Use this for initialization
+void Start () {
+    trackedObj = GetComponent<SteamVR_TrackedObject>();
+}
+
+// Update is called once per frame
+void Update () {
+    if(controller == null) {
+        Debug.Log("Controller not initialized");
+        return;
+    }
+
+    gripButtonDown = controller.GetPressDown(gripButton);
+    gripButtonUp = controller.GetPressUp(gripButton);
+    gripButtonPressed = controller.GetPress(gripButton);
+
+
+    triggerButtonDown = controller.GetPressDown(triggerButton);
+    triggerButtonUp = controller.GetPressUp(triggerButton);
+    triggerButtonPressed = controller.GetPress(triggerButton);
+
+
+    if(gripButtonDown) {
+        Debug.Log("Grip Button was just pressed");
+    }
+    if(gripButtonUp) {
+        Debug.Log("Grip Button was just unpressed");
+    }
+    if(triggerButtonDown) {
+        Debug.Log("Trigger Button was just pressed");
+    }
+    if(triggerButtonUp) {
+        Debug.Log("Trigger Button was just unpressed");
+    }
+}
+}

```

Библиографический список

1. I-й Международный медицинский инвестиционный форум (ММИФ-2017) / Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова. 6 октября 2017. Москва. [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: <https://mmif2017.ru/> (дата обращения: 23.04.2018).
2. Фомин, В.Н. Медицинские технологии [Электронный ресурс] // Медицинские технологии. 6 апреля 2018. Москва. - Режим доступа URL: <http://robotrends.ru/robopedia/roboto-trenazhery-dlya-obucheniya-vrachayay> (дата обращения: 06.04.2018).
3. Немировский, Д.Ю., Россолов, Р.А., Давыдов, Н.Н. Автономные средства наблюдения и отображения информационных видеопотоков в 3D пространстве // Перспективные технологии в средствах передачи информации: Материалы 12-й международной научно-технической конференции / Владим. гос. университет; в 2-х томах; редкол. А.Г. Самойлов (и др.). – Владимир: ВлГУ, 2017, том 1. – 240 с. – с. 88-91.
4. Балакришнан, А.В. Теория фильтрации Калмана // А.В. Балакришнан. – Изд-во "Мир", 1988. – 166 с.
- Jiayang Liu, Lin Zhong, Jehan Wickramasuriya, and Venu Vasudevan, "User evaluation of lightweight user authentication with a single tri-axis accelerometer," in Proc. ACM Int. Conf. Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services (MobileHCI), September 2009.
5. I. J. Jang and W. B. Park, "Signal processing of the accelerometer for gesture awareness on handheld devices," in Proc. IEEE Int. Wkshp. Robot and Human Interactive Communication, W. B. Park, Ed., 2003.

**HARDWARE AND PROGRAM COMPLEX VIRTUALIZATION
ANATOMIES OF MAN IN 3D-SPACE**

Lachina A.A., Nemirovskiy D.Y., Davydov N.N., Prokoshev V.G.

Vladimir state University named Alexander G. and Nicholas G. Stoletovs, nemirovskiy@vlsu.ru

Considered the methods of practical training of students on scientific equipment with the use of VR-technologies. Shown the possibilities of using the achievements of virtual technologies in educational equipment using the example of Unreal Engine 4 (UE4). Justified the use of optical tracking and inertial compensating systems for positioning an object in space. Proposed the hardware-software complex of human anatomy virtualization based on the integration of teaching aids and 3-D anatomical models of individual human organs.



**МОНИТОРИНГ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ ПЕРВОКУРСНИКОВ
УНИВЕРСИТЕТОВ НА ОСНОВЕ ПРОГРАММЫ ВСЕРОССИЙСКОГО ФИЗКУЛЬТУРНО-
СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА «ГОТОВ К ТРУДУ И ОБОРОНЕ»**

Нечушкин Ю. В., Брызгалов В. Г., Смирнов А. Г., Власов Г. В., Величко Т. И.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана» (национальный исследовательский университет), физкультурно-оздоровительный факультет, кафедра физвоспитания, nuvbmu@bk.ru

Мегаполис Москва сегодня является не только столицей Российской Федерации, но также и городом федерального значения, а также административным центром ЦФО. Москва относится к самым населённым городам и по численности населения входит в первую десятку городов мира [1, 16]. Экологическая ситуация в Москве отражает состояние городской экосистемы. На восточную территорию города попадает воздух, который загрязняется при движении над городом. Таким образом загрязнённый воздух попадает в город в случае преобладания восточных или юго-восточных ветров. Атмосферные загрязнения разносятся почти на сто километров от городской черты [1]. Высокое содержание вредных веществ, которые находятся в приземных воздушных слоях вызвано многими антропогенными факторами, в том числе как промышленными выбросами предприятий, так и значительным количеством выхлопных газов от автотранспорта [1, 17]. В результате сложившейся экологической обстановки города ухудшается состояние здоровья трудоспособного населения, в том числе и студентов высших учебных заведений [2, 3, 14]. По инициативе Министерства спорта РФ и ГНЦ РФ Института медико-биологических проблем РАН, при поддержке Ректоров университетов, в сентябре-октябре 2017 г. Было проведено комплексное обследование студентов первого курса (= выпускников школ 2017 г.) 6-и ведущих московских вузов на основе нормативного комплекса ГТО и программного средства «Навигатор здоровья» [4, 7, 18]. Указом Президента РФ «О Всероссийском физкультурно-спортивном комплексе «Готов к труду и обороне» поставлена масштабная цель: «создание эффективной системы физического воспитания, направленной на развитие человеческого потенциала и укрепление здоровья населения» [14]. Эта цель ориентирована на длительный период времени и требует скоординированной работы государственных систем образования, здравоохранения, физической культуры и спорта, многих общественных организаций и средств массовой информации [4, 15]. На Петербургском международном экономическом форуме 2 июля 2017 г. Президент РФ В.В. Путин заявил: «Цифровая экономика - это основа, которая позволяет создать качественно новые модели бизнеса, торговли, логистики, производства, изменяет формат образования,

здравоохранения, госуправления, коммуникаций между людьми, а, следовательно, задает новую парадигму развития государства, экономики и всего общества» [2, 15]. Цифровая экономика (в т. ч. образование и здравоохранение) включены в список основных направлений стратегического развития России до 2025 г. [5, 6, 15]. «Физическая культура» как образовательная и оздоровительная дисциплина имеет все предпосылки к использованию цифровых технологий для количественной оценки физической работоспособности и резервов здоровья человека [7,8]. Совет при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам утвердил приоритетный проект «Формирование здорового образа жизни» на период 2017- 2025 г., который призван внести свой вклад в развитие человеческого потенциала страны [3, 15]. Индикатором здорового образа жизни может служить только физическое состояние, уровень здоровья и работоспособность человека на всех возрастных этапах. ВФСК ГТО призван стать цифровым инструментарием для оценки эффективности проекта формирования ЗОЖ и повышения человеческого потенциала страны [9].

Федеральный государственный стандарт общего среднего образования [15] установил для выпускников школ следующие требования по дисциплине «Физическая культура» [10, 15]:

- а) умение использовать разнообразные формы и виды физической деятельности для организации здорового образа жизни, активного отдыха и досуга, в том числе и подготовки к выполнению нормативов ВФСК ГТО;
- б) владение современными технологиями укрепления здоровья, поддержания работоспособности, профилактики предупреждения заболеваний, связанных с учебой и производственной деятельностью;
- в) владение основными способами самоконтроля индивидуальных показателей здоровья, умственной и физической работоспособности, физического развития и физических качеств;
- г) владение физическими упражнениями разной функциональной направленности, использование их в режиме учебной и производственной деятельности с целью профилактики переутомления и сохранения работоспособности;
- д) владение техническими приемами и двигательными действиями базовых видов спорта, активное применение их в игровой и соревновательной деятельности.

Цель мониторинга обусловлена определением уровня физической культуры, подготовленности, развития основных физических качеств и образ жизни, как старшеклассников, так и студентов первокурсников [10]. Перед нами поставлена задача оценки физической подготовленности выпускников школ и студентов первокурсников на основе одного из тестов и нормативных требований ВФСК ГТО. Базисом перечисленных физических качеств человека являются физиологические возможности (резервы здоровья) сердечно-сосудистой, дыхательной, нервно-мышечной и костно-связочной систем организма. Низкий уровень физических качеств и функциональных возможностей, названных систем организма, ограничивает работоспособность (жизненный потенциал) молодых людей и может служить предиктором латентного и преждевременного развития хронических соматических заболеваний [10].

Программа обследования студентов базировалась на тестах и нормативной базе ВФСК ГТО с одновременным использованием ряда психофизических тестов и физиологических индикаторов технологии «Навигатор здоровья» (ТНЗ), которые доступны для контроля преподавателям университетов [4, 7, 11, 16]. Физическое развитие организма молодых людей оценивалось на основе весоростового показателя (индекс Кетле), окружности талии, доли жирового компонента в массе тела, и жизненной ёмкости легких, возрастные статистические нормативы которых установлены в технологии «НЗ».

Развитие и работоспособность крупных групп скелетной мускулатуры определялось на основе тестов и нормативов комплекса ГТО и статистической базы «ТНЗ» [16]. Физическая работоспособность индивида (выносливость) определялась количеством мин/сек в беге на 2 и 3 км или 6-минутным степ-тестом на двух разновысоких платформах, где расчетным методом определялись: PWC170, метаболический эквивалент (METs) и актуальное потребление кислорода (ПО2) [12]. Гибкость позвоночника измерялась аппаратом «Спутник здоровья» и соотносилась с анатомо-морфологическими особенностями студентов [6]. Ловкость или эффективность управления сложными движениями определялась в тесте с бросанием и ловлей отскочивших от стены 6-и теннисных мячей, а также временем простой зрительно-двигательной реакции [12].

Способность к психофизиологической саморегуляции определялась по градиенту частоты пульса в 3-х минутном тесте. Количественная оценка факторов среды и жизненного стиля студентов (в 2017 г.) выполнялась с помощью формализованного анкетного опроса [13]. Аналоговая оценка физической подготовленности студентов определялась по выполнению нормативов ГТО [16]: золотого, серебряного и бронзового знака и, одновременно, на основе универсальной шкалы индексов физической подготовленности и резервов здоровья человека (ИФЗ), которая охватывает всех практически здоровых людей в возрасте от 6 до 60 лет [7, 13]. Статистическая обработка данных тестирования выполнялась программно- информационным комплексом «Навигатор здоровья» (ПИК-НЗ) [4, 7, 11, 14].

Обследование студентов выполняли преподаватели кафедр физической культуры университетов и сотрудники лаборатории «Резервы здоровья человека» ИМБП РАН под руководством д.б.н., профессора Орлова В.А. Работы выполнялись в рамках учебных занятий по физической культуре на базе спортивных комплексов университетов [7]. Для тестирования, биометрии и обработки результатов использовалось оборудование и программное обеспечение, разработанные в ИМБП [4] и НПО «Навигатор здоровья» (резидент фонда Сколково) [4, 7]. На кафедрах физической культуры университетов для обработки и хранения результатов обследования установлен «ПИК-НЗ» и электронная база результатов всех обследованных

студентов. Данное программно-информационное средство может использоваться в учебной и научной работе кафедр при последующих обследованиях студентов и преподавателей университетов [11, 15].

По данным государственного медицинского контроля 22-34 % студентов университетов отнесено к специальным медицинским группам, а их физическая подготовка ограничена исключительно лечебно-оздоровительными программами [7]. Следует отметить, что студенты этих групп к участию в проекте не привлекались.

В обследовании приняли участие 1609 студентов 1-го курса - выпускников школ 2017 г. в возрасте 17-18 лет, в том числе 18 иностранцев.

Полную программу обследования и тестирования прошли только 1295 студентов (таблица 1.).

Таблица 1. Количество обследуемых студентов по ВУЗам города Москвы

Кол-во человек	Всего	Мужчин	Женщин
МГМУ им. И. М. Сеченова	101	20	81
ГМНИУ им. Н. И. Пирогова	196	36	160
МГТУ им. Н. Э. Баумана	190	130	60
НИУ МГСУ (строительный университет)	341	207	134
МТУСИ (связи и информатики)	236	163	73
Московский международный университет	231	81	150
Всего:	1295	637	658

В процессе обследования у некоторых студентов выявлялись определённые физические и функциональные ограничения (заболевания, травмы), что не позволяло им в полном объёме выполнять нагрузочные тесты комплекса ГТО [16]. В соответствии с текущими физическими возможностями и функциональными ограничениями, эти студенты отнесены к группам с низким уровнем физической готовности по нормативам ГТО и «ТНЗ» [1, 2, 14]. В результате исследований было распределено количество студентов по уровням физической подготовленности на основе нормативов ВФСК ГТО (таблица 2).

Таблица 2. Уровень физической подготовленности обследуемых

Уровень норматива ГТО	Мужчины (n=637) число / %	Женщины (n=658) число / %
Золотой знак	29 (4,6 %)	12 (1,8 %)
Серебряный знак	17 (2,6 %)	16 (2,5 %)
Бронзовый знак	66 (10,4 %)	36 (5,5 %)
Показатели ниже бронзового уровня	525 (82,4 %)	594 (90,2 %)

В результате проведённого исследования, 16 % мужчин и 10 % женщин выполнили тестовые задания, которые соответствуют требованиям золотого, серебряного и бронзового знаков ГТО [3, 4, 14]. Как правило, это молодые люди, прошедшие обучение и тренировку с детско-юношеских спортивных школах [5, 13]. Для 84 % мужчин и 90 % женщин нормативы бронзового знака ГТО оказались недостижимыми [6, 16]. Именно эта категория молодых людей нуждается в регулярном контроле, активном физическом развитии и повышении общей физической работоспособности [7, 8]. В данной статистике не учтены студенты, отнесённые к специальным медицинским группам (22-34 % от общего количества), так как им противопоказано участие в физическом тестировании [8]. Результаты мониторинга показали, что в настоящее время 85-92 % молодых людей не обладают способностью (работоспособностью) для выполнения нормативов ВФСК ГТО [9, 16]. В результате проведённых исследований по уровню физической подготовки можно дать рекомендации [10]. Наивысшую ценность для общества и государства представляют люди с качественным образованием, крепким здоровьем и высокой работоспособностью, то есть, высокий человеческий потенциал [8, 11]. Мониторинг физической культуры и работоспособности населения на основе ВФСК ГТО с использованием современных цифровых технологий должен играть важную роль в оценке и повышении человеческого потенциала страны [12, 16]. Физическая подготовленность (работоспособность) человека – величина переменная во времени [9].

Высокий профессиональный уровень преподавателей и хорошая спортивная база многих университетов создают условия для качественного тестирования студентов, преподавателей и школьников по программе ВФСК ГТО с использованием основных показателей физического развития организма. Это должно составить основу ежегодной учебной оценки по дисциплине «физическая культура» и многократно расширить число участников и претендентов на выполнение нормативов ГТО. Целесообразно предоставить крупным университетам право тестировать на их спортивной базе студентов, школьников и взрослое население по программе ВФСК ГТО и выдавать успешным участникам удостоверения и знаки ГТО. Университеты обладают правом обучать, аттестовать, вручать выпускникам дипломы о высшем образовании с возможностью работать по специальности. У университетов достаточно компетенции для аттестации граждан по физической подготовленности (работоспособности) и резервов здоровья на основе ВФСК ГТО.

Библиографический список

1. Брызгалов В. Г., Захарова Н. А. Краткий анализ организации массового спорта и физической культуры в ведущих спортивных державах // В сборнике: Современное образование: актуальные вопросы, достижения и инновации Сборник статей XII Международной научно-практической конференции. Под общей редакцией Г.Ю. Гуляева. 2017. С. 323-326.
2. Величко Т. И., Власов Г. В. Физическая подготовленность и здоровье современных студентов // Известия Тульского государственного университета. Физическая культура. Спорт. 2018. № 1. С. 16-20.
3. Выступление Президента РФ В. В. Путина на «Петербургском международном экономическом форуме» 2 июля 2017 г.
4. Глобальные рекомендации по физической активности для здоровья. - ВОЗ, 2010. – 60 с.
5. Кувшинчиков, И. Н. Физическое воспитание как средство формирования здорового образа жизни у студенческой молодежи / И. Н. Кувшинчиков, Г. В. Власов, А. Н. Кобзарь // Сборник научных трудов SWorld. 2011. Т. 30. № 3. С. 9-17.
6. Лысова, И. А. Оценка общей физической подготовленности студентов. Монография / И. А. Лысова, А. В. Блинова, Ю. В. Нечушкин // Москва, 2012, 201 с.
7. Нечушкин Ю. В. Методика специальной физической подготовки волейболистов высокой квалификации в соревновательном периоде. Диссертация на соискание ученой степени кандидата педагогических наук. Московская государственная академия физической культуры. Малаховка, 2014. 198 с.
8. Нечушкин Ю. В., Корнилов А. Н. Оптимизация процесса управления специальной физической подготовкой волейболистов в соревновательном периоде годичного цикла // Теория и практика физической культуры. 2012. № 7. С. 73-74.
9. Патент на изобретение «Аппаратно-программный комплекс для измерения и интегральной оценки гибкости позвоночника, подвижности тазобедренных суставов в teste с наклоном вперед и вниз» № 2591603, 20.07.2016.
10. Патент на изобретение № 2441580 от 10.02.2012 - «Способ оценки резервов физического здоровья и работоспособности населения».
11. Писарева А. В. Оценка эффективности применения медицинских информационных систем в учреждениях здравоохранения // В сборнике: Наука и общество в современных условиях Материалы Международной научно-практической конференции: в 2-х частях. Искужин Т.С. (отв. редактор). 2013. С. 113-122.
12. Приказ Министерства образования и науки РФ № 613 от 29 июня 2017.
13. Протокол Совета при Президенте РФ по стратегическому развитию и приоритетным проектам от 26.07.2017 г. «О формировании ЗОЖ»
14. Сайт Greenologia.ru / Источник: <http://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/moskva.html>
15. Сертификат Госстандarta на программно-информационный комплекс «Навигатор здоровья» РОСС RU.11СП24. С00006 от 04.09.2012.
16. Указ Президента РФ № 172 от 24 марта 2015 года «О Всероссийском физкультурно-спортивном комплексе “Готов к труду и обороне»
17. Физическая культура как учебная и оздоровительная дисциплина. Учебное пособие., Воронеж, Издательско-полиграфический центр «Научная книга», 2017, 340 с.
18. Astrand P.O., Rodahl K., Textbook of Work Physiology. 1977.

MONITORING OF PHYSICAL TRAINING OF STUDENTS OF FIRST UNIVERSITY FIRST UNITS BASED ON THE PROGRAM «READY TO WORK AND DEFENSE»

Nechushkin Y. V., Bryzgalov, V. G., Smirnov A. G., Vlasov G. V., Velichko T. I.

Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Moscow state technical University named after N. E. Bauman" (national research University), the health Department, Department of physical education, nuvbmstu@bk.ru

In the article it is suggested to get acquainted with the results of the monitoring of physical training of students studying at the first year of higher education. The basis of the observations was the application of the test program of the All-Russia Physical Culture and Sports Complex "Ready for Labor and Defense" (VFSC TRP). Based on the results of monitoring, students are recommended to give the right to the leading universities of the country to test students, schoolchildren and adults on the basis of the WSCS TRP program on their sports base, and also issue certificates and TRP signs to successful participants. Since, higher education institutions have enough competence for attesting citizens on physical preparedness (working capacity) and health reserves based on the WFSK TRP.

ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ НАПРЯЖЁННОСТИ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Писарева А. В.¹, Мышкин А. И.², Степанова Л. П.³, Яковлева Е. В.³

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)", Москва, rapriv.06@mail.ru

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева", Орёл, lidiapawlovnastepanova@yandex.ru

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парахина", Орёл, lidiapawlovnastepanova@yandex.ru, elenavalerevna79@yandex.ru

Ежедневное воздействие населения на природу приобретает значительные масштабы, а окружающая биосфера является не только местом обитания людей, а также сферой их деятельности [1, 16]. В России концепцией демографической политики на период до 2025 года определена главная задача правительства, где говорится о необходимости снижения уровня смертности, сохранении и укреплении здоровья населения, повышение уровня рождаемости [6]. В связи с этим возникла необходимость научно обоснованного прогнозирования ответных реакций окружающей среды на вмешательство человека в естественные процессы и установления антропобиогеохимических зон экологически опасных для человека [2, 15]. Цель работы – установить влияние экологической ситуации на показатели здоровья населения в административных районах Орловской области и в городе Орле [9]. Устойчивость биосфера к различным антропогенно-техногенным воздействиям во многом определяет её геохимические свойства. Реакция организма любого человека на экологическую обстановку в экологически неблагополучных районах проявляется в виде заболеваний, таких как: микроэлементозы, онкозаболевания, патология сердечно-сосудистой системы человека, а также другие распространённые и орфанные заболевания. Многокомпонентная оценка состояния экосистем позволяет выделить зоны экологического неблагополучия. Как правило, это территориальные единицы, где интенсивная хозяйственная деятельность населения и, как следствие, значительно антропогенное воздействие на окружающую среду является нормой для жизнедеятельности человека [3, 14]. Постоянное наблюдение за экологической обстановкой предусматривает многокомпонентную оценку состояния экосистем, при этом важнейшим индикатором, который отражает состояние среды обитания людей в целом, является здоровье человека [10]. Наиболее обоснованной классификацией в отношении влияния окружающей среды на заболеваемость населения, является разработанная классификация А. Г. Воронова, в которой с учитывается предыдущий опыт медицинской географии [3, 12]. Согласно данной классификации, все болезни делятся на две группы – это эндогенные и экзогенные. Первая группа заболеваний населения – это наследственные болезни. Во второй группе заболеваний выделены болезни, которые:

1) связаны с воздействием факторов окружающей природной среды (геохимических, вызванных особенностями пищевых режимов, геофизических, контактами с ядовитыми животными и растениями, живыми возбудителями – инфекции и инвазии), а также травматизм в результате стихийных бедствий;

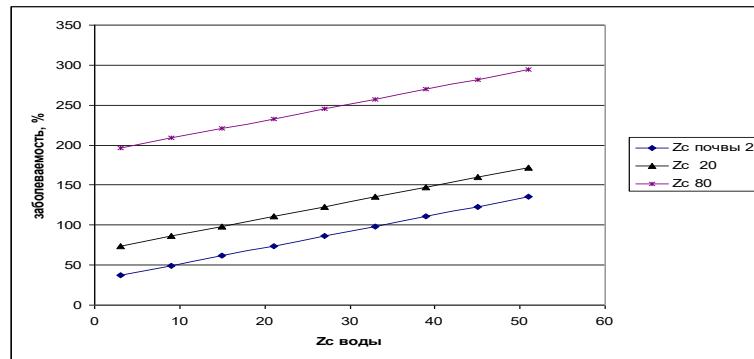
2) связаны с воздействием техногенных факторов [4, 13].

Следует отметить, что во многих случаях стало удобнее делить болезни на инфекционные и неинфекционные, происхождение которых связано с воздействием какого-либо химического или физического агента [5, 11]. В задачи исследования входило: установить комплекс факторов техногенного происхождения, определяющих формирование антропобиогеохимических провинций, опасных для человека и выявить территории экологического неблагополучия в регионах Орловской области. Для выполнения поставленной задачи были выбраны территории, испытывающие воздействие различных видов деградационных изменений природных и агрозоосистем [3, 10]. Исследуемая территория входит в состав Центрального федерального округа. Численность населения 754 816, доля городского населения составляет 66,72 %. По территориальной площади Орловская область составляет 24 652 км² [6, 9]. Город Орёл является административным центром, вся область разделена на 24 района, регион расположен в центральной части Среднерусской возвышенности в лесостепной зоне на юго-западе Европейской части России. Климат Орловской области умеренно континентальный. В области протекает река Ока и её притоки: Зуша (с притоком Неручь), Вытебеть, Нугрь, Цон, Орлик, Оптуха, Рыбница, Крома. В восточной части области протекает река Сосна с притоками: Труды, Тим, Любовша, Кшень и Олым. На западе области берут начало реки Нерусса, Навля и Свапа, относящиеся к бассейну Днепра [7, 9]. Регион находится в зоне почв, которые переходят от дерново-подзолистых к преимущественно выщелоченным и оподзоленным чернозёмам. Также, встречаются различные типы почв, от светло-серых лесных на западе, а на востоке и юго-востоке до выщелоченных и типичных чернозёмов [8]. Промышленными отраслями области являются: машиностроение и составляют 30 % объёма производства, пищевая промышленность составляет более 25 %, а строительная промышленность составляет 13 %. Кроме города Орла, где сосредоточена большая часть предприятий, работают отдельные заводы в городе Ливны и Мценске, а также в других малых городах. Чёрная металлургия составляет всего 7 %, которая возникла в регионе во второй половине XX века. Положение в этой отрасли, существенно лучше других отраслей, ОАО «Орловский сталепрокатный завод», в городе Мценск находится алюминиевый завод и завод по производству крепежа "Параллель" [1]. В качестве объекта исследования были выбраны опытные площадки, испытывающие длительное воздействие отвального шлака

Мценского завода МЗАЛ. Площадки постоянного наблюдения (ППН) размещены на территории деревни Большое Думчино в разной удалённости от шлакового отвала, это ППН в 50 м, ППН 150 м, ППН 300 м, ППН 450 м [2]. На исследуемых территориях были заложены контрольные разрезы, с отбором образцов почв по генетическим горизонтам и смешанные образцы, из гумусового горизонта пробных площадок. Почва: светло-серая лесная, среднемощная, среднегумусная, среднесуглинистая на лессовидных суглинках [4]. Для установления степени влияния и характера техногенеза на пространственную вариабельность заболеваемости были привлечены материалы официальной статистики по административным районам Орловской области за пятнадцатилетний период [5]. Анализ заболеваемости были проведён по болезням органов дыхания в целом, органов пищеварения, эндокринной системы, костно-мышечной системы, системы кровообращения. Для установления корреляции заболеваемости и экологической напряженности и составления интегральной карты по районам были выделены зоны по совокупности ряда следующих антропогенно-техногенных факторов:

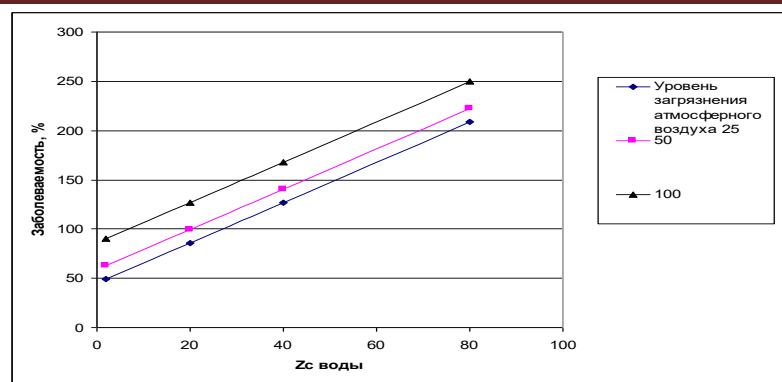
- 1) интенсивность химической нагрузки на окружающую среду, которая определяется промышленными предприятиями и производством сельскохозяйственной продукции;
- 2) уровень радиоактивного загрязнения почв;
- 3) неблагоприятные изменения гидрологического режима рек;
- 4) уровень развития эрозионных процессов по методике М. Ю. Белоцерковского, Т. М. Беляковой, К. М. Берковича (1993) [5].

Для составления картограммы заболеваемости населения были использованы официальные статистические материалы. Это позволило сделать сравнение по динамике заболеваемости в отдельных административных районах в целом по области и в целом по России, также выявить периоды, когда наблюдалась относительная стабилизация, снижение или рост болезней населения. Также удалось дифференцировать районы Орловской области по уровню заболеваемости людей [6]. С учётом анализа полученных показателей для каждой группы заболеваний с разделением на четыре группы, были построены графики, и это нашло отражение в представленной картограмме экологической напряжённости [6]. Установлено, что преимущественно среди проанализированных болезней населения области превалируют заболевания кровеносной системы, злокачественных новообразований, болезней органов дыхания, костно-мышечной и мочеполовой системы. Тенденция закономерности характерна как для детей, так и для возрастной группы населения [7]. Действие природных и антропогенно-техногенных факторов Орловской области повышает уровень заболеваемости населения [8]. Так, например, болезни органов чувств, состояние нервной системы, дыхательных органов, пищеварительных органов, болезни крови, кожные заболевания, мочеполовой системы и других органов в организме человека могут быть связаны, непосредственно, с загрязнением аэро-техногенных токсикантов, в их составе преобладают азотистые соединения, сернистый ангидрид, оксиды углерода и другие взвешенные частицы [6]. Проанализировав уровень заболеваемости населения деревни Большое Думчино, Мценского района, как зон экологического риска, можно сделать вывод о том, что имеется тесная корреляционная зависимость между уровнем антропогенно-техногенного загрязнения почвы, воздушного бассейна, водных ресурсов области и показателями уровня здоровья людей, проживающих в данной местности [6, 9]. Так, данными регрессионного анализа установлена величина коэффициента корреляции между уровнями загрязнения и экологической обстановки территории и показателями уровня заболеваемости в пределах 0,8-0,9 [10]. При этом, отсутствует прямая корреляция между исследуемыми явлениями для изучаемых административных районов, это обусловлено различным сочетанием как природных, так и техногенных и социальных факторов, а также степенью их проявления в области (рисунки 1, 2).



$$A) Y = 26.9 + 2.04X_{\text{п}} + 0,62X_{\text{в}}$$

Рисунок 1 -Результаты регрессионного анализа причинно-следственной связи заболеваемости с уровнями загрязнения почвы, воды (A) и д. Б. Думчино Мценского района, Орловской области



$$\text{Б) } Y = 31.2 + 15.04X_{\text{в}} - 0.54X_{\text{ат}}X_{\text{в}}$$

Рисунок 2 - Результаты регрессионного анализа причинно-следственной связи заболеваемости с уровнями атмосферного загрязнения (Б) д. Б. Думчино Мценского района, Орловской области

В результате исследований следует отметить, что необходим регулярный детальный мониторинг, проводить исследования и создавать карты экологической обстановки по каждому отдельно взятому населённому пункту, городу и иных территорий, где экологическая ситуация может значительно изменяться в определённых предельных значениях [11]. В работе установлено, что для наиболее эффективной балльной оценки экологического состояния загрязнённых территорий по заболеваемости людей требуется брать за интегральный показатель воздействия окружающей среды на здоровье людей средние годовые показатели за последние пять или десять лет по разным классам заболеваний, которые отражают степень радиоактивного и химического воздействия экологической среды на уровень состояния здоровья населения, например, заболеваниями дыхательной и кровеносной системы, а также органов пищеварения [7, 10]. В целом, анализ уровня заболеваемости населения по медико-географическому признаку в Орловской области показал неоднородность изучаемых территорий данного региона [12]. Например, территория Орловской области по заболеваемости дыхательной системы превышает средний уровень заболеваемости по России в 1,1 раза. При этом, наблюдается рост данного класса заболеваний в 1,6 раза в Орловском районе, а по городу Орлу превышает в 1,4 раза [13]. Заболеваниями органов дыхания в 1,3 раза возрастает по области за пятнадцатилетний период с преобладанием определённых нозоформ, таких как хронический бронхит и бронхиальная астма. На первом месте стоит заболеваемость системы кровообращения населения в регионе. Данное заболевание за пятнадцатилетний период возрастает в 2,2 раза и превышает в 1,1 раза уровень заболеваемости кровеносной системы в целом по стране. Установлен рост заболеваемости системы кровообращения в 1,4 раза по городу Орлу и Орловскому району [14]. В Болховском районе отмечена некоторая стабилизация в динамике заболеваний дыхательных органов и кровеносной системы, а во Мценском районе наблюдается небольшое снижение [15]. В наблюдаемом регионе имеются данные по превышению уровня в 1,3 раза заболеваний тканей костно-мышечной системы, а за пятнадцатилетний период уровень возрастает в 1,8 раза по России. По данным исследований, наибольшая доля заболеваний кожи и подкожной клетчатки приходится на Орловский район, этот процент заболеваний составляет 84,7 %, во Мценском районе 42,3 %, в Болховском районе достигают 38,5 %, а по городу Орлу – 23,7 % [16]. На четвёртом месте в регионе находятся нарушения в эндокринной системе населения, при этом, данный показатель возрастает в 2,3 раза, что связано с ухудшением экологической ситуации за этот период. В городе Орле, также, отмечается рост в 2,2 раза по заболеваемости эндокринной системы, в 6 раз Орловском районе и в 4,4 раза в Болховском районе. Во Мценском районе ситуация незначительно стабилизируется по заболеваемости эндокринной системы и остаётся на уровне 1,65-1,7 тыс. человек [15]. Мочеполовая система населения также страдает и в 1,17 раза превышает уровень по стране, при этом, за пятнадцатилетний период в 2,3 раза отмечен рост данной группы болезней среди населения, в том числе в 2,5 раза и по городу Орлу. В Орловском районе в 2,9 раза установлено увеличение заболеваемости мочеполовой системы. Но, если для Мценского и Болховского районов установлено небольшое снижение уровня заболеваемости мочеполовой системы, то для районов Краснозоренского, Залегощенского, Знаменского и Ливенского в Орловской области отмечается значительное увеличение по данной группе заболеваний у населения [14]. Анализ заболеваемости пищеварительных органов населения показывает, что возрастание в 2 раза уровня заболеваний за исследуемый период отмечается на территории Орловской области, Орловского района и города Орла. Но, большая доля заболеваний приходится на болезнь двенадцатиперстной кишки и на язвы желудка [7]. Так как возрастает загрязнение территории Орловской области радионуклидами, тяжёлыми металлами и вредными выбросами газов становится причиной заболеваний населения онкологией, то за пятнадцатилетний период показано увеличение в 1,5 раза по заболеваниям населения данной группой болезней по Орловской области, в том числе в 1,8 раза в городе Орле, в 2,4 раза в Орловском районе, в 1,4 раза во Мценском районе, в 1,3 раза в Болховском районе [13]. За последние три года в Орловской области сохраняется следующая ситуация среди распространения болезней населения: (18,2 – 18,8 %) системы кровообращения, (14,3 – 14,6 %) дыхательных органов, (9,5 – 10,5 %) костно-мышечной системы, (8,9 –

9,2 %) мочеполовой системы, (6,1 – 6,4 %) пищеварительных органов, (3,2 – 3,9 %) эндокринной системы. Данная структура также повторяется и в первичной заболеваемости населения [12].

Особенно хочется отметить, что болезни системы кровообращения составляют значительную долю от общего количества заболеваний населения, требуют дорогостоящего лечения с помощью высокотехнологичного медицинского оборудования. В результате заболеваний кровеносной системы повышаются показатели инвалидности и смертности населения [11]. По основным причинам летального исхода 62-64 % составляют заболевания кровеносной системы, 11,7-12,3 % составляют причины онкологии, 4,1-4,9 % составляют болезни дыхательных, а 3,4-3,9 % заболевания пищеварительных органов [10]. В структуре заболеваемости 40-45 % взрослого населения составляет гипертония и её последствия, а также, ишемическая болезнь сердца 20-26 % и диагноз стенокардия составляет 7-8 %. В системе болезней дыхательных органов основную долю составляет бронхит и бронхиальная астма. Среди заболеваний пищеварительной системы значительную долю составляют язва желудка и двенадцатиперстной кишки, гастрит, болезни желчевыводящих путей и желчного пузыря. Особый интерес вызывает анализ по заболеваемости населения в зависимости от медико-экологического состояния административных районов в Орловской области детей в подростковом возрасте. В работе установлен ряд факторов антропогенно-техногенного происхождения, которые определяют формирование нарушенных территорий, а также выявлены территории экологического неблагополучия в пунктах проживания населения Орловской области. Представленные статистические данные убедительно показывают рост уровня заболеваемости подростков за пятнадцатилетний период. При этом наибольший всплеск заболеваний приходится на период с 2002 по 2007 годы. Из исследуемых административных районов области наибольшим ростом заболеваемости подростков выделяются следующие районы: Болховский, Дмитровский, Колпнянский, Мценский, Новосильский, Ливенский, Орловский, Сосковский, Шаблыкинский и Хотынецкий [9]. В среднем по сельским административным районам области уровень болезненности подростков вырос в 1,9 раза, а уровень увеличения заболеваемости подросткового населения в г. Орле за этот период составил 2,5 раза. В первичной заболеваемости подростков структура иная. Так, 36-38 % в разные годы составляют болезни органов дыхания, а затем болезни органов пищеварения, костно-мышечной ткани, эндокринной и мочеполовой системы. В районах области с экологическим неблагополучием отмечается повышенный уровень заболеваемости подростков болезнями органов дыхания, костно-мышечной ткани и эндокринной системы. Таким образом, анализ медико-экологической ситуации показывает, что заболеваемость в районах области, как взрослого населения, так и подростков имеет тесную связь с экологической обстановкой, о чем свидетельствуют повышенные показатели по экологически обусловленным болезням. При этом дети и подростки являются самыми уязвимыми в реакции организма на изменяющиеся условия окружающей природной среды. В связи с этим требуются более строгие подходы, как к оценке состояния здоровья, так и к организации форм и методов восстановления и поддержания здоровья [6, 8, 9]. Итоговым результатом проведённых исследований является представленная картограмма экологической напряжённости районов Орловской области (рисунок 3).



Рисунок 3 – Картограмма экологической напряжённости районов Орловской области

Как видно из картограммы территории Орловской области делится на четыре группы в зависимости от уровня превышения заболеваемости населения Орловской области уровня превышения заболеваемости населения в Центральном Федеральном округе. В первую группу входят районы с превышением уровня заболеваемости в 1,5 – 2 раза (Болховский, Дмитровский, Краснозоренский, Троснянский районы), считающиеся относительно благополучными в медико-экологическом отношении [1]. Во вторую группу входят

районы области с превышением уровня заболеваемости населения относительно среднего уровня ЦФО в 2-2,5 раза. В эту группу входят территории районов - Верховский, Глазуновский, Должанский, Корсаовский, Кромский, Малоархангельский, Новосильский, Орловский, Урицкий, Шаблыкинский [2]. Районы области, входящие в 3 группу с превышением в 2,5 – 3 раза уровня заболеваемости в ЦФО, относятся к экологически напряженным. Это Мценский, Ливенский, Знаменский, Хотынецкий, Новодеревеньковский, Сосковский районы области. В 4 группу выделены 2 района области – Залегощенский и Колпнянский, где уровень заболеваемости превышает средний уровень в ЦФО более чем в три раза [3]. При этом, нашими исследованиями доказано, что на территориях с относительным экологическим благополучием могут выделяться локусы высокой экологической напряженности [4]. Например, на территории Мценского района – это деревня Большое Думчино, где уровень заболеваемости превышает в четыре раза, на территории Орловского района – это город Орёл, где уровень заболеваемости превышает уровень заболеваемости ЦФО в три раза, а на территории Болховского района Орловской области с относительным экологическим благополучием, оценивающимся в 1,5-2 балла, выделяются территории с высоким уровнем радиоактивного загрязнения (более 5 Кн/км²) и заболеваемости населения, превышающей среднефедеральный уровень более чем в четыре раза [7]. На наш взгляд, для улучшения экологической обстановки, кроме проведения мероприятий по экологической безопасности, необходимы изменения в структуре природопользования [5]. При этом следует уделять большее внимание рекреации как альтернативному виду хозяйственной деятельности на рассматриваемой территории [6]. В целом, проведенные исследования показали, что геоэкологическая обстановка в отдельных районах области и городе Орле напряженная, а медико-экологическая ситуация является типичной для урбанизированных территорий России.

Установлено, что изменение геохимических условий на узкорегиональном уровне, особенно при наличии крупного источника загрязнения окружающей среды, происходит настолько стремительно, что организм человека не успевает адаптироваться к экстремальной техногенной ситуации [7]. В результате этого нарушаются естественные биохимические процессы, присущие организму человека, что проявляется в виде какого-то заболевания, и требует разработки системы оздоровления и адаптации человека. Все вышесказанное свидетельствует о том, что состояние здоровья человека отражает состояние экосистемы и может быть показателем характера и степени техногенного загрязнения среды [8, 10].

Библиографический список

1. Байбеков, Р. Ф. Микробиологическая оценка загрязнения почв парков тяжелыми металлами / Р. Ф. Байбеков, А. В. Писарева, В. И. Савич, Л. П. Мосина // Плодородие. 2017. № 2 (95). С. 51-53.
2. Белоцерковский, М. Ю. Экологическая напряженность России (факторы, их оценка и районирование) / М. Ю. Белоцерковский, Т. М. Белякова, К. М. Беркович // Проблемы оценки экологической напряженности территории России: факторы, районирование. - МГУ, 1993. С. 93-100.
3. Воронов, А. Г. Медицинская география. Антропоны: Учебное пособие. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. 113 с.
4. Гукалов, В. Н. Интегральная оценка состояния тяжелых металлов в почвах / В. Н. Гукалов, В. И. Савич, А. В. Писарева // В сборнике: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. 2017. С. 244-246. Доступ к полному тексту открыт
5. Занько, Н. Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности: Учебник для студ. высш. учебн. заведений / Н. Г. Занько, В. М. Ретнев. - М.: «Академия» — 2004. — 288 с.
6. Мышкин А. И. Биогеохимическая оценка состояния природной среды для выявления зон экологического неблагополучия (на примере орловской области). Диссертация на соискание ученой степени кандидата сельскохозяйственных наук / Брянская государственная сельскохозяйственная академия. Брянск, 2009
7. Писарева А. В. Экологическая оценка состояния тяжёлых металлов и микробиоты в почвах техногенно-трансформированных земель. Автографат дис. ... кандидата биологических наук / Владимир. гос. ун-т им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Орел, 2017, 22 с.
8. Писарева, А. В. Миграция тяжелых металлов от очага загрязнения в зависимости от взаимосвязей в ландшафте / А. В. Писарева, С. Л. Белопухов, В. И. Савич, Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, В. В. Гукалов, И. Г. Шайхiev // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 6. С. 160-163.
9. Писарева, А. В. Характеристика степени влияния зон экологического неблагополучия на здоровье человека (на примере Орловской области) / А. В. Писарева, Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, А. И. Мышкин // В сборнике: Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии – ФРЭМЭ'2016 Доклады XII Международной научной конференции с научной молодежной сессией. 2016. С. 327-329.
10. Степанова, Л. П. Оценка действия зон экологического неблагополучия на состояние здоровья населения (на примере Орловской области) / Л. П. Степанова, Е. А. Коренькова, А. И. Мышкин, Е. И. Степанова, А. В. Таракин, Е. В. Яковлева // АгроЭкоИнфо. 2013. № 2. С. 5.
11. Степанова, Л. П. Состояние водных объектов в местах водопользования населения Орловской области

и мероприятия по улучшению качества питьевой воды / Л. П. Степанова, Е. А. Коренькова, А. И. Мышкин, Е. В. Яковлева, Е. С. Черный, А. В. Писарева // Экология и промышленность России, № 2, 2014. с. 40-45.

12. Степанова, Л. П. Химический состав поверхностных вод бассейна реки Оки на территории Орловской области / Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, Е. С. Черный, А. В. Писарева // Вестник Российской университета дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2015. № 4. С. 92-99.

13. Степанова, Л. П. Экологическая оценка степени фитотоксичности почв антропогенно трансформированных территорий / Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, А. В. Писарева // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2017. № 2. С. 10-15.

14. Степанова, Л. П. Эколого-химическая характеристика противогололёдных материалов и технология их безопасного применения Л. П. Степанова, А. В. Писарева, Е. В. Яковлева // Вестник ОрелГАУ. 2014 - № 3 С. 65-74.

15. Степанова, Л. П. Экономико-экологическая оценка устойчивости серых лесных почв к антропогенным воздействиям / Л. П. Степанова, Е. С. Черный, А. В. Писарева, Е. В. Яковлева // В сборнике: Почвы и их эффективное использование Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора Владимира Владимировича Тюлина. Главный редактор – В.Г. Мохнаткин; Зам. главного редактора – И. Г. Конопельцев; Ответственный за выпуск – А. В. Тюлькин. 2018. С. 93-103.

16. Степанова, Л. П. Экотоксикологическое состояние урбанизированных и антропогенно-преобразованных светло-серых лесных почв / Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, А. В. Писарева // Вестник аграрной науки. 2017. № 1 (64). С. 4-12.

THE EVALUATION OF THE IMPACT OF ENVIRONMENTAL STRESS ON HUMAN HEALTH

Pisareva A. V.^{1,2} Mishkin, A. I., Stepanova L. P.³, Yakovleva E. V.³

1 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)", Москва, pavpav.06@mail.ru

2 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Орел государственный аграрный университет имени Н. В. Парадина", Орел, lidiapawlovnastepanova@yandex.ru

3 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парадина", Орел, lidiapawlovnastepanova@yandex.ru, elenavalerevna79@yandex.ru

The article includes a complex of factors of anthropogenic origin, determining the formation of anthropogenic provinces, dangerous to humans and to identify areas of ecological trouble in the regions of Orel region. The analysis on the incidence of the region. Studies have shown that medical-ecological situation is tense. The final result of the research is presented the map of ecological tension areas of the Orel region.



АНТРОПОГЕННЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ УРБАНИЗАЦИИ И ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

Писарева А. В.¹, Степанова Л. П.², Яковлева Е. В.²

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Московский государственный технический университет имени Н. Э. Баумана (национальный исследовательский университет)", Москва

² Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Орловский государственный аграрный университет имени Н. В. Парадина», Орел, pavpav.06@mail.ru, lidiapawlovnastepanova@yandex.ru, elenavalerevna79@yandex.ru

Человеческая деятельность в последние десятилетия особенно интенсивно загрязняет почву, которая и является гетерогенным объектом окружающей природы [5, 9]. В ней активно протекают как биологические процессы, так физические и химические [5, 7]. Как известно, загрязнённый воздух попадает в город в случае преобладания восточных или юго-восточных ветров и не секрет, что данная ситуация обусловлена следующим обстоятельством-юго-восток города Москвы озеленён всего лишь на тридцать процентов [5]. Высокое содержание вредных веществ, которые исходят из приземных воздушных слоёв вызвано многими антропогенными факторами, например химическими выбросами предприятий и большим количеством выхлопных газов от городского и воздушного транспорта [1, 5, 7]. В связи с этим страдает состояние здоровья трудоспособного населения, в том числе и здоровье студентов высших учебных заведений [1, 5]. Здоровье населения как в крупных городах, так и техногенно-загрязнённых территорий регионов по показателям хронического обструктивного заболевания лёгких и заболеваний верхних дыхательных путей в последние годы имеет динамику ухудшения [2, 4]. Следует отметить, что одной из основных причин этой неблагоприятной тенденции является состояние экологии [8].

Известно, что экологическое состояние почвенного покрова оказывает влияние на здоровье человека путём потребления различных продуктов питания или путём воздействия на загрязнение водной и воздушной среды, а также возможно прямое воздействие химически загрязнённых почв на здоровье людей при их непосредственном контакте и возможном поступлении почвы в организм [7, 9, 12].

Исследованиями многих авторов показано, что применение беспозвоночных в почве в качестве биоиндикаторов достаточно эффективно для экологического мониторинга состояния почв [2, 3, 8]. Среди них повышенной динамичностью развития популяций характеризуются микроархароподы, так как они способны оперативно отзываться на изменение среды [3, 12]. Цель работы обусловлена установлением характера изменения численности основных физиологических и эколого-трофических групп и их соотношения с микро- и мезофауной антропогенно-трансформированных земель. Исследования проводились в 2013-2015 годах на почвах города Москвы и деревни Большое Думчино Орловской области [4, 10]. Исследуемые почвы беспрерывно подвергаются различной техногенной нагрузке [3, 11]. В городе Москва это транспортно-дорожный комплекс и выбросы промышленных предприятий [5, 9]. Что сопровождается антропогенным воздействием на почвы города в результате поступления загрязняющих веществ, таких как тяжёлые металлы. Отметим, что шлаковый отвал в деревне Большое Думчино Орловской области влияет на почву путём попадания поллютантов в районе расположения отходов металлургического производства [4, 7]. Как известно, тяжёлые металлы в определённых количествах ингибируют состояние и свойства почвенной микрофлоры.

В качестве объектов исследования были выбраны опытные точки, расположенные на площадках постоянного наблюдения (ППН)-это почвы отбор образцов которых проводился с глубины 0-20 см в районе расположения автотрассы московской кольцевой автодороги (МКАД) города Москвы, а в качестве контроля использовали дерново-подзолистую почву, которая располагается на территории парковой зоны особо охраняемой природной территории (ООПТ) Лосиный остров в городе Москва и почвы в деревне Большое Думчино [3, 8].

Урбанизмы в опытных точках в городе Москва характеризуются следующими показателями [3]:

- точка в пяти метрах от автотрассы-рНкcl 6,9, гумус 2,84 %, степень насыщенности основаниями 96,5 %, ёмкость катионного обмена (ЕКО) 100,4 ммоль/(экв) на кг почвы;
- точка в пятидесяти метрах от автотрассы-рНкcl 6,37, гумус 3,37 %, степень насыщенности основаниями 91,2 %, ёмкость катионного обмена (ЕКО) 146,1 ммоль/(экв) на кг почвы;
- точка в трёхстах метрах от автотрассы-рНкcl 7,1, гумус 3,39 %, степень насыщенности основаниями 95,4 %, ёмкость катионного обмена (ЕКО) 9,40 мг/экв на 100 г почвы.

Фоновая почва имеет следующие показатели: рНкcl 4,75, гумус 1,27 %, степень насыщенности основаниями 26,3 %, ЕКО -11,98 мг/экв на 100г почвы.

Светло-серые лесные почвы в районе расположения отвального шлака в деревне Большое Думчино характеризуются показателями [3, 12]:

- точка в двадцати метрах от источника загрязнения: рНкcl 4,5, гумус 2,8 %, степень насыщенности основаниями 45,5 %, ёмкость катионного обмена (ЕКО) 6,64 мг/экв на 100 г почвы;
- точка в трёхстах метрах от источника загрязнения: рНкcl 5,4, гумус 1,8 %, степень насыщенности основаниями 88,7 %, ёмкость катионного обмена (ЕКО) 10,14 мг/экв на 100 г почвы.

Все почвенные образцы отбирались по методу конверта [3, 9, 12]. Таким образом был получен образец, который помог наиболее точно охарактеризовать состояние почвенного покрова в исследуемых почвах. Почвенные образцы доставлялись в научно-исследовательскую лабораторию с целью микробиологического исследования [10].

Для определения микроархаропод – представителей микрофлоры были использованы образцы с ППН на плодородии от 10-100 см², для этого был использован метод автоматической выборки. Опытные образцы подвергались электрированию, для этого применялись воронки Тульгрена [11]. Массу и численность дождевых червей определяли по методу почвенных раскопок на 1м² на глубине 0-20 см [12].

Проведённый анализ показывает, что почвы характеризуются достоверными различиями по показателю общей численности микроорганизмов [1]. В разной удалённости от МКАД показатели колеблются в пределах от $35,77 \pm 5,12 \cdot 10^6$ КОЕ /г до $57,18 \pm 5,29 \cdot 10^6$ КОЕ/г [2, 3, 11].

Так, численность аммонифицирующих бактерий в исследованных почвенных образцах изменялась в пределах от $1,49-2,80 \cdot 10^7$ КОЕ/г [3]. Численность данной группы бактерий в наибольшей удалённости от шоссе в два раза выше, чем вблизи к автотрассе МКАД [3, 4]. А на расстоянии в пятьдесят метров от автодороги их численность возрастила почти в полтора раза и составляла $2,26 \cdot 10^7$ КОЕ/г (рисунок 1) [3].

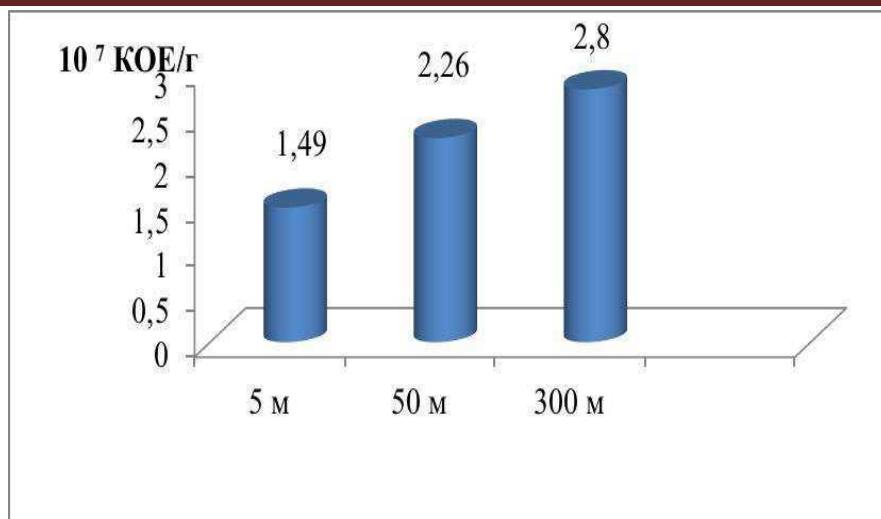


Рисунок 1- Численность аммонийфикаторов в почвах города Москва

Похожая картина установлена и для аминоавтотрофной группировки. В почвах в непосредственной близости к автодороге общая численность аминоавтотрофов установлена на уровне $2,05 \cdot 10^7$ КОЕ/г (рисунок 2) [3].

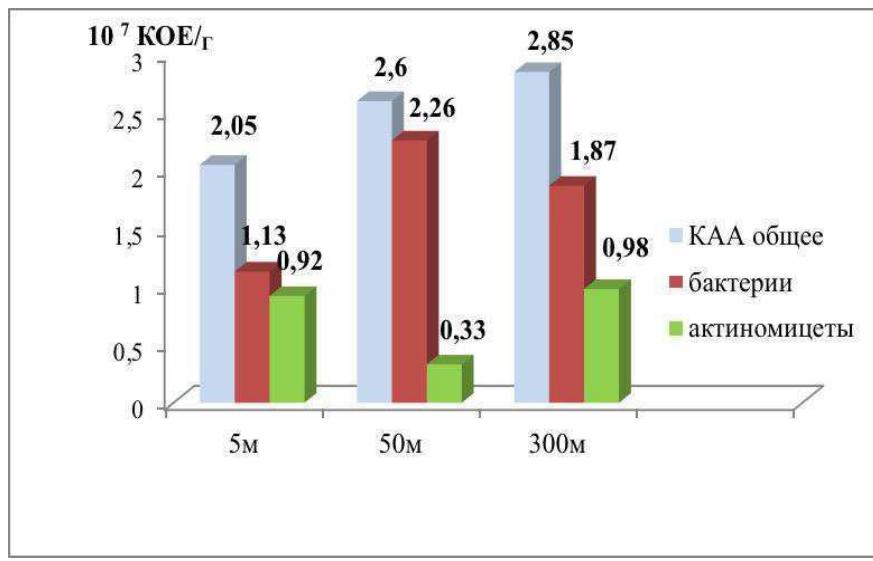


Рисунок 2-Численность аминоавтотрофов в почвах в разной удалённости от МКАД

С увеличением расстояния до пятидесяти метров численность аминоавтотрофов увеличилась до $2,6 \cdot 10^7$ КОЕ/г [3, 7, 12]. А, на расстоянии в триста метров численность аминоавтотрофов установлена на уровне $2,85 \cdot 10^7$ КОЕ/г [3, 8, 12]. Максимальная их численность выявлена на удалении в пятьдесят метров от шоссе и составила $2,26 \cdot 10^7$ КОЕ/г [3, 9, 12].

Следует отметить, что самая минимальная численность этой группы бактерий показана в опытной точке в непосредственной близости к шоссе $1,13 \cdot 10^7$ КОЕ/г [10, 12].

В опытных почвенных образцах в наибольшей удалённости от автодороги количество бактерий составило $1,87 \cdot 10^7$ КОЕ/г [3, 10, 12].

Результаты исследований по изменению численности актиномицетов в физиологической аминоавтотрофной группировке показали, что наибольшая численность актиномицетов установлена в образцах, которые были отобраны на удалённости от автотрассы в пределах триста метров, количество актиномицетов достигало $0,98 \cdot 10^7$ КОЕ/г, однако численность актиномицетов в почвах в непосредственной близости от шоссе составила $0,92 \cdot 10^7$ КОЕ/г. Численность актиномицетов на пятьдесят метров составила $0,33 \cdot 10^7$ КОЕ/г [11].

Все группы микроорганизмов показывают сходное распределение численности на территории почв МКАД (рисунок 3) [3, 12].

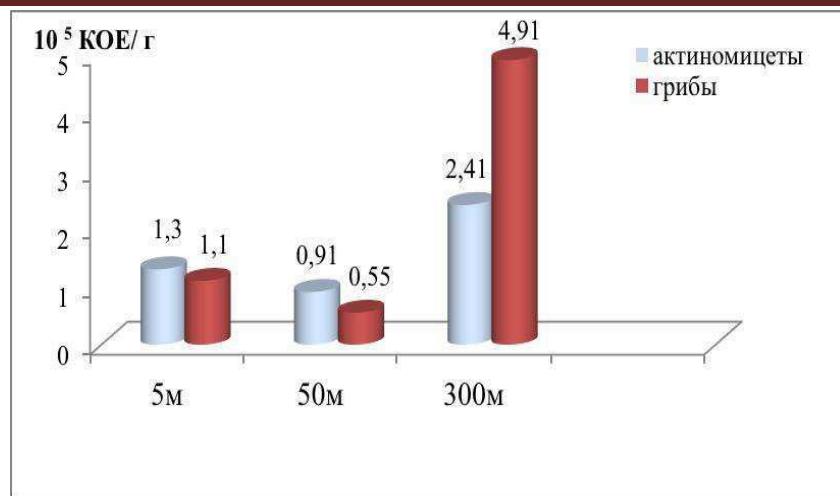


Рисунок 3-Численность грибной микрофлоры и актиномицетов почвах города Москва

Численность грибной микрофлоры меняется в зависимости от удалённости источника загрязнения, например самое наибольшее количество колониеобразуемых единиц было установлено при наибольшем удалении автодороги и установлено на уровне $4,91*10^5$ КОЕ/г, а наименьшее количество целлюлозоразлагающих микроорганизмов вблизи к шоссе достигало значения $1,1*10^5$ КОЕ/г.

Представленная группа целлюлозоразлагающих актиномицетов в почвах показывает следующие данные: количество актиномицетов было установлено в пределах от $1,3*10^5$ КОЕ/г до $2,41*10^5$ КОЕ/г [1, 3, 12].

Исследуемые величины коэффициентов минерализации, характеризующих соотношение в составе микробоценоза бактерий, выросших на КАА, к бактериям, растущим на МПА, наглядно показывают, что урбанозёмах с наибольшей приближенностью к шоссе величина коэффициента минерализации достигает значения 1,38, с удалением от дороги значение коэффициента минерализации снижается до 1,02 ед. с одновременным увеличением общей численности микробоценоза с $3,58*10^7$ КОЕ/г до $5,72*10^7$ КОЕ/г [2, 3, 12].

Исследования показали, что в парковой зоне особо охраняемой природной территории Лосиный остров общая численность микроорганизмов достигала уровня $2,06*10^7$ КОЕ/г, а это в 1,7-2,8 раза ниже количества микроорганизмов в почвах, расположенных у МКАД [3].

Также отчётливо видно, что в фоновой почве изменяется не только общая численность микроорганизмов, но и соотношение численности аммонификаторов, что достигало не только уровня $0,93*10^7$ КОЕ/г, но и уступала их численности в урбанозёмах в 1,6-3,01 раза [3].

Численность аминоавтотрофов была в 1,9-2,6 раза ниже их количества в городских почвах. Показатели численности актиномицетов в почве парковой зоны также показано ниже значений, полученных для урбанозёмов и составило $0,29*10^7$ КОЕ/г [4, 12].

Количество бактерий, использующих минеральные формы азота на КАА, в контрольной почве составляет $0,81*10^7$ КОЕ/г, и это значение ниже численности данной группировки в почвах на разном удалении от МКАД. Коэффициент минерализации в контрольной почве составил 1,17 ед. (рисунок 4) [3, 10, 12].

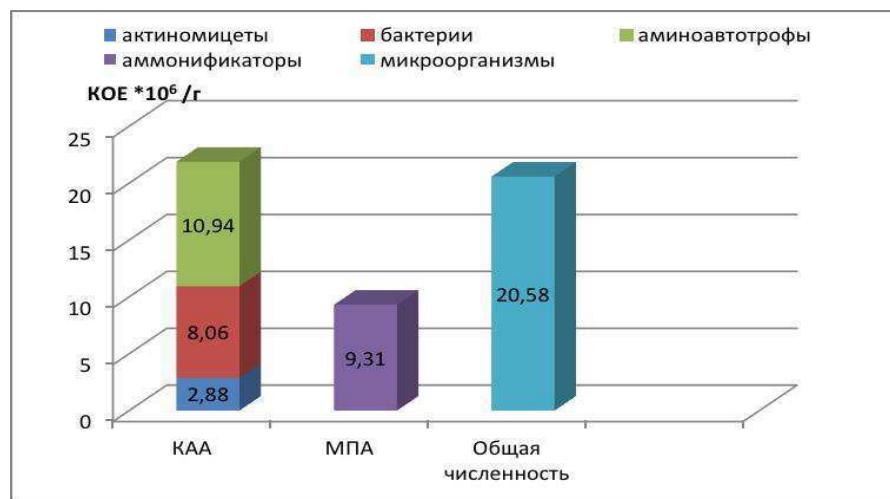


Рисунок 4-Структура микробоценоза в контрольной почве парковой зоны

Исследования по закономерности изменения эколого-трофических групп микроорганизмов в почвах, подвергающихся воздействию транспортно-дорожного комплекса в условиях города, обусловили

необходимость для сравнения состояния микробоценозов в антропогенно-изменённых светло-серых лесных почвах, которые находятся в зоне расположения отвального шлака. Динамика изменения численности микроорганизмов показывает, что независимо от источника загрязнения почвы, установлено изменение общей численности микроорганизмов и численности бактерий. Например, общая численность микроорганизмов на удалённости от отвала двадцать метров составляет $2,12 \times 10^7$ КОЕ/г, а с увеличением удалённости от отвала возрастет до $4,55 \times 10^7$ КОЕ/г. Общая численность микроорганизмов в городских почвах в 1,69 раза превышает их численность в светло-серой лесной почве вблизи к отвалу, а при удалении от источника загрязнения численность микроорганизмов в светло-серой лесной почве меньше их численности в 1,26 раза (рисунок 5) [3, 9, 12].

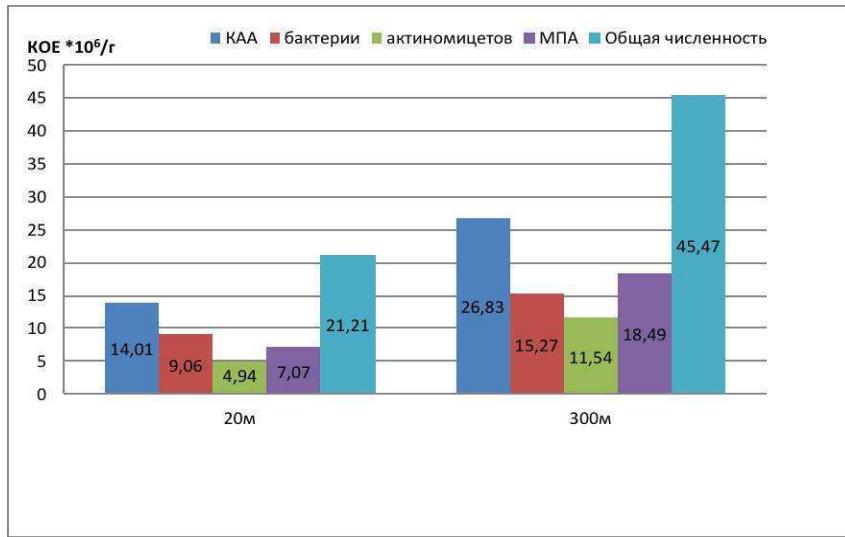


Рисунок 5-Изменение численности эколого-трофических групп микроорганизмов на разной удалённости от шлакового отвала

Установлено, что с удалением от шлакового отвала происходит увеличение численности аммонификаторов с $0,71 \times 10^7$ КОЕ/г до $1,85 \times 10^7$ КОЕ/г. А, количество аминоавтотрофов изменяется в пределах $1,41 \times 10^7$ КОЕ/г до $2,68 \times 10^7$ КОЕ/г. Численность актиномицетов и бактерий, использующих минеральные формы азота, вблизи отвала приближается по значениям к образцам городских почв и составляет $0,9 \times 10^7$ КОЕ/г для денитрифицирующих бактерий и для актиномицетов $0,4 \times 10^7$ КОЕ/г [3].

С удалённостью от отвала показатель численности денитрифицирующих бактерий возрастает аналогично образцам почв города и составляет $1,5 \times 10^7$ КОЕ/г бактерий на КАА и актиномицетов $1,15 \times 10^7$ КОЕ/г [3, 10].

Результаты проведенных исследований показывают, что в почвах города и почвах, подверженных воздействию шлакового отвала, можно отметить тенденцию к уменьшению коэффициента минерализации с увеличением удалённости почв от источника загрязнения. Так коэффициент минерализации в светло-серых лесных почвах изменяется в пределах от 1,9 ед. до 1,5 ед [3].

Низкая численность денитрификаторов в городских почвах и светло-серых лесных почвах обусловлена малым количеством минеральных форм азота и невысокой гумусированностью. Также выявлено, что микробное сообщество стремительно изменяет не только характеристики, но и соотношение между различными эколого-трофическими группами [6, 12].

Это обстоятельство и является основанием для использования значений коэффициентов минерализации и микробиологических анализов для регулярного мониторинга состояния антропогенно-преобразованных почв. В результате проведённых исследований установлено, что почвы мегаполиса испытывают меньший антропогенный пресс в сравнении с интенсивностью воздействия мощного источника загрязнения, как отходы алюминиевого литья.

Исследование особенностей взаимодействия микроорганизмов с тяжёлыми металлами в условиях высокого антропогенного воздействия выбросов автотранспорта на биогеоценозы является весьма актуальным, поскольку микроорганизмы находятся у истоков цепи при поступлении тяжёлых металлов в организм человека. Воздействие тяжёлых металлов на микробиологическую активность организма является индикатором их токсичности и определяется количеством, типом тяжёлого металла, формой соединения и почвенными свойствами [3, 9].

Результаты экологического мониторинга оцениваются по показателям изменения видовой структуры микробных сообществ и изменениями их популяций. Проведённые исследования показывают, что с изменением величины суммарного коэффициента накопления кадмия, свинца, цинка, меди, хрома, никеля, в почвах отмечается закономерное изменение по общей численности микроорганизмов и величине коэффициента минерализации (таблица 1) [3, 7, 12].

Таблица 1. Влияние накопления тяжёлых металлов и степени их подвижности на количество микроорганизмов

удалённость	Zc валовых форм металлов	Zc подвижных форм металлов	% подвижности						Общая численность 10^7 КОЕ/г	Км
			Cd	Pb	Zn	Cu	Cr	Ni		
почвы МКАД										
5 м	7,85	4,55	56,5	9,09	20,58	5,26	5,26	7,47	3,58	1,38
50 м	4,27	2,8	50,0	14,52	29,69	9,38	9,38	5,13	4,88	1,15
300 м	6,98	5,06	60,0	10,19	23,87	9,02	9,02	9,43	5,72	1,02
контрольная почва	1,0	1,0	50,0	8,21	21,74	11,24	16,8	13,21	2,06	1,17
почвы д. Большое Думчино										
20 м	23,96	9,15	45,3	6,92	2,78	1,84	1,52	5,55	2,12	1,9
300 м	18,29	8,3	46,0	7,39	3,16	2,88	0,94	7,65	4,55	1,5

Высокая степень подвижности кадмия, цинка и свинца оказывает влияние на изменение микробоценоза. Показатели изменения структуры микробного сообщества и видов возможных аккумуляторов токсикантов обусловлены объективной оценкой результатов биологического мониторинга в техногенно-изменённых зонах. Одним из показателей оценки по степени загрязнения почв является видовой состав беспозвоночных. Доказано, что значительное влияние на видовой состав оказывает источник загрязнения на численность микроархаропод и их видовой состав. Следует отметить, что с увеличением интенсивности накопления тяжёлых металлов в почве закономерно снижается общая численность микробоценоза и повышается коэффициент минерализации. В почвах города и почвах, подвергнутых значительным нагрузкам в результате воздействия отходов алюминиевого литья, значительно изменяется не только структура микробного сообщества, но и характер метаболизма живых организмов, а в результате этого почва становится источником экологической опасности.

Библиографический список

1. Байбеков, Р. Ф. Микробиологическая оценка загрязнения почв парков тяжелыми металлами / Р. Ф. Байбеков, А. В. Писарева, В. И. Савич, Л. П. Мосина // Плодородие. 2017. № 2 (95). С. 51-53.
2. Гукалов, В. Н. Интегральная оценка состояния тяжелых металлов в почвах / В. Н. Гукалов, В. И. Савич, А. В. Писарева // В сборнике: Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства. Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ. 2017. С. 244-246.
3. Писарева А. В. Экологическая оценка состояния тяжёлых металлов и микробиоты в почвах техногенно трансформированных земель: автореферат дис. ... кандидата биологических наук / Владимир. гос. ун-т им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Орел, 2017.
4. Раскатов В. А. Экологическое состояние почвенного покрова городских ландшафтов различного функционального использования (на примере г. Москвы) / В. А. Раскатов, Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, А. В. Писарева // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии. 2016. № 5. С. 5-18.
5. Сайт Greenologia.ru / Источник: <http://greenologia.ru/eko-problemy/goroda/moskva.html>
6. Степанова, Л. П. Агрономическая оценка восстановления плодородия антропогенно нарушенных и рекультивируемых серых лесных почв / Л. П. Степанова, Е. В. Яковлева, Е. А. Коренькова, А. В. Писарева // Ученые записки Орловского государственного университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. 2015. № 3. С. 256.
7. Степанова, Л. П. Экономико-экологическая оценка устойчивости серых лесных почв к антропогенным воздействиям / Л. П. Степанова, Е. С. Черный, А. В. Писарева, Е. В. Яковлева // В сборнике: Почвы и их эффективное использование. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня рождения доктора сельскохозяйственных наук, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, профессора Владимира Владимировича Тюлина. Главный редактор – В. Г. Мохнаткин; Зам. главного редактора – И. Г. Конопельцев; Ответственный за выпуск – А. В. Тюлькин. 2018. С. 93-103.
8. Строганова, М. Н. Городские почвы: опыт изучения и систематики (на примере почв Юго-Западной части г. Москвы) / М. Н. Строганова, А. Д. Агаркова // Почвоведение. 1992. № 7. С. 16-23.
9. Теппер Е. З. и др. Практикум по микробиологии. 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1993. - 175 с.
10. Терехова, В. А. Биотестирование почв: проблемы и подходы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190-198.
11. Усачова, А. Н. Влияние процессов почвенной деградации на количественный состав бактерий, актиномицетов и грибов / А. Н. Усачова, Н. В. Сиганова, О. Е. Полещук // Экология и биология почв: Матер. междунар. науч. конф. Ростов-на-Дону, 2004. С. 308-312.
12. Яковлева Е. В. Экологическая оценка факторов деградации серых лесных почв и пути их оптимизации: автореф. дисс. на соиск. уч. степ. к.с-х н., Орел. 2006, 23 с.

ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL FACTORS OF URBANIZATION AND HEALTH

Pisareva A. V.¹, Stepanova L. P.², Yakovleva E. V.²

1 Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Moscow state technical University named after N. E. Bauman (national research University)", Moscow

2 Federal state budgetary educational institution of higher education " Oryol state agrarian University named after N. V. Parakhina, Eagle

pavpav.06@mail.ru, lidiapawlownastepanova@yandex.ru, elenavalerevna79@yandex.ru

Ecological and microbiological characteristics of the soil cover in the zones of extreme technogenic impacts are presented. The dynamics of changes in the number of microorganisms in experimental points of the soil at different distances from pollution sources is analyzed. An assessment was made of the degree of soil contamination by the species composition of soil invertebrates. A comparison was made of the microorganisms obtained from the total number of experimental sites at different distances from the slag dump in the village of B. Dumchino with data on the total number of microorganisms in the urbanized cities of the city of Moscow. A comparative analysis of the structure of ecological-trophic groups of micro- and mesofauna of anthropogenically disturbed soils is given. The influence of various sources of pollution of territories is considered. For the city of Moscow, the source of pollution is the emissions of motor vehicles, and for light gray soils it is a slag dump located in the village of Bolshoy Dumchino, Orel region. The effect of the accumulation of heavy metals on the soil microbiota and, as a consequence, on the health of the population is shown. The article presents an analysis of the microbiological activity of anthropogenically altered soils. It is proved that the source of pollution has a significant influence on the number of microarthropods and their species composition. It is established that the slag dump has the greatest impact on the soil in comparison with the impact of motor transport in the metropolis.



**ГРАНИЦЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТАНДАРТНЫХ СТАТИСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
К АНАЛИЗУ МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ
(НА ПРИМЕРЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА)**

Северин А.Е.¹, Сушкова Л.Т.², Батоцыренова Т.Е.², Торшин В.И.¹, Старшинов Ю.П.¹, Розанов В.В.³, Зубова О.М.³¹ФГБОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва,²ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир,³ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова», Москваaesever@mail.ru

Одним из базовых принципов стандартных статистических методов, основанных на теории вероятности является независимость повторяющихся событий друг от друга, как в известном опыте с подбрасыванием монетки.

В то же время, нет необходимости доказывать, поскольку это принято за аксиому, что в организме, - в жестко детерминированной живой системе, все предыдущие события влияют на последующие. Это касается и сердечной деятельности, где невозможен ступенчатый переход с одного уровня функционирования на другой иначе, как только после остановки сердца. При различных возмущающих факторах: действии гипоксии, физической нагрузки, в условиях эмоционального стресса и др. мы наблюдаем постепенный переход от одного характера сердечной деятельности к другому. Следовательно, определенная инерция физиологической системы отражает влияние предшествующего её состояния на последующие реакции при действии внешних и внутренних факторов.

Рассматривая конкретные примеры изменения сердечной деятельности при ступенчато нарастающей физической нагрузке, действии экзогенной гипоксии и при изменении фаз дыхания, полученные в наших исследованиях, можно констатировать, что изменения длительности сердечного цикла могут достигать максимум 20-25% без учета экстрасистол. Физиологическая основа таких ограниченных изменений, по нашему мнению, лежит в длительности периода абсолютной рефрактерности кардиомиоцитов, который занимает 30% и более от общей продолжительности сердечного цикла. Примечательно, что основанная на статистическом анализе методика обработки ряда кардиоинтервалов, предложенная и разработанная Р.М. Баевским, включала исследование автокорреляционной функции. В этой методике определялись изменения коэффициента корреляции между массивами данных, где первый – последовательный ряд кардиоинтервалов, а второй и последующие - ряды кардиоинтервалов при последовательных перестановках первого, второго и т.д. кардиоинтервалов в конец ряда [1]. По нашим данным, в большинстве случаев первые три значения коэффициента корреляции были значимыми, а дальше корреляционная связь становилась близкой к нулю. В то же время, в некоторых случаях: при действии гипоксии или у лиц со сниженными функциональными резервами, значимые коэффициенты корреляции сохранялись значительно дольше - до 20 и более порядкового номера коэффициента корреляции. Это значит, что у большинства лиц влияние предыдущего сердечного цикла

распространялось на 3-4 последующих кардиоцикла, что по длительности соответствует дыхательному циклу. У отдельных лиц со сниженными функциональными резервами влияние предыдущего кардиоцикла на последующие было существенно больше – до 20 и более секунд, что по длительности совпадает с волнами Траубе-Геринга [2, 3].

По-видимому, в организме существует механизм ограничивающий влияние предыдущих событий на последующие, что позволяет более быстро реагировать на изменение внешних условий, изменяя различные функции и в частности ритм сердца. В то же время, при снижении функциональных резервов или при экстремальных ситуациях (гипоксия и др.) влияние предыдущих событий на последующие делается более продолжительным, что снижает скорость реагирования на различные стимулы. Возможно, это связано с уровнем стресса, когда увеличивается взаимозависимость функционирования практических всех физиологических систем. В этом случае применение стандартных статистических методов исследования (построение гистограммы, определение разброса показателей, средних значений и др.) будет свидетельствовать об уровне стресса, что и используется различными программами анализа вариабельности сердечного ритма [4].

Таким образом, применение стандартных статистических методов для анализа медико-биологических процессов может дать общее представление о состоянии физиологических систем и уровне стресса, но не укажет направленности развития физиологического процесса. Возможно эту направленность можно выявить, дополнив анализируемые статистические события.

Библиографический список

1. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. М., Медицина, 1979, 298 с.
2. Сиваков В.П. Вариабельность ритма сердца: периоды формирования представлений о модуляции сердечного ритма и перспективные направления ближайших исследований.// Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2011. Т. 10. № 1. С. 47
3. Ерофеев Н.П., Вчерашний Д.Б. К вопросу о проблемах регистрации краиального ритмического импульса.// Мануальная терапия. 2012. № 2 (46). С. 49-56.
4. Семенов Ю. Н. Разработка эффективных методов и сравнительное исследование вариабельности сердечного ритма у обследуемых различного пола и возраста // дисс. ... канд. биол. наук. Москва, 2009. - 153 с.

BORDERS OF APPLICATION OF STANDARD STATISTICAL METHODS TO THE ANALYSIS OF MEDICAL AND BIOLOGICAL DATA (ON THE EXAMPLE OF VARIABILITY OF HEART RHYTHM)

¹Severin A.E., ²Sushkova L.T., ²Batozirenova T.E., ¹Torshin V.I., ¹Starshinov Y.P., ³Rozanov V.V., ³Zubova O.M.

¹People's Friendship University of Russia, Moscow,

²Vladimir State University, Vladimir City,

³Lomonosov Moscow State University. Moscow, Russia

aesever@mail.ru

I consider the limits of the possible application of standard statistical methods for the analysis of heart rhythm in conditions of dependence of subsequent cardiac cycles on previous ones. Separate indices of autocorrelation function in individuals with high and low functional reserves of the cardiovascular system are given, under conditions of hypoxia and under physical exertion.



ВЕГЕТАТИВНАЯ НЕРВНАЯ СИСТЕМА И ТЕМПЕРАТУРНЫЙ ГОМЕОСТАЗ

Северина Е.А.¹ Северин А.Е. ¹, Торшин В.И.,¹Манкаева О.В.,¹ Бакаева З.В.,¹Дьячкова Т.В.,² Берсенева И.А.,²

1ФГБАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва,

2ФГБОУ ВО «Московский областной гуманитарный университет», Орехово-Зуево,

aesever@mail.ru

Адаптация к измененным природно-климатическим условиям сложный физиологический процесс, охватывающий все функциональные системы человека. [1,2] Ведущим фактором к которому в первую очередь приспособливаются мигранты при переезде из зоны с более теплым в зону с более холодным климатом, является температура внешней среды. Адаптация только к этому, ведущему фактору, затрагивает: поведение, пищевые предпочтения, эмоциональную сферу, двигательную активность, регуляцию метаболизма, эндокринные функции, сердечно-сосудистую систему и дыхание.

Одно из наиболее важных физиологических систем является вегетативная нервная система (ВНС), в силу ее центральной роли в регуляции метаболизма, сосудистого тонуса, сердечно – сосудистой системы, процессов теплопродукции теплоотдачи [5,]

Классические представления об адаптации к более холодному климату состоят в следующих реакциях: снижение процессов теплоотдачи, увеличение теплопродукции, модификация поведения, в том числе пищевого, изменение обмена веществ. Все эти реакции протекают на фоне повышения активности симпатического отдела ВНС [3,4]. Реализация данной стратегии адаптации будет тем полнее, чем сильнее будет действие низких температур на организм. Лучше всего адаптируются к низким температурам лица, которые в детстве и подростковом периоде подвергались действию низких температур среды. В то же время, у лиц, не соприкасающихся с понижением температуры внешней среды в детстве и подростковом возрасте, когда происходит формирование всех функциональных систем организма проявления стандартных адаптивных реакций на охлаждение, не может быть реализована в полном объеме в связи с большим объемом перестройки функциональных систем..

Целью нашего исследования было выявление особенностей терморегуляции и вегетативного гомеостаза у лиц, уроженцев жарких климатических регионов при адаптации к климату средней полосы России.

Мы обследовали студентов РУДН из стран ближнего среднего востока (35 чел) и стран Африки (30 чел), которые в течение двух лет адаптировались к климату средней полосы России. В качестве контрольной группы были обследованы студенты из средней полосы России (25 чел).

В качестве функциональной пробы мы использовали локальное охлаждение кисти правой руки в ледяной воде в течение 1 мин. Регистрировали до Холодовой пробы и в период восстановления показатели температурного гомеостаза (температуру кисти и тела) и показатели вариабельности сердечного ритма (ВСР).

В ходе исследования было получено, что в контрольной группе российских студентов кратковременное локальное охлаждение вызвало сужение периферических сосудов и централизацию кровообращения с увеличением поперечного градиента температур на 28,7%. При этом, по данным ВСР возрастала активность симпатического отдела ВНС на 6 % и снижалась активность парасимпатического отдела на 30,3%. У Африканских студентов поперечный градиент температур увеличивался на 40,6%. При этом, активность симпатического отдела ВНС снижалась на 3,2%, а парасимпатического отдела возрастала на 10,4%. У студентов из стран Ближнего и среднего востока поперечный градиент температур увеличивался на 43,7%. При этом, активность симпатического отдела ВНС возрастала на 7,7% а парасимпатического отдела снижалась на 41,4%.

Таким образом, реализация адаптивной реакции на охлаждение – спазм периферических сосудов и централизация кровообращения у уроженцев африканских стран реализовалась по принципиально другой схеме, отличной от вегетативной реакции у российских студентов и студентов из стран Ближнего и среднего востока. Эти различия заключались в разном вовлечении симпатического и прасимпатического отделов вегетативной нервной системы в сосудодвигательные реакции и перераспределение крови между ядром и оболочкой тела при локальном охлаждении.

Причины выявленных различий заключалась по-видимому в том, что в Африканских странах средние температуры июля и января составляли плюсовые значения 20 – 25 °С. И, следовательно, студенты из Африканских стран в детстве и в подростковом возрасте не могли подвергаться действию низких температур. Проведенные нами исследования корреляционной зависимости между характеристиками климата мест постоянного жительства обследуемых и параметрами температурных и вегетативных реакций на локальное охлаждение показали, что значимые показатели коэффициента корреляции между холодовым спазмом сосудов на локальное охлаждение и климатическими характеристиками имеют место с температурой января и с разницей температур январь-июль. При этом, корреляция изменений показателей температурного гомеостаза с температурой января была отрицательной, а с градиентом температур январь-июль – положительной.

Таким образом, исследование показателей температурного и вегетативного гомеостаза у студентов из жарких климатических регионов показало, что адаптация к более холодному климату занимает значительный промежуток времени и не завершается за два года, а механизмы приспособления и вегетативные реакции адаптирующихся могут быть принципиально различными и зависят от климатических характеристик мест постоянного проживания в детский и подростковый период.

Библиографический список

1. Агаджанян Н.А. Адаптация и резервы организма. М. Медицина, 1983, 176 с.
2. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. Из-во РУДН, 2006, 284 с.
3. Баевский Р.М., Берсенева А.П. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний М.: Медицина 1997., 236 с.
4. Баевский Р.М., Никулина Г.А. Исследование вегетативной регуляции кровообращения во время длительной изоляции на основе анализа вариабельности сердечного ритма. // Авиакосмическая и экологическая медицина. 1997. Т. 31. № 4. С. 61-64.
5. Валикова Т.А., Алифирова В.М., Пугаченко Н.В., Гребенюк О.В. Неврология. Вегетативная нервная система. Анатомия, физиология, клинические проявления, лечение / Томск, 2013.

VEGETATIVE NERVOUS SYSTEM AND TEMPERATURE HOMEOSTASIS

Severina E.A.¹ Severin A.E. ¹, Torshin V.I¹, ¹Mankaeva O.V¹, ¹ Bakaeva Z.V¹, Dyachkova T.V², Berseneva I.A.²

1 Peoples' Friendship University of Russia, Moscow,

2 Moscow Regional Humanities University", Orekhovo-Zuevo,

aesever@mail.ru

The reaction to local cooling of the brush in natives of hot regions and a temperate climate is considered. It is shown that the natives of African countries, when adapting to the conditions of the temperate climate of Russia, there is an increase in the activity of the parasympathetic department of the autonomic nervous system and a decrease in the activity of the sympathetic department. In immigrants from the countries of the Near and Middle East with local cooling, changes in vegetative regulation coincide with changes in rooted inhabitants of the temperate climate: the activity of the parasympathetic division of the vegetative nervous system decreases and sympathetic activity increases.



МОНИТОРИНГ ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОСПАЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ВОЗРАСТА У ДЕТЕЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Аракелян Д.Д., Есиков Н.П., Кривобокова М.И., Кульнова Ю.Ю., Лысенко Е.И.,
Лысенко М.М., Пуценко А.И., Рябых А.В., Таранова В.И., Шкурская К.А.

ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь, miss.smirnovaon@yandex.ru

Актуальность проблемы

Важной на нынешний день темой в структуре детских болезней считаются заболевания верхнего отдела дыхательных путей [22-25]. Они охватывают большое число детей и встречаются, у 33–35% детского народонаселения [5, 9, 11]. Оториноларингологические органы, включающие верхние дыхательные пути и орган слуха занимают огромное значение в формировании ответных и защитных реакций организма человека при взаимодействии с внешним миром [23-27]. Обусловлено это присутствием сильной рефлексогенной зоны в верхних дыхательных путях, обеспечивающей нормальное функционирование органов чувств и поддержание гомеостаза организма [6,19]. При хроническом воздействии неблагоприятных факторов на пациентов оториноларингологического отделения, они служат источником развития хронических очагов патологии, приводят к формированию широкого круга заболеваний системного характера, что в свою очередь, уменьшает качество жизни [5, 9, 11].

Цель работы: изучение периферической крови у пациентов оториноларингологического отделения разных групп детей в зависимости от возраста.

Методы исследования. Оценка лабораторных показателей периферической крови кондуктометрическим методом. В качестве биологического материала использовалась цельная кровь. Взятие крови проводилось утром и натощак. Для оценки компонентов периферической крови использовали, гематологический анализатор Abacus Junior. Этот анализатор является полностью автоматическим, требующим для работы минимума обучения и технической поддержки [1-12]. Автоматический гематологический анализатор Abacus Junior определяет 18 гематологических параметров, включая дифференцировку лейкоцитов (WBC) на три части. В качестве пробы ему нужно 25 мкл. цельной крови. Для количественной оценки клеток периферической крови на гематологическом определяли 10 лабораторных показателей: эритроциты (RBC); параметры гемоглобина (HGB); лейкоциты (WBC); процент сегментоядерных и палочкоядерных нейтрофилов (NEUT%); процент лимфоцитов (LYM%); процент моноцитов (MON%); процент эозинофилов (EO%); процент тромбоцитов (PLT%); параметры СОЭ (ESR%).

Результаты и обсуждение

Исследование проводилось среди 86 пациентов ГДКБ им. Г.К. Филиппского в 2016-2017 году, в детском оториноларингологическом отделении. Были исследованы выписки из истории болезней, а также в качестве исследуемого материала использовалась кровь. Общий анализ крови проводился у пациентов два раза: при поступлении в больницу и при выписке. Пациентам был выполнен общий анализ крови в пяти возрастных группах. В I группе – от 1 до 3-х лет включительно, вошли 14 человек. Медиана их возраста составила 2 года. Группу II –4-6 лет, сформировали 16 человек, (медиана = 4). Группа III –7-10 лет, включает в себя 27 человек, (медиана = 8). Группа IV –11-14 лет, составила 14 человек, (медиана = 12). В V группу –15-18 лет, вошли 15 человек, (медиана = 16). В общем анализе крови у детей разных возрастных групп наблюдалось отчетливое превышение референсных значений абсолютного состава WBC (лейкоциты), по сравнению с другими форменными элементами крови, которые отвечают нормальным значениям. Увеличение у детей в общем анализе крови уровня лейкоцитов, указывает на воспаление, что является ответной реакцией организма на действие патогенного агента.

Хотя остальные клеточные элементы отвечают референсным величинам, однако при сравнении показателей были получены некоторые различия. Показатель ESR (СОЭ) имел тенденцию к росту у детей 1 возрастной группы (1-3 года) ($10,4 \pm 1,09$) ($P < 0,10$), а у детей 2 возрастной группы (4-6 лет) и 4 группы ($9,7 \pm 0,61$)

($P<0,10$) этот показатель имел тенденцию к росту, но оставался в пределах возрастных норм ($9,6\pm0,84$) ($P<0,10$), у детей 3, 4 и 5 возрастных групп, этот показатель соответствовал нормальным параметрам ($7,1\pm0,77$; $6,3\pm0,61$; $7,8\pm0,79$) ($P<0,10$). Близость к верхней границе нормы уровня ESR (СОЭ) можно пояснить тем, что данный неспецифический показатель появляется в присутствии в организме острого воспаления. Так, в нашем исследовании у детей раннего возраста имел место подъем количества лейкоцитов при ускоренной СОЭ, что свидетельствует об остром воспалительном течении заболевания.

Показатель палочкоядерных нейтрофилов достоверно превосходит нормальные показатели у детей всех возрастных групп, по сравнению с другими клеточными элементами. Максимальная направленность к увеличению данного показателя отмечается у детей 1 возрастной группы (1-3 года) ($9,7\pm2,3$) ($P<0,02$), 2 группы (4-6 лет) ($8,3\pm1,6$) ($P<0,10$), и 4 группы (11-14 лет) ($10,7\pm2,8$) ($P<0,01$), по сравнению с таким же показателем у детей 3 возрастной группы (11-14 лет) ($7,7\pm1,2$) ($P<0,10$) и 5 группы (15-18 лет) ($7,1\pm1,07$) ($P<0,10$). Среди других лейкоцитарных пулов достоверных различий не было выявлено (сегментоядерные нейтрофилы, эозинофилы, лимфоциты, моноциты).

В нашем исследовании, по подъему содержания количества палочкоядерных нейтрофилов в крови, отслеживается сдвиг лейкоцитарной формулы влево. Увеличение степени нейтрофилов указывает на присутствие в организме острого инфекционного заболевания. Такая модификация лейкоцитарной формулы, свидетельствует о наличии инфекции бактериального типа. Таким образом, увеличение среднего значения лейкоцитов у детей разных возрастных групп с оториноларингологической патологией, отмечается на фоне увеличения относительного количества палочкоядерных нейтрофилов.

При острых средних отитах, лейкоцитарная формула показала, что значения палочкоядерных нейтрофилов достоверно превышены у детей в 1 возрастной группе ($10,1\pm2,55$) ($P<0,02$) и во 2 возрастной группе ($9,3\pm2,15$) ($P<0,02$), в сравнении с детьми 3 группы ($5,4\pm1,2$), 4 группы ($6,9\pm0,95$) и 5 возрастной группы ($5,6\pm0,3$) ($P<0,02$) (рис.7). Вероятно, это связано с дефицитом врожденного иммунитета у детей ранних лет, так как система местного иммунитета у большинства детей завершает свое развитие к 4-6 годам жизни детей, а естественный (приобретенный), иммунитет начинается только после перенесенного недомогания, что коррелирует с данными литературы [9-12].

Максимальная ориентация к увеличению показателя палочкоядерных нейтрофилов наблюдается у детей во 2 группе ($9,3\pm2,15$) ($P<0,05$), по сравнению с тем же показателем у детей в остальных возрастных группах (1гр. $7,4\pm1,2$), (3гр. $7,2\pm0,9$), (4гр. $7,9\pm1,85$), (5гр. $6,5\pm0,75$) ($P<0,05$) соответственно. Высокий этот показатель у детей этой группы, можно, связать с тем, что в детском возрасте существует естественная возрастная узость носовых ходов, и даже незначительная отечность слизистой оболочки приводит к помехе аэрации пазух и развитию острый верхнечелюстной синусита. Также, у детей раннего возраста, возникновение острого верхнечелюстного синусита, может проистекать на фоне ослабевшего детского иммунитета [10-22].

При гнойном гайморите, значения палочкоядерных нейтрофилов достоверно увеличены у детей 3 группы ($8,5\pm1,75$) ($P<0,02$), 4 группы ($10,3\pm0,95$) ($P<0,02$), 5 группы ($9,4\pm2,65$) ($P<0,02$), по сравнению с теми же показателями у детей 1 группы ($7,3\pm1,15$) ($P<0,02$) и 2 возрастной группы ($7,2\pm1,1$) ($P<0,02$). Может быть, это связано с тем, что в средне-старшем возрасте, за многолетний период процесса заболевания, совершилась хронизация процесса, которому ранее предшествовали частые ангины [22-27].

Выводы

Изучение распределения количественных показателей системы крови в педиатрической практике всех возрастных групп выявило увеличенный уровень лейкоцитов на фоне увеличенного количества палочкоядерных нейтрофилов, выходящих за пределы референсных значений. Наибольшая тенденция к увеличению нейтрофилов отмечалась в педиатрической практике 1 возрастной группы (1-3 года) ($9,71\pm2,35$), 2 группы (4-6 лет) ($8,3\pm1,65$) и 4 группы ($10,6\pm2,8$). Таким образом, установлено снижение среднего значения лейкоцитов в педиатрической практике разных возрастных групп с ЛОР патологией у пациентов оториноларингологического отделения, на фоне уменьшения относительного количества палочкоядерных нейтрофилов.

Полученные данные характеризуют возрастные особенности системы крови и удостоверяют тот факт, что сдвиг лейкоцитарной формулы влево, то есть подъем в крови количества палочкоядерных нейтрофилов, подтверждает течение всевозможного рода воспалительных процессов.

Библиографический список

1. Андреева И.В., Стецюк О.У. Инфекции дыхательных путей: новый взгляд на старые проблемы // Антимикробная химиотерапия 2009. — С. 143–151.
2. Бартон М. Болезни уха, горла и носа: краткое руководство для врачей и студентов. М.: «Издательство Бином». —2002. —288с.
3. Белобородова Н.В. Проблемы рациональной антибиотикотерапии инфекций дыхательных путей и оториноларингологических-органов у амбулаторных больных // Детский доктор. — 1999. — № 4. — С. 18-21.
4. Богомильский М.Р. Значение бактериальной иммунокоррекции в лечении болезней уха, горла и носа в педиатрической практике // Трудный пациент. - 2007. - № 10.— С. 43-46.
5. Богомильский М.Р. Антибактериальная терапия оториноларингологических-инфекций в

- педиатрической практике: острый верхнечелюстной острый верхнечелюстной синуситы, средние отиты, гнойный гаймориты // Педиатрия. 2003. Т. 5. № 9. — С 10–14.
6. Богомильский М. Р., Чистякова В. Р. Детская оториноларингология // Учебник для ВУЗов. — М.: ГЭОТАР-МЕД, 2001. — С. 78—95.
 7. Богомильский М. Р., Чистякова В. Р. Болезни уха, горла и носа. // Национальное руководство. М.: Медицина, 2008. Т. 1, — С. 78–82с.
 8. Волошина И.А. Обоснование применения антибактериальной терапии при лечении хронического острый верхнечелюстной острый верхнечелюстной синусита // РМЖ. – 2007 г. – № 18. – С.17–20.
 9. Гаращенко Т.И., Богомильский М.Р., Маркова Т.П., Чувиров Д.Г. Бактериальные иммунокорректоры в профилактике и лечении патологии оториноларингологических-органов в группе часто болеющих детей. // РГМУ, Институт повышения квалификации ФУВБиЭП МЗ РФ. М., 1999.— С. 38–43.
 10. Гаращенко Т.И. и соавт. Иммунотерапия при заболеваниях оториноларингологических-органов в педиатрической практике. В кн. // Иммунокоррекция в педиатрии, под ред. Костинова М. П., М.: 1997. — С. 40–48.
 11. Гарджимираев Г. А. Очаги инфекции верхних дыхательных путей и острая пневмония в педиатрической практике. 1980, № 1, — С. 16-20.
 12. Гофман В.Р., Черныш А.В., Шевченко Ю.Л. Клиническая иммунология хронического гнойный гайморита. // Санкт-Петербург: Наука, 1998. – 132с.
 13. Гуров А. В. Этиологически значимые возбудители гноино-септической патологии оториноларингологических-органов и их антибиотикочувствительность // IV Всероссийская научно-практическая конференция наука и практика в оториноларингологии, №5, 2007. — С. 9-11.
 14. Зайцев А. А., Колобанова Е. В., Синопальников А. И. Внебольничные инфекции дыхательных путей: место защищенных аминопенициллинов // Лечащий Врач. 2008, № 5. — С 75-79.
 15. Каманин Е.И., Стецюк О.У Инфекции верхних дыхательных путей и оториноларингологических-органов. // Практическое руководство по антиинфекционной химиотерапии. — Смоленск: МАКМАХ, 2007. — С. 248-258.
 16. Карпов О. И. Макролиды: новая парадигма — фармакодинамика/иммуномодуляция // Клин. Фармакология и терапия. 2005. № 5. — С. 20-23.
 17. Кафарская Л. И., Гуров А. В. Принципы лечения гноино-воспалительной патологии оториноларингологических-органов аутовакциными препаратами // V Научно-практическая конференция фармакологические и физические методы лечения в оториноларингологии, 2007. — С. 24-25.
 18. Козинец Г.И., 1997. Исследование системы крови в клинической практике / Г.И. Козинец, Ю.С. Арутумян, Г.Д. Ашурян и др.- М: ТриадаХ, 1997. —480с.
 19. Крюков А.И., Жуховицкий В.Г. Гноино–воспалительные заболевания уха, горла, носа и верхних дыхательных путей: актуальность проблемы и пути решения. // Вестник оториноларингологии, 2004, №1. — С. 3–13.
 20. Лопатин А.С. Принципы лечения острых и хронических острый верхнечелюстной острый верхнечелюстной синуситов. Фармакотерапия болезней уха, горла и носа с позиций доказательной медицины. // Лекционный образовательный курс. Москва, 2006. — С. 15–23.
 21. Мельникова Г.И. Зависимость течения острого среднего отита от некоторых наследственных факторов // Новости оториноларингологии. -1995.-№ 1. — С. 43-45.
 22. Миронов А.Ю., Миронов А.А. Клинические гнойный средний особенности неклостридиальной анаэробной инфекции при патологии оториноларингологических-органов. //Вестник оториноларингологии, 1991. — С. 15–17.
 23. Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Егорова С. А. Инновационный способ терапии и реабилитации в неврологии и педиатрии. Монография. –Германия: Изд-во Lambert Academic Publishing, 2015 –161 с.
 24. Смирнова О.Н., Егорова С.А., Егоров Н.А. Мониторинг физического развития детей в педиатрии. Вестник Северокавказского федерального университета. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2015 – №5/50 – С. 156–159.
 25. Смирнова О.Н., Гликова Т.А., Смирнов А.А. Биофармацевтика. Разработка состава, технологические исследования норма качества для композитных суппозиториев. Монография. –Германия: Изд-во Lambert Academic Publishing, 2017 –145 с.
 26. Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Егорова С. А. Особенности периферической крови у детей в зависимости от лор патологии Современные проблемы науки и образования. М.; 2016. – № 4; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=24819>
 27. Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Егорова С. А. Особенности периферической крови у детей с аллергическими заболеваниями Ставропольского края и республики Дагестан Современные проблемы науки и образования. М.; 2016. – № 3; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=24758>

MONITORING OF LABORATORY PARAMETERS OF INFLAMMATION DEPENDING ON AGE IN CHILDREN OF STAVROPOL TERRITORY

Smirnova O. N., Smirnov A. A., Arakelyan D. D. Esikov N. P. Krivobokova M. I. Kulneva Yu. Yu., Lysenko E. I., Lysenko M. M., Lutsenko A. I., Ryabykh V. A., Taranova, V. I., K. A. Skorska
Federal state Autonomous educational institution "North-Caucasian Federal University", Stavropol,
miss.smirnovaon@yandex.ru

During the period from August 2016 to August 2017, 86 children who were treated at the city children's hospital were examined. G. K. Filippky of Stavropol. The age of the children was from 1 month to 18 years. The study of the distribution of quantitative indicators of the blood system in pediatric practice of all age groups revealed an increased level of leukocytes against the background of an increased number of rod-shaped neutrophils, going beyond the reference values. The greatest tendency to increase in neutrophils was observed in pediatric practice in 1 age group (1-3 years) (9.71 ± 2.35), 2 groups (4-6 years) (8.3 ± 1.65) and 4 groups (10.6 ± 2.8). Thus, an increase in the mean value of leukocytes in different age groups with ENT pathology in patients of the otorhinolaryngological Department was established.



ДИНАМИКА ЛАБОРАТОРНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ВОСПАЛЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МЕСТА ЖИТЕЛЬСТВА У ДЕТЕЙ СТАВРОПОЛЬСКОГО КРАЯ

Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Костина О.В., Съянова Ю.А., Польская Е.С., Хисамова И.З., Хачиева Д.Г., Котова Р.К., Сильченко А.В., Миронова М.В., Лавриненко И.Н.
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», г. Ставрополь,
miss.smirnovaon@yandex.ru

Актуальность проблемы

В клинической практике нередко возникают трудности при диагностике и лечении бронхолегочных заболеваний [1-5]. Это обусловлено разнообразием клинико-морфологических проявлений [5-10], что связано с возрастными особенностями становления бронхолегочной системы [11-17], сложностью выбора лекарственных препаратов, необходимостью начала лечения с эмпирического подхода [20-25], проблемами дифференциальной диагностики и большим числом этиологических факторов [17-19]. Поэтому проблема своевременной диагностики бронхолегочных инфекций и эффективного контроля течения заболевания стоит в настоящее время достаточно остро [22, 25].

Цель исследования: выявление динамики лабораторных показателей воспаления у больных детей с бронхолегочными заболеваниями в зависимости от места проживания детей

Материалы исследования. Обследовано 263 ребенка, находившихся на лечении в городской детской больнице им. Г.К. Филиппского г. Ставрополя, страдающих бронхолегочными заболеваниями, за период с августа по декабрь 2017 года. Возраст детей был от 1 месяца до 16 лет. У 155 (59%) пациентов был основной диагноз - острые пневмония, у 92 (35%) - острый бронхит, у 16 (6%) - острый трахеобронхит. Заболевание во всех случаях было средней степени тяжести. В ходе исследования предположили, что частота заболеваний, возможно, связана с возрастом больных детей. Для этого дети были разделены на группы: I группа - дети до 1 года (грудной возраст); II группа - от 1 года до 3 лет (ясельный возраст); III группу составили дети от 3 до 7 лет (дошкольный возраст); IV группа от 7 до 12 лет (младший школьный возраст); V группа дети от 12 до 16 лет (старший школьный возраст).

Методы исследования. Клинический развернутый анализ периферической крови с подсчетом форменных элементов и лейкоцитарной формулы, определение СОЭ, расчет лейкоцитарных индексов интоксикации (ЛИИ) Кальф-Калифа, индекс Островского, индекс соотношения лейкоцитов и СОЭ (ИЛСОЭ). Полученные данные подверглись обработке с помощью методов математической статистики с использованием Microsoft Excel. Для систематизации данные заносились в скрининг-таблицу, где были указаны паспортные данные ребенка, клинико-лабораторные показатели, этапы лечения и исход основного заболевания.

В данном исследовании мы проводили комплексную оценку некоторых гематологических индексов, так как она более информативна, чем изучение простой гемограммы. Она позволяет оценить развитие, тяжесть, течение воспалительного процесса и эндогенной интоксикации (ЭИ), а также оценить эффективность проводимой терапии. В работе применены методы вариационной статистики: вычисление средней арифметической и средней ошибки данной величины. Достоверность различий средних сравниваемых величин определялась по коэффициенту Стьюдента, различия считали достоверными при $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. В рамках городской детской больницы им. Г.К. Филиппского города Ставрополя, были проанализированы клинические диагнозы в зависимости от места рождения и проживания детей, находившиеся на лечении. Можно отметить, что диагноз острый бронхит и острый трахеобронхит у городских жителей встречаются чаще (70% и 75%), чем острые пневмонии (44%).

Большую роль при данной патологии в постановке диагноза и назначении адекватного лечения играет лабораторная картина периферической крови. Оценивали количество лейкоцитов и уровень СОЭ. Для оценки степени тяжести и прогноза течения заболевания, а также для выявления зависимости степени эндогенной интоксикации от возраста детей, был проведен расчет лейкоцитарных индексов интоксикации с помощью интегральных гематологических показателей. В итоге установлено, что лейкоцитоз у детей I возрастной группы более ярко выражен ($p<0,01$), чем у детей II и III групп и, чем у детей IV и V возрастных групп ($p<0,001$). Увеличение СОЭ выше у детей I группы ($p<0,05$), чем у детей III и IV групп и выше, чем у детей V группы ($p<0,005$). ИЛСОЭ выше у детей I групп ($p<0,05$), чем у детей II группы и выше, чем у детей V группы ($p<0,001$). ЛИИкк выше у детей I группы ($p<0,001$), чем у детей всех остальных групп.

В ходе исследования мы предположили, что возможно, существует зависимость клинических вариантов бронхолегочных заболеваний от места проживания больных. Можно отметить, что диагноз бронхит и трахеобронхит у городских жителей встречаются чаще (70% и 75%), чем пневмония (44%). В результате нашего исследования мы предположили, что существует изменение неспецифических лабораторных показателей воспаления у детей в зависимости от возраста и клинического варианта бронхолегочных заболеваний. С целью установления географической распространенности бронхолегочных заболеваний у детей Ставропольского края, был проведен анализ историй болезни в зависимости от места рождения больных. Отмечается некоторая тенденция увеличения числа данной патологии у городских жителей (52%), по сравнению с сельскими жителями (48%).

Подробно рассмотрев географическую карту Ставропольского края и сопоставив данные о месте рождения больных детей, выявили направленность к увеличению числа пациентов в районах края, где особенно развито промышленное и химическое производство, а именно г. Невинномысск, г. Ставрополь (62%), дети из сельской местности, поступали реже (38%).

Для того чтобы выяснить при какой патологии бронхолегочной системы неспецифические показатели воспаления реагируют наиболее остро, были проанализированы показатели в зависимости от клинического диагноза заболеваний.

Установлено, что лейкоцитоз, повышение СОЭ, повышение ИЛСОЭ и ЛИИкк при трахеобронхите у детей I возрастной группы выше ($p<0,005$), чем у детей II группы и выше ($p<0,001$), чем у детей V группы. Можно отметить (таблица 5), что лейкоцитоз у детей I группы при бронхите более выражен, чем у детей всех остальных групп ($p<0,001$). Уровень ИЛСОЭ и ЛИИкк выше ($p<0,001$), чем у детей V группы.

Найдено (таблица 6), что при пневмонии лейкоцитоз у детей I возрастной группы более ярко выражен, чем у детей II и III групп и выше, чем у детей V группы ($p<0,001$). Увеличение СОЭ выше у детей I группы ($p<0,01$), чем у детей II и V групп. ИЛСОЭ выше у детей I группы ($p<0,05$), чем у детей II группы и выше, чем у детей V группы ($p<0,001$). ЛИИкк выше у детей I группы ($p<0,001$), чем у детей I и V групп.

Анализируя полученные данные, можно отметить, что независимо от клинического диагноза неспецифические показатели воспаления при бронхолегочных заболеваниях в группах различаются достоверно, причем, степень достоверности возрастает с увеличением разницы в возрасте. Дети первых трех возрастных групп реагируют наиболее остро.

Выводы.

Выявлена тенденция увеличения числа больных детей в районах края, где особенно развито промышленное и химическое производство, а именно в г. Невинномысск, г. Ставрополь (62%). Количество детей из сельской местности значительно ниже (38%). Острый бронхит и острый трахеобронхит у городских жителей встречаются чаще (70% и 75%), чем острые пневмонии (44%). Воспалительная реакция при бронхолегочных заболеваниях у детей характеризуется значительным повышением количества лейкоцитов и ускорением СОЭ в периферической крови, что особенно выражено у детей I, II и III возрастных групп. Информативными критериями активности воспалительного процесса при бронхолегочных болезнях у детей являются лейкоцитарные индексы интоксикации: ЛИИ Кальф-Калифа, индекс Островского и индекс соотношения лейкоцитов и СОЭ. Показатели индексов указывают на наибольшую активность воспаления у детей первых трех групп. Достоверно доказано, что независимо от клинического диагноза при бронхолегочных заболеваниях у детей до года, от 1 до 3 лет и от 3 до 6 лет неспецифические показатели воспаления реагируют наиболее ярко, чем у детей старшего возраста.

Библиографический список

1. Андрианова, Е.Н. Дисбиоз верхнего отдела респираторного тракта и изменения функционального состояния органов дыхания у часто болеющих детей / Е.Н. Андрианова, Н.Ю. Снегирева, А.И. Рывкин // Педиатрия. – 2009. – Т. 87. – №2. – С. 34–39.
2. Авдеев, С.Н. С реактивный белок – новый или старый маркер бронхолегочных инфекций? / С.Н. Авдеев, Г.Е. Баймаканова // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2008. – №4. – С. 26–32.
3. Аверьянов, А.В. Хламидийная и микоплазменная инфекция при патологии нижних дыхательных путей / А.В. Аверьянов // Лечебное дело. – 2009. – №4. – С. 52–62.
4. Агапитов, Л.И. Ингибиторы АПФ в комплексном лечении легочной гипертензии у детей с

- хронической бронхолегочной патологией /Л.И. Агапитов, Ю.М. Белозеров, Ю.Л. Мизерницкий // Педиатрия. – 2008. – Т. 87. – №2. – С. 90 – 94.
5. Агейкин, В.А. Хронические воспалительные бронхолегочные заболевания у детей / В.А. Агейкин // Медицинский научный и учебно - методический журнал. – 2005. – №24. – С. 7–31.
6. Алешкин, В.А. Эффективность иммуномодулирующего препарата кипферон в комплексной терапии острых пневмоний у детей / В.А. Алешкин, С.С. Афанасьев, А.А. Калмыков, А.К. Денисов // Педиатрия. – 2007. – Т. 86. – №3. – С. 94–98.
7. Барсукова, Е.И. Современные подходы к лечению острого бронхита у детей / Е.И. Барсукова // Здоровье Украины. – 2009. – №4/1. – С. 26–27.
8. Блохин, Б.М. Острая дыхательная недостаточность у детей / Б.М. Блохин // Лечебное дело. – 2008. – №4. – С. 34– 44.
9. Бродская, О.Н. Роль простейших в патологии легких / Бродская О.Н. // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2009. – №3. – С. 56– 59.
10. Веревщиков, В.К. Профилактика и лечение вирусных инфекций у пациентов с отягощенным анамнезом / В.К. Веревщиков, А.Н. Копылов, А.Ю. Павлова // Поликлиника. – 2008. – №6. – С. 42–44.
11. Волков, И.К. Исследование активности воспалительного процесса в респираторной системе при хронических заболеваниях легких и муковисцидозе у детей / И. К. Волков, И. В. Смирнов, Т. Е. Сорокина // Доктор Ру. – 2006. – №02. – С. 12–14.
12. Грацианская, А.Н. Применение азитромицина (Сумамеда) в лечении внебольничных бронхитов и пневмоний у детей / А.Н. Грацианская // Трудный пациент. – 2008. – Т. 3. – №2. – С. 56–59.
13. Гущина, Я.С. Уровень провосполительных цитокинов в оценки активности воспалительного процесса при бронхолегочной патологии у детей / Я.С. Гущина, Л.Н. Касснер, Е.В. Маркелова, А.И. Ицкович // Цитокины и воспаление. – 2006. – №4. – С. 12– 15.
14. Даштаянц Г.А. Клиническая гематология. Киев. – 1978. – С. 230.
15. Дворецкий, Л.И. Место макролидов в лечении обострений хронического бронхита / Л.И. Дворецкий // Атмосфера. Пульмонология и аллергология. – 2004. – №4. – С. 24– 28.
16. Заплатников, А.Л. Макролидные антибиотики при лечении инфекций органов дыхания у детей / А.Л. Заплатников // Лечебное дело. – 2004. – №1. – С. 32– 37.
17. Заплатников, А.Л. Внебольничные пневмонии у детей раннего возраста: принципы антимикробной терапии / А.Л. Заплатников // Лечащий врач. – 2007. – №07. – С.25– 33.
18. Карцева, Т.В. Клиническая эффективность препарата реаферон-ес-липинт в комплексной терапии острых бронхитов и пневмоний у детей / Т.В. Карцева, Е.В. Козяева, С.Ю. Сецкова, Е.В. Вильцева, С.В. Усова, С.Н. Таргонский // Поликлиника. – 2008. – №5. – С. 32 – 34.
19. Каганов, С.Ю. Современные вопросы определения и классификации клинических форм инфекционно – воспалительных заболеваний легких у детей / С.Ю. Каганов, Н.Н. Розинова, Н.С. Лев // Педиатрия. – 2004. – №1. – С. 1 – 5.
20. Медведева, Т.Я. Этиологические аспекты острой пневмонии у детей раннего возраста / Т.Я. Медведева // Педиатрия. – 2008. – Т. 87. – №1. – С. 143 – 144.
21. Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Егорова С. А. Инновационный способ терапии и реабилитации в неврологии и педиатрии. Монография. –Германия: Изд-во Lambert Academic Publishing, 2015 –161 с.
22. Смирнова О.Н., Егорова С.А., Егоров Н.А. Мониторинг физического развития детей в педиатрии. Вестник Северокавказского федерального университета. – Ставрополь: Изд-во СКФУ, 2015 –№5/50 – С. 156–159.
23. Смирнова О.Н., Глижова Т.А., Смирнов А.А. Биофармацевтика. Разработка состава, технологические исследования норма качества для композитных суппозиториев. Монография. –Германия: Изд-во Lambert Academic Publishing, 2017 –145 с.
24. Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Егорова С. А. Особенности периферической крови у детей в зависимости от лор патологии. Современные проблемы науки и образования. М.; 2016. – № 4; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=24819>
25. Смирнова О.Н., Смирнов А.А., Егорова С. А. Особенности периферической крови у детей с аллергическими заболеваниями Ставропольского края и республики Дагестан. Современные проблемы науки и образования. М.; 2016. – № 3; URL: <http://science-education.ru/ru/article/view?id=24758>

DYNAMICS OF LABORATORY PARAMETERS OF INFLAMMATION DEPENDING ON PLACE OF RESIDENCE IN CHILDREN OF STAVROPOL TERRITORY

Smirnova O. N., Smirnov A. A., Kostina O. V., Siyanova Yu. A., Polish E. S., Khisamova I. Z., Achieva D. G., Kotov, R. K., Silchenko A., Mironova M. V., Lavrinenco I. N.

Federal state Autonomous educational institution "North-Caucasian Federal University", Stavropol
miss.smirnovaon@yandex.ru

Examined 263 children who were on treatment in the city children's hospital. G. K. Filippsky of Stavropol with bronchopulmonary diseases, for the period from August to December 2017. Used clinical a detailed analysis of the peripheral blood count of corpuscles and leukogram, erythrocyte sedimentation rate determination, calculation of

leukocyte index of intoxication (LII) Calf-Caliph, Ostrovsky index, the index of the ratio of leukocytes and erythrocyte sedimentation rate (ILAE). The revealed tendency of increase in the number of sick children in areas of the province where the most developed industrial and chemical production, namely in the city of Nevinomnyssk, Stavropol. The number of children from rural areas is much lower. Acute bronchitis and acute tracheobronchitis in urban areas are more common than acute pneumonia. Inflammatory reaction in bronchopulmonary diseases in children is characterized by a significant increase in the number of leukocytes and ESR acceleration in the peripheral blood, especially in children I, II and III age groups.



АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВЫБРОСАХ И СБРОСАХ НА ЗАБОЛЕВАЕМОСТЬ РАБОТНИКОВ СТЕКОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Смирнова С. С.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых» (ВлГУ), oid@vlsu.ru

Интенсивное развитие промышленности в течение последних десятилетий сопровождается увеличением количества вредных выбросов и загрязнением окружающей среды, что приводит к значительному ухудшению экологической обстановки во всем мире.

Стекольная промышленность - одна из стремительно развивающихся отраслей народного хозяйства, является неотъемлемой частью мирового промышленного производства. На данный момент стекольное производство пользуется большим спросом, так как потребность в стекольной продукции увеличивается за счет развития других отраслей промышленности. В связи с этим растут объемы стекольного производства, которые оказывают значительное воздействие на окружающую среду и здоровье человека. Таким образом, дальнейшее развитие данной отрасли промышленности должно быть тесно связано с повышением экологической безопасности производства.

Проблема уменьшения выбросов и сбросов – это проблема не только стекольной промышленности, но и всей современной промышленности нашей страны и многих других стран мира. Промышленные предприятия, загрязняя и воздух, воду и почву, отравляют окружающую среду, тем самым негативно воздействуя на человека - увеличивается заболеваемость работников, а также потеря их трудоспособности.

В настоящее время исследования в области мониторинга заболеваемости и охраны труда работников промышленных предприятий актуальны и развиваются. В результате анализа работ по данной тематике [1, 2] можно сделать вывод, что недостаточно открытой информации по разработке математических моделей, позволяющих проводить мониторинг и прогнозировать случаи заболевания и утраты трудоспособности.

В данной работе рассмотрены и проанализированы отчетные данные о выбросах, сбросах, случаях заболеваемости и временной утраты трудоспособности работников, предоставленные стекольным заводом за 33 месяца непрерывной работы.

Так как изучаемый объект (стекольный завод) отличается большими масштабами, то необходимо прибегать к моделированию. В связи с бурным развитием вычислительных систем натурные эксперименты все чаще заменяются компьютерным моделированием, что существенно удешевляет экспериментальные работы и одновременно обеспечивает необходимый уровень надежности выводов [3].

Задача исследования состоит в построении модели для предсказания случаев заболевания (Y1) временной утраты трудоспособности (Y2) работников стекольного завода. В качестве независимых, объясняющих переменных, выбраны:

- концентрация выбросов в атмосферу NO - X₁,
- концентрация выбросов в атмосферу NO₂ - X₂,
- концентрация нефтепродуктов в производственно-ливневой воде после прохождения очистных сооружений X₃,
- концентрация железа в производственно-ливневой воде после прохождения очистных сооружений X₄,
- концентрация химических поглотителей кислорода (ХПК) в производственно-ливневой воде после прохождения очистных сооружений X₅,
- концентрация взвешенных веществ в производственно-ливневой воде после прохождения очистных сооружений X₆.

При построении математического описания зависимости случаев заболевания и утраты трудоспособности от концентрации вредных веществ в сбросах и выбросах стекольного производства был обнаружен факт неконтролируемого изменения характеристик объекта во времени (дрейф характеристик). Поэтому в данном случае наиболее точными оказались аддитивные модели, для которых характеристично уточнение значений коэффициентов во времени.

На рисунках 1-2 представлены графики фактических и модельных значений для случаев заболевания и утраты трудоспособности.

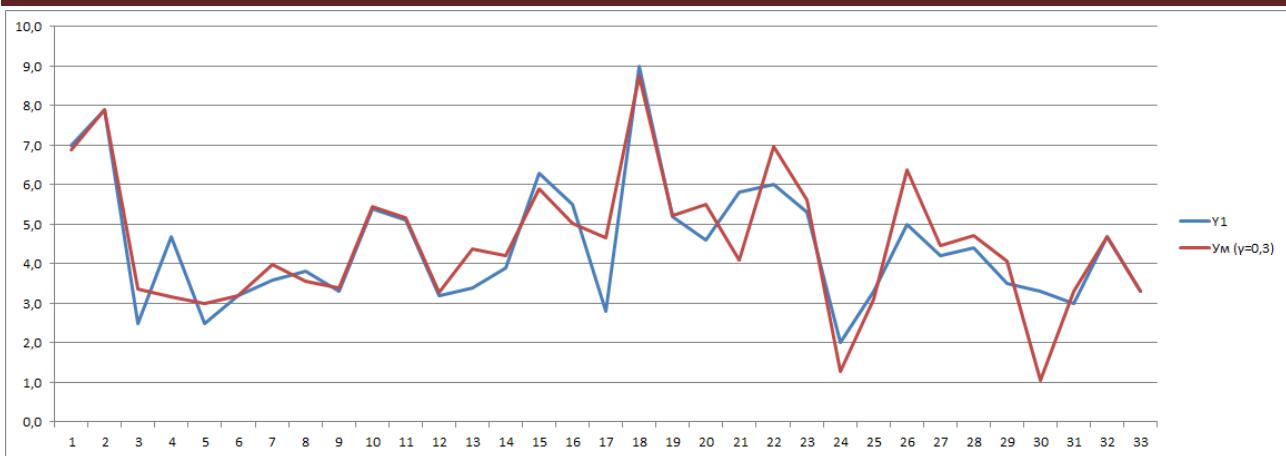


Рисунок 1 – Графики фактических и модельных значений случаев заболевания на 100 работающих

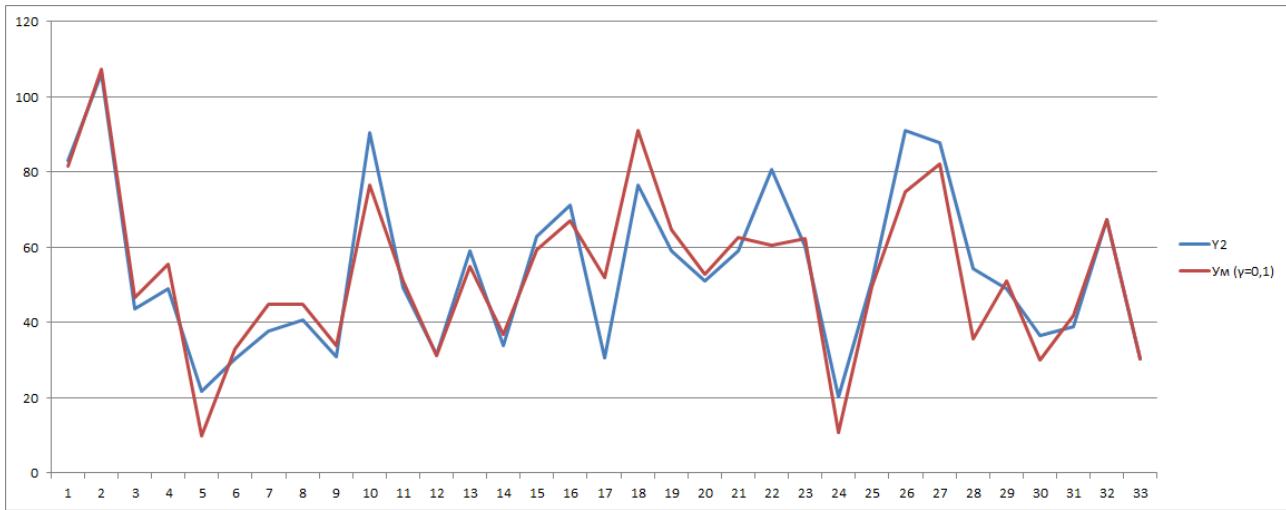


Рисунок 2 – Графики фактических и модельных значений случаев утраты трудоспособности на 100 работающих

Для модели случаев заболевания коэффициент детерминации равен $R^2 = 0,72$. Расчетное значение критерия Фишера равно 12,65. Табличное значение $F_{\text{табл}}$ – критерия при доверительной вероятности 0,95 составляет 2,46. Поскольку $F_{\text{рас}} > F_{\text{табл}}$, построенную модель следует признать адекватной.

Для модели случаев утраты трудоспособности коэффициент детерминации равен $R^2 = 0,83$. Расчетное значение критерия Фишера равно 19,23. Табличное значение $F_{\text{табл}}$ – критерия при доверительной вероятности 0,95 составляет 2,46. Поскольку $F_{\text{рас}} > F_{\text{табл}}$, построенную модель следует признать адекватной.

Для проведения вычислительного эксперимента были выбраны адаптивные модели, как наиболее точные.

Согласно данным представленным в отчетах по результатам функционирования системы экологического менеджмента на предприятии, за рассматриваемый период содержание вредных веществ в сбросах: X3-X6 было выше норматива. Следовательно, данные по этим веществам следует подвергать корректировке при проведении эксперимента.

В соответствии с методикой [4] были вычислены верхние граничные значения $Y_{\text{гр}}$. Для точек, в которых значение $Y > Y_{\text{гр}}$, необходимо проводить корректировку.

$$Y_{\text{гр}} = Y_{\text{ср}} + S \quad (1)$$

где $Y_{\text{ср}}$ – среднее значение Y в выборке;

S – среднеквадратичное отклонение Y в выборке.

$$Y1_{\text{гр}} = 4,52 + 1,67 = 6,19$$

$$Y2_{\text{гр}} = 53,81 + 21,86 = 75,67$$

Графики, представленные на рисунках 3-4, отражают модельные значения случаев заболевания и утраты трудоспособности относительно верхней границы. Как следует из графиков, коррекцию случаев заболевания необходимо проводить в точках 1, 2, 18, 22, 26, для модели случаев утраты трудоспособности необходимо проводить в точках 1, 2, 10, 18, 27.

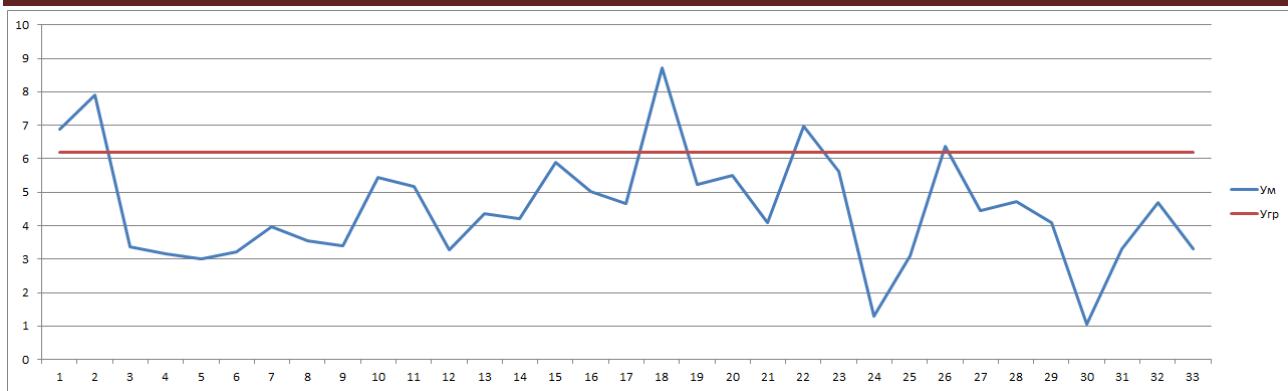


Рисунок 3 - Превышение случаев заболевания верхней границы

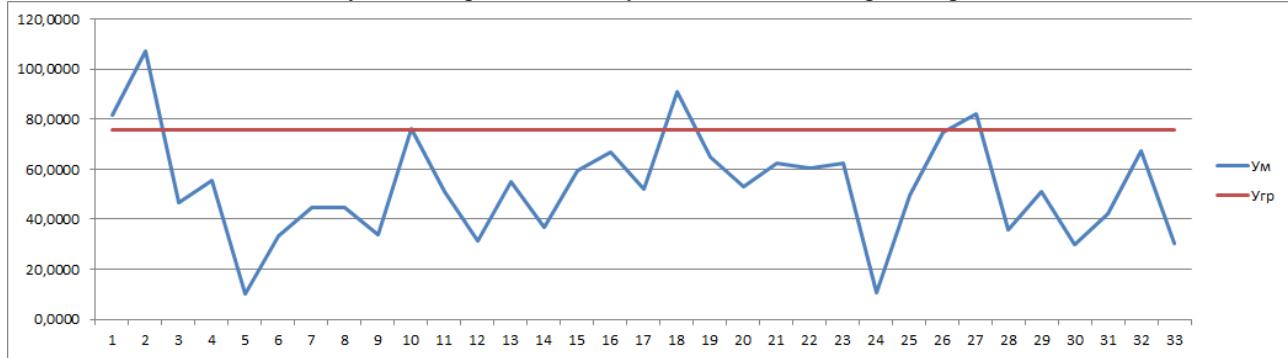


Рисунок 4 - Превышение случаев утраты трудоспособности верхней границы

Для случаев заболевания управляемым фактором, который можно корректировать, является X3, для случаев утраты трудоспособности управляемыми факторами, которые можно корректировать, являются X3, X4, X5, X6.

В указанных точках был проведен эксперимент с коррекцией управляемых параметров в сторону уменьшения на 5-10% в зависимости от чувствительности модели к данному параметру. Были предложены следующие рекомендации по коррекции управляемых параметров с целью сокращения случаев заболевания и утраты трудоспособности:

Для 1-й точки возможна корректировка параметров X4, X5 на 5%, X6 на 10%. В результате Умод для случаев утраты трудоспособности уменьшилось до 75,64 дней.

Для 2-й точки возможна корректировка параметров X4, X5 на 5%. В результате Умод для случаев утраты трудоспособности уменьшилось до 98,32 дней.

Для 10-й точки возможна корректировка параметров X4, X5, X6 на 5%. В результате Умод для случаев утраты трудоспособности уменьшилось до 62,87 дней.

Для 22-й точки возможна корректировка параметров X5, X6 на 10%. В результате Умод для случаев утраты трудоспособности уменьшилось до 86,81 дней.

Для 27-й точки возможна корректировка параметров X3, X4, X5 на 10%. В результате Умод для случаев утраты трудоспособности уменьшилось до 79,66 дней.

На модели случаев заболевания можно рекомендовать корректировку параметра X3 в точках 1, 2, 18, 26 на 5%.

Результаты проведенного эксперимента иллюстрируют зависимость заболеваемости от концентрации вредных веществ в сбросах и выбросах. Сформированные рекомендации по корректированию содержания вредных веществ в сбросах помогут уменьшить случаи заболевания и утраты трудоспособности работников на стекольном предприятии.

Библиографический список

- 1 Р.И. Макаров, Е.Р.Хорошева. Анализ заболеваемости работников стекольного производства. - Эл. журнал Алгоритмы, методы и системы обработки данных. Вып. 1(30), 2015. -C48-51.
- 2 Салман Д.А. «Исследование и разработка системы управления охраной окружающей среды промышленного предприятия на примере стекольного завода»: диссертация ... кандидата технических наук: 05.13.01 / Салман Джаяфар Анвар; [Место защиты: Владимир. гос. ун-т]. - Владимир, 2007. - 149 с.: ил. Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) OD 61 07-5/3990
- 3 Пузыня К.Ф., Цветков А.Н. Технологии научных исследований: Учеб.пособие. – СПб.: СПбГИЭУ, 2002. – 54 с. ISBN 5-88996-287-6.

4 Григорович В.Г., Юдин С.В., Козлова Н.О., Шильдин В.В. Информационные методы в управлении качеством.– М.: РИА «Стандарты и качество», 2001. - 208 с. - ISBN - 5-901397-03-7

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF THE CONTENT OF HARMFUL SUBSTANCES IN EMISSIONS AND DISCHARGES ON THE INCIDENCE OF GLASS WORKERS

Smirnova S.S.

Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, sss_157@mail.ru

The dependence of the morbidity and disability of workers on the concentration of harmful substances in emissions and discharges in the workplace was determined. The most suitable were the adaptive models, because statistical data are non-stationary.



ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ И СПОСОБЫ НОРМАЛИЗАЦИИ БИОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ПРИ РАЗНЫХ ФОРМАХ ПСИХИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Гулидова Г.П.

Москва, ООО Научно-производственный медико-биологический центр «Индивид»

Биоэнергетический обмен изолированных митохондрий нарушается под влиянием сыворотки крови больных периодической и непрерывнотекущей шизофренией. Степень нарушения биоэнергетики увеличивается с прогредиентностью заболевания. Выявлены разные механизмы нарушения биоэнергетики митохондрий в группах больных с разной формой психического заболевания

Проблема патогенеза шизофрении в настоящее время остается далеко не решенной и является наиболее актуальным вопросом психиатрии.

Наиболее обоснованной является гипотеза обменно-токсической этиологии шизофрении. Предполагается, что нарушение психики происходит в результате влияния на центральную нервную систему биологически активных веществ, накапливающихся в тканях и жидкостных средах (сыворотка крови, спинномозговая жидкость и др.) больных вследствие нарушения обменных процессов.

Особую значимость представляет изучение энергетического обмена, поскольку этот вид метаболизма определяет течение большинства энергозависимых процессов в организме.

Одним из подходов при изучении механизмов возникновения и развития гипоэнергизма при психических заболеваниях является экспериментальное исследование изменения энергетического обмена в изолированных митохондриях под влиянием биологических жидкостей больных и их фракций, в частности, биологически активных компонентов сыворотки крови, включающие эндогенные регуляторы биоэнергетических процессов.

Основная масса энергии образуется в митохондриях (МХ) – клеточных органеллах размером 0,5-1,5 мкм.

Митохондрии несут в себе генетическую информацию, которая в значительной мере определяет цитоплазматическую наследственность организма и его склонность к развитию того или иного заболевания.

Исследование проводилось в следующих направлениях:

1. Состояние биоэнергетических процессов у человека в зависимости от формы психического заболевания.
2. Анализ причин нарушения процессов окисления и образования энергии под влиянием сыворотки крови больных разными формами шизофрении, поиск нормализации энергетического обмена с целью нахождения биохимических критериев для разработки рациональной терапии.
3. Изучение влияния лекарственных препаратов (соли лития) на функционирование интактных митохондрий и митохондрий с экспериментально измененным энергетическим метаболизмом.
4. Исследование изменения «деэнергизующего» действия сыворотки крови под влиянием солей лития *in vitro* и *in vivo* - в период терапии солями лития.

Материал и методы исследования

Работа проводилась на МХ, изолированных из коры больших полушарий мозга животных методом дифференциального центрифугирования [1].

В качестве фактора, изменяющего функционирование МХ, используется сыворотка крови пациентов, содержащая эндогенные регуляторы биоэнергетических процессов. Гулидовой Г.П. была разработана методология определения биоэнергетического обмена у человека [1,2].

Исследование процессов энергетического метаболизма проводилось полярографическим методом [2].

В работе рассматриваются следующие показатели энергетического обмена:

В3- скорость фосфорилирующего окисления в присутствии АДФ в среде инкубации,

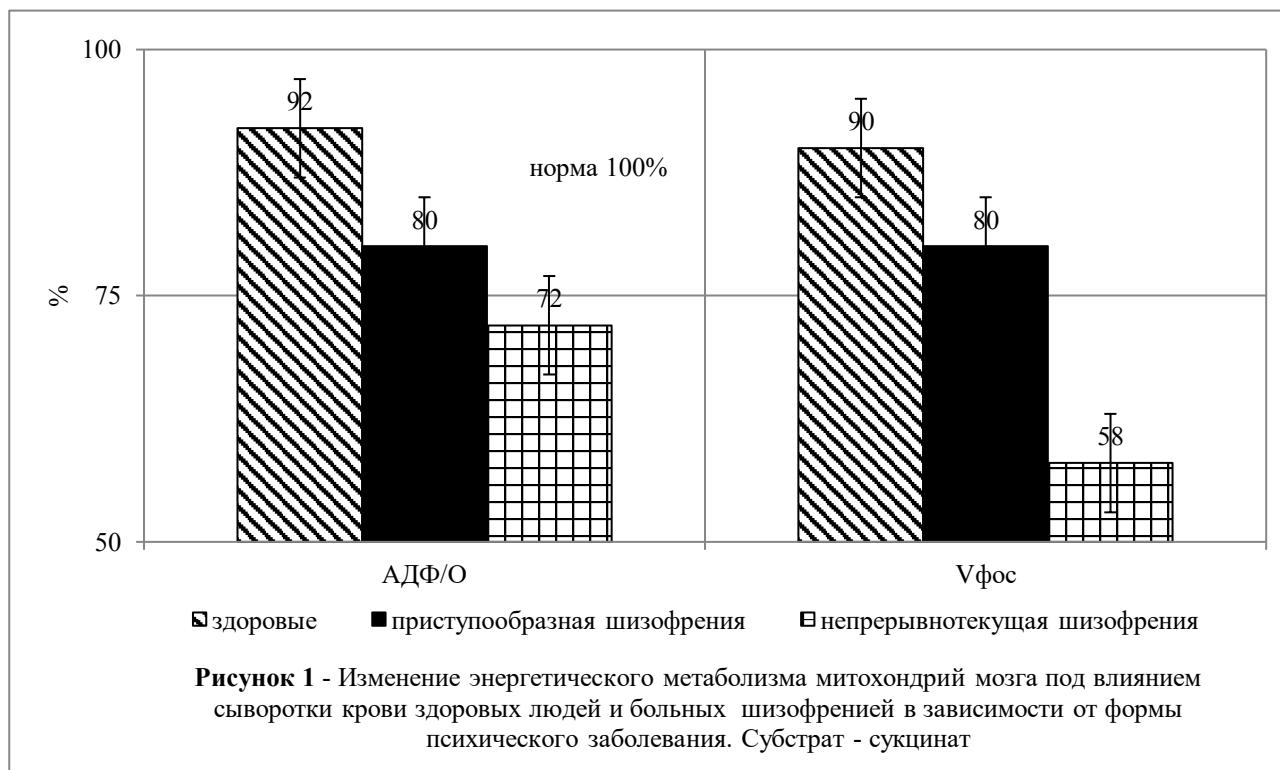
АДФ/О – сопряженность окисления с фосфорилированием,

Вфос- скорость образования АТФ в единицу времени,

ДК- дыхательный контроль – показатель, характеризующий степень энергетической регуляции дыхания МХ АДФ.

Результаты и обсуждение

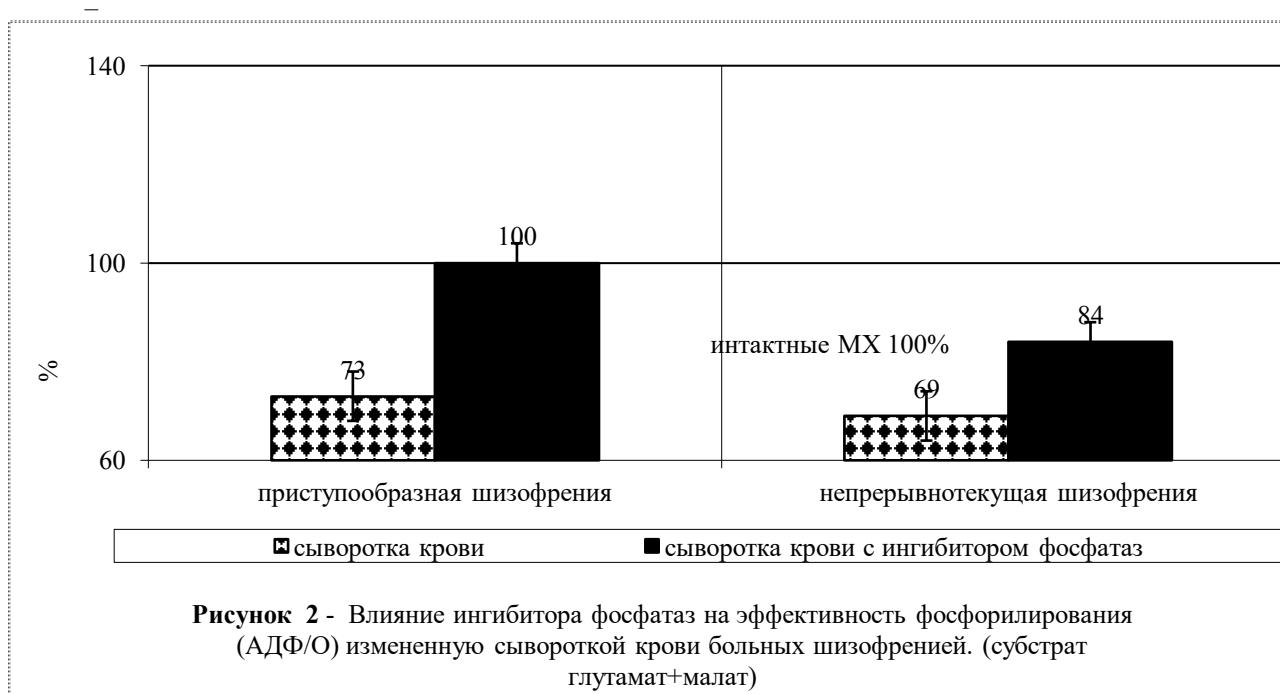
На рис.1 представлены результаты экспериментов, характеризующие изменение биоэнергетических процессов в МХ под влиянием сыворотки крови здоровых лиц и больных приступообразной и непрерывнотекущей шизофренией.



Установлено, что сыворотка крови здоровых лиц незначительно снижает сопряженность процессов окисления и образования АТФ и скорость образования АТФ в изолированных МХ. Сыворотка крови больных шизофренией характеризуется повышенной «деэнергизующей» активностью и вызывает нарушение биоэнергетических процессов, усиливающееся с прогредиентностью заболевания.

Выявлены разные механизмы «деэнергизующего» действия сыворотки крови в группах больных приступообразной и непрерывнотекущей шизофренией (злокачественная форма).

На рис.2 представлены результаты исследования влияния ингибиторов фосфатазы (соли лития) на биоэнергетику МХ, нарушенную воздействием сыворотки крови больных приступообразной и непрерывнотекущей шизофренией.



Установлено, что сыворотка крови больных приступообразной и непрерывнотекущей шизофренией значительно снижает эффективность фосфорилирования.

Ингибитор фосфатаз полностью нормализует этот биоэнергетический показатель в случае приступообразной шизофрении и лишь незначительно повышает в группе больных непрерывнотекущей шизофренией.

На рис.3 представлены данные о влиянии антиоксидантов, снижающих уровень перекисей липидов в МХ-ой фракции, на эффективность фосфорилирования МХ.

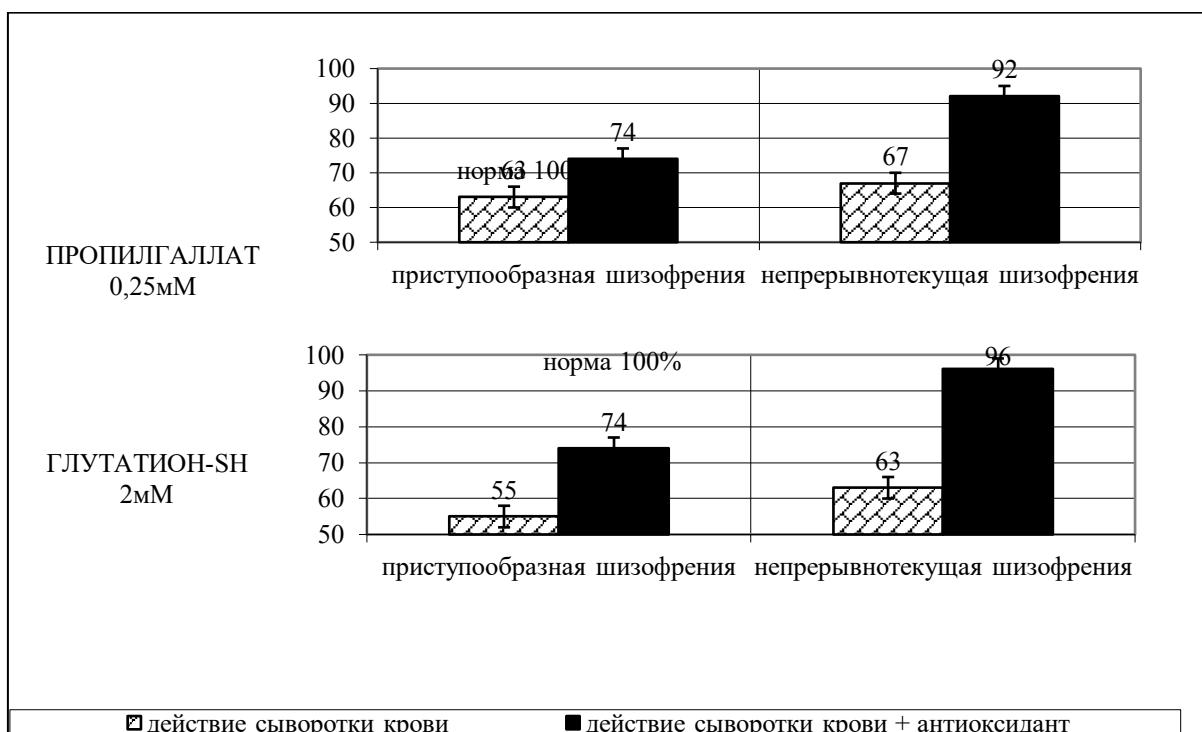


Рисунок 3 – Влияние антиоксидантов на эффективность фосфорилирования МХ мозга кошки на фоне воздействия сыворотки крови больных приступообразной /1/ и непрерывнотекущей /2/ шизофренией (в % к интактным МХ)

Согласно представленным данным антиоксиданты – пропилгаллат и глутатион-SH полностью нормализуют этот показатель МХ на фоне воздействия сыворотки крови больных непрерывнотекущей шизофренией и незначительно повышают эффективность фосфорилирования в случае приступообразной шизофрении.

Итак, выявлены разные механизмы «деэнергизующей» активности сыворотки крови на МХ в зависимости от формы заболевания. В случае приступообразной шизофрении – это активация фосфатаз. В случае непрерывнотекущей шизофрении – повышенное образование перекисей липидов, снижающих биоэнергетические процессы в МХ.

Таблица 1 – Сравнительные данные по влиянию лития на деэнергизующую активность сыворотки крови пациентов при его применении *in vitro* и *ex vivo* (в % к контролю)

ВОЗДЕЙСТВИЯ		Вадф	Д.К.	АДФ/ДО	АДФ/Δt
Сыворотка крови	Воздействие				
Здоровые	Сыворотка крови	93	92	94	81
Шизофрения периодическая	Сыворотка крови	85	79	72	59
	Сыворотка крови + Li (1,5-2 mM) <i>in vivo</i>	95	117	111	120
	Сыворотка крови + Li (1,5-2,0 mM) <i>in vitro</i>	101	117	100	101

В таб.1 представлены результаты экспериментов по влиянию солей лития на биоэнергетику МХ, нарушенную воздействием сыворотки крови больных периодической шизофренией.

Сыворотка крови здоровых пациентов незначительно изменяет различные показатели энергетического обмена МХ. Сыворотка крови больных периодической шизофренией снижает биоэнергетические показатели МХ. Соли лития в эксперименте *in vitro* нормализуют исследуемые биоэнергетические процессы, нарушенные сывороткой крови больных.

Аналогичные результаты получаются при лечении больных периодической шизофренией этим препаратом. Как показано ранее соли лития не оказывают нормализующего действия на биоэнергетику МХ, нарушенную воздействием сыворотки крови больных непрерывнотекущей шизофренией.

Таким образом, разработанные методологические подходы изучения биоэнергетики у человека позволяют моделировать *in vitro* изменения биоэнергетических процессов, свойственные больному, изучать их механизмы и способы нормализации, специфичность нарушения при разных формах заболевания и использовать для выбора фармакологических препаратов с необходимым спектром биологического действия.

Библиографический список

1. Гулидова Г.П. “Механизмы нарушения и пути регуляции энергетического обмена в нервной ткани при психических заболеваниях”. Автореферат докт. дисс., М., 1980 г.
2. Chance B., Williams J. The respiratory chain and oxidative phosphorylation. Advances in Enzymol., v. 17, p. 65.
3. Lowry O.H. Rosebrough N. , Farr A. , Randall R. Protein measurement with the folin phenol reagent//J.Biol.Chem.1951, 193: 265-270

SPECIFIC CHANGES AND METHODS OF NORMALIZATION OF BIOENERGETIC PROCESSES IN DIFFERENT FORMS OF PSYCHIATRIC DISEASES

G. P. Gulidova

Scientific-production medical and biological center "INDIVID", Moscow, Russia

The bioenergetic exchange of isolated mitochondria is disturbed by the blood serum of patients with periodic and continuous schizophrenia. The degree of change of bioenergy increases with progression of the disease. Different mechanisms of mitochondrial bioenergy disorders in the groups of patients with different forms of mental disease were revealed.



ИЗУЧЕНИЕ ЗДОРОВЬЯ СТУДЕНТОВ С ПОЗИЦИЙ НЕЙРОПСИХОЛОГИИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ РАЗЛИЧИЙ

Будыка Е.В.* , Батоцыренова Т.Е.**, Ефимова И.В.*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, ev-mgu@yandex.ru,

**Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, tamara-vgu@yandex.ru

Работа выполнена при поддержке РФФИ, договор № 18-013-01171/18.

Введение.

Здоровье различных групп населения, и, в том числе, здоровье студентов является предметом изучения специалистов ряда отраслей знания. Свой вклад в разработку рассматриваемой проблематики делает и нейропсихология индивидуальных различий, важной исследовательской задачей которой является поиск биологических факторов, определяющих индивидуальные особенности человека [9, 10]. В качестве одного из таковых в нейропсихологии рассматривают межполушарную организацию мозга, включая функциональную асимметрию полушарий, проявляющуюся, в частности, в предпочтениях правой или левой стороны анализаторных систем при осуществлении той или иной функции [5, 8, 9, 10, 11].

Исходными положениями для проведения исследований, результаты которых изложены в настоящей работе, послужили следующие. Во-первых, представление о том, что здоровье неоднородно, и может быть охарактеризовано градациями или степенями [1]. Во-вторых, о том, что оценка этих градаций должна осуществляться на основании комплекса показателей (как объективных, так и субъективных). Очевидно, что данная совокупность показателей в определенный момент описывает текущее функциональное состояние, а их анализ на протяжении некоего временного отрезка может дать информацию о здоровье в целом. Третьим положением, на котором было построено настоящее исследование, является признание необходимости индивидуального подхода к анализу здоровья здорового человека. Такой подход позволяет не только оценить здоровье конкретного индивидуума, но и сопоставить его с некоторыми вариантами «нормы» здоровья [1, 2, 6].

Для оценки степени или градации здоровья здорового человека традиционно применяется комплекс физиологических и психологических (включая субъективные) характеристик. Одной из широко используемых методик донозологической диагностики здоровья на физиологическом уровне [2, 4, 5] является оценка процессов регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы по показателям вариабельности сердечного ритма (ВСР). Предыдущие работы подтверждают информативность её использования при мониторинге донозологических состояний студентов вузов [4], а также свидетельствуют об изменчивости показателей ВСР, связанной, в частности, с влиянием экологических факторов [2]. В целом, полученные ранее данные

обосновывают необходимость продолжения разработки проблемы индивидуальных вариантов «нормы» здоровья.

Как уже было сказано, при изучении индивидуальных различий с использованием нейропсихологического подхода сопоставляются показатели здоровья лиц, отличающихся особенностями межполушарной организации [6, 8]. Последняя, в частности, косвенно отражается в латеральных предпочтениях в моторной и сенсорных системах (мануальной, слуховой, слухоречевой, зрительной). При этом учитывается или индивидуальный набор признаков симметрии-асимметрии в этих системах, или отдельные латеральные признаки. Индивидуальные сочетания латеральных признаков именуются по-разному: индивидуальным профилем асимметрии [5], профилем латеральной организации (ПЛО) моторных и сенсорных функций [10], профилем сенсомоторной асимметрии [8]. В настоящее время в нейропсихологии наряду с указанными особенностями латеральной организации, которые учитываются при анализе индивидуальных различий, предлагается основываться на проявлениях межполушарных межанализаторных взаимодействий [11].

Результаты ранее проведенных нами работ продемонстрировали, что индивидуальные различия основных показателей ВСР в большей степени связаны со спецификой зрительной и слухоречевой асимметрии [7], а не целостного профиля латеральной организации. Так, было показано, что у испытуемых-юношей с левосторонними латеральными признаками в зрительной сфере преобладает влияние парасимпатического отдела вегетативной нервной системы на регуляцию сердечного ритма и уменьшается степень напряжения регуляторных систем [6, 7].

Исходя из описанных материалов предыдущих исследований и литературных данных, задача настоящей работы заключалась в изучении особенностей индивидуального здоровья юношей-студентов, имеющих различные сочетания латеральных признаков в зрительной и слухоречевой системах.

Материалы и методы.

Проанализированы объективные и субъективные показатели здоровья юношей-студентов I курсов Владимирского (95 человек) и Московского (46 человек) государственных университетов, средний возраст $18,4 \pm 1,3$ г. Обследованные студенты не имели острых или хронических заболеваний.

Анализ проявлений индивидуального здоровья на объективном уровне проводили по результатам донозологической диагностики с использованием аппаратно-программного комплекса «Варикард» [2, 3, 4]. Показатели индивидуального здоровья на субъективном уровне, входящие во «внутреннюю картину здоровья» (психологическую презентацию состояния), описывали на основании самооценки здоровья и самочувствия по предложенной нами ранее методике [6, 10], а также по данным заполнения опросника «SF-36 Health Status Survey» («SF-36»).

Латеральные признаки в зрительной системе определяли при помощи пробы Розенбаха и теста на прицеливание, а в слухоречевой, используя тест на дихотическое прослушивание. Указанные методики входят в схему оценки ПЛО моторных и сенсорных функций [10] и традиционно используются в наших исследованиях. Границными значениями «коэффициента правого уха», на котором основывалась оценка асимметрии в слухоречевой системе, считали величины «+5» и «-5%» [5]. Учитывали полученные ранее, а также описанные в литературе данные о значении учета именно зрительной и слухоречевой (а не мануальной асимметрии) для анализа различий показателей ВСР.

Статистическую обработку осуществляли, используя непараметрические методы.

Результаты.

В первом разделе работы было сопоставлено соотношение зрительных и слухоречевых латеральных признаков в обследованных выборках студентов ВлГУ и МГУ. Различия были обнаружены в представленности признаков асимметрии в слухоречевой системе. Так, в выборке студентов ВлГУ было 10,5% испытуемых с левым ведущим ухом и 3,2% – с симметрией, а среди студентов МГУ: 26,1% и 15,2%, соответственно. Левый ведущий глаз был выявлен у 11,5% испытуемых в выборке ВлГУ и у 15,2% – в выборке МГУ.

Также были отмечены различия при анализе сочетаний признаков. Лиц, одновременно имеющих правосторонние признаки в зрительной и слухоречевой сферах, среди обследованных юношей ВлГУ было 46,3%, а в выборке студентов МГУ – 26,1%. Представленность сочетания левосторонних и симметричных латеральных признаков в указанных сферах была сходной (9,5% и 6,5%, соответственно). На наш взгляд, для объяснения описанных соотношений требуется дополнительный анализ.

Во втором разделе работы изучались показатели ВСР испытуемых обеих выборок. Были обнаружены различия результатов двух «противоположных» групп испытуемых: 1) с правосторонними латеральными признаками в зрительной и слухоречевой системах одновременно и 2) с левосторонними зрительными и левосторонними или симметричными признаками в слухоречевой сфере одновременно. В таблице представлены усредненные для упомянутых групп показатели студентов Владимирского университета.

Таблица – Средние показатели ВСР студентов-юношей, различающихся сочетанием латеральных признаков в зрительной и слухоречевой системах

Сочетание	Показатели ВСР								
	CV, %	Мо, мс	AMо, %/50	SI, у.е	TP, мс2	RMSSD, мс	HF, мс2	LF, мс2	ПАРС, балл

признаков асимметрии в системах									
Правосторонние в зрительной+право сторонние в слухоречевой, n = 44	6,6±2,2	726,0±99,3*	54,2±23,9	192,2±136,1*	2273,8±2149,3	33,6±21,5	472,8±376,7*	972,2±797,9*	4,14±1,76
Левосторонние в зрительной+левосторонние или симметричные в слухоречевой, n = 9	7,7±3,3	683,0±83,1*	45,3±16,4	133,1±81,1*	2772,4±2202,2	40,8±25,5	719,0±548,5*	1127,4±1074,4*	4,6±2,3

Примечания: * - уровень значимости различий p=0,05.

Из таблицы видно, что у студентов с правым ведущим глазом и правым ведущим ухом одновременно по сравнению с противоположной группой был значимо выше индекс напряжения (или стресс-индекс SI). Различались также показатели RMSSD и HF, отражающие влияние парасимпатической системы на регуляцию ритма. Эти результаты соответствуют полученным ранее [7] и в целом свидетельствуют о том, что лица, имеющие сочетание признаков левосторонней зрительной асимметрии с левосторонней или симметричной организацией в слухоречевой сфере, характеризуются удовлетворительной адаптацией, отражающей адекватность процессов регуляции деятельности сердечно-сосудистой системы [1, 2].

В третьем разделе рассматривались субъективные оценки здоровья обследованных испытуемых. Значимых различий по результатам заполнения опросника «SF-36» с учетом сочетания латеральных признаков не было выявлено. Средние значения по большинству шкал опросника указывали на достаточно высокие субъективные оценки физического и психологического здоровья, а также качества жизни обследованных. В то же время более высокие самооценки здоровья и самочувствия по авторской методике [10] отмечались у студентов с правосторонними признаками асимметрии в исследованных анализаторных системах, что аналогично ранее полученным данным.

Итак, материалы исследования в целом подтвердили возможности нейропсихологического подхода к анализу индивидуального здоровья, а также разнонаправленные связи объективных и субъективных показателей здоровья с особенностями межполушарного взаимодействия в анализаторных системах.

Библиографический список

1. Агаджанян Н.А., Баевский Р.М., Берсенева А.П. Проблемы адаптации и учение о здоровье. Уч. пос. – М.: Изд-во РУДН, 2006. - 284 с.
2. Агаджанян Н.А., Батоцыренова Т.Е., Северин А.Е., Семенов Ю.Н., Сушкова Л.Т., Гомбоева Н.Г. Сравнительные особенности вариабельности сердечного ритма у студентов, проживающих в различных природно-климатических регионах // Физиология человека. – 2007. – Том 33. – № 6. – С. 66-70.
3. Баевский Р.М., Семенов Ю.Н., Иванов Г.Г., Чирейкин Л.В., Гаврилушкин А.П. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. – 2001. – №24. – С. 65-87.
4. Батоцыренова Т.Е. Опыт организации мониторинга физического здоровья студентов Владимирского государственного университета // Всероссийский физкультурно-спортивный комплекс «Готов к труду и обороне (ГТО)» и массовый спорт в системе здорового образа жизни населения: материалы междунар.научно-практ.конф. Электронное изд. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2016. – С. 21-27.
5. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. М.: Медицина, 1988. - 238 с.
6. Ефимова И.В., Будыка Е.В. Межполушарная функциональная асимметрия и проблема индивидуального здоровья // Руководство по функциональной межполушарной асимметрии. – М.: Научный мир, 2009. - С. 692-727.
7. Ефимова И.В., Батоцыренова Т.Е., Брусов В.В., Будыка Е.В. Анализ вариабельности сердечного ритма у студентов с различными латеральными признаками в моторной и сенсорных системах // Фундаментальные и прикладные проблемы нейронаук: функциональная асимметрия, нейропластичность и нейродегенерация. Мат. Второй Всерос. конф. с междунар. участием / Под ред. М.А. Пирадова, С.Н. Иллариошкина, В.Ф.Фокина. – М.: ФАНО, ФГБНУ «Научный центр неврологии». – 2016. – с.106-112.
8. Леутин В.П., Николаева Е.И. Функциональная асимметрия мозга: мифы и действительность. – СПб.: Речь, 2005. - 368 с.
9. Москвин В.А., Москвина Н.В. Межполушарные асимметрии и индивидуальные различия человека. – М.: Смысл, 2011. – 367 с.
10. Хомская Е.Д., Ефимова И.В., Будыка Е.В., Ениколопова Е.В. Нейропсихология индивидуальных различий: учебное пособие для студентов учреждений высш. проф. образования. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. - 160 с.

11. Хохлов Н.А., Ковязина М.С. Проблема применения и интерпретации результатов нейропсихологических проб на функциональную асимметрию мозга // Московский международный конгресс, посвящённый 110-летию со дня рождения А.Р. Лурия. Тезисы сообщений. – М., 2012. – С. 177.

THE STUDY OF STUDENTS' HEALTH FROM POSITIONS OF NEUROPSYCHOLOGY OF INDIVIDUAL DIFFERENCES

Budyka E.V. *, Batotsyrenova T.E. **, Efimova I.V. *

*Lomonosov Moscow State University,

**Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs

The results of studies of the health of students conducted using the neuropsychological approach are presented.



ОБЗОР ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ, РЕАЛИЗОВАННЫХ В ПАКЕТЕ РАСШИРЕНИЯ MATLAB FUZZYLOGIC TOOLBOX

Штанский А. Д., Бойко А. А.

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана (МГТУ им. Н.Э. Баумана),

alex-shtan@yandex.ru, boiko_andrew@mail.ru

В данной работе рассмотрены функции принадлежности, реализованные в пакете расширения MATLAB Fuzzy Logic Toolbox. Выполнена классификация функций принадлежности по типу и форме кривой. Рассмотрены альтернативные классификации функций принадлежности. Показано, что функции принадлежности, рассмотренные в альтернативных классификациях, могут быть реализованы с помощью пакета MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.

Для построения систем нечеткого логического вывода часто используется пакет расширения MATLAB Fuzzy Logic Toolbox [2]. Для последующего анализа функций принадлежности выполним их классификацию. В качестве классификационных критериев могут использоваться:

- тип кривой функции принадлежности;
- форма кривой функции принадлежности.

По типу кривой могут быть выделены следующие функции принадлежности:

- кусочно-линейные;
- гладкие.

По форме кривой могут быть выделены следующие функции принадлежности:

- Z-образные;
- S-образные;
- П-образные [3].

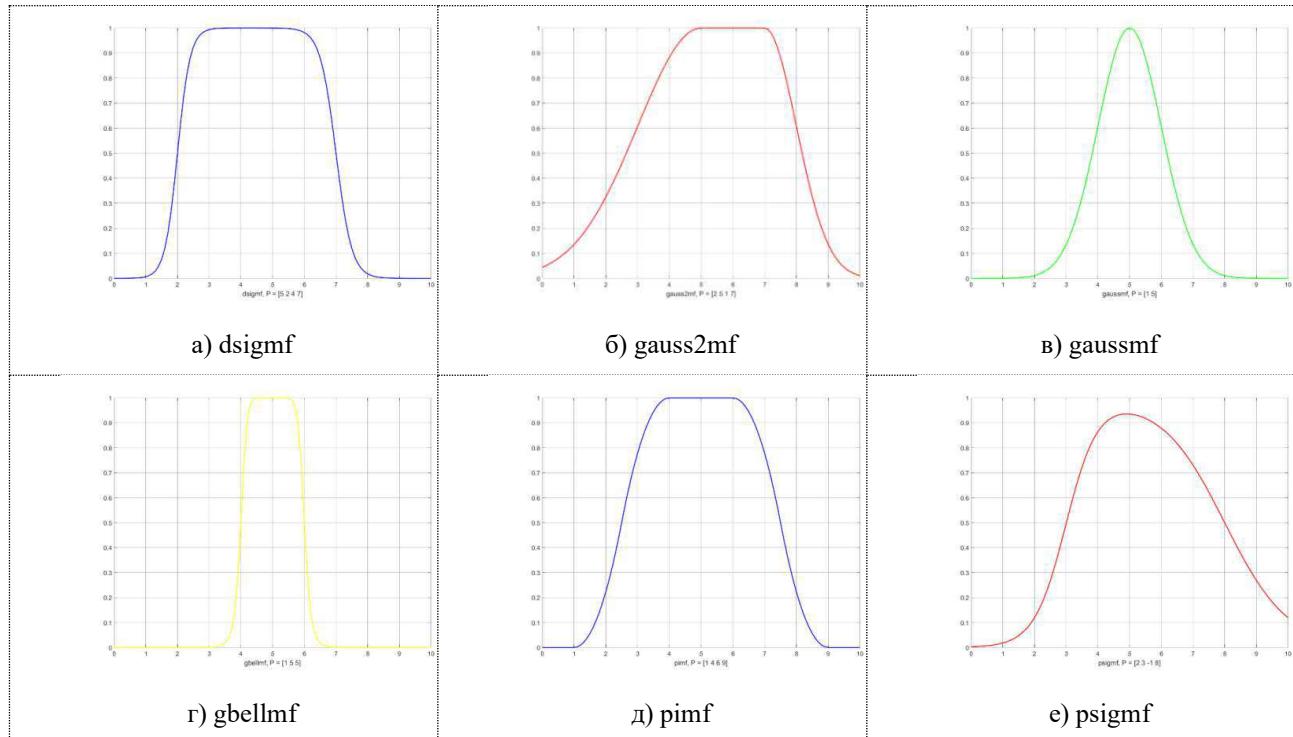
Перечень функций принадлежности, реализованных в пакете расширения MATLAB Fuzzy Logic Toolbox, приведен в таблице 1.

Таблица 1 – Функции принадлежности, реализованные в пакете расширения MATLAB Fuzzy Logic Toolbox

Наименование в MATLAB	Название на английском языке	Название на русском языке	Тип кривой	Форма кривой
(01) dsigmf	Difference between two sigmoidal functions membership function	Разность двух сигмоидальных функций принадлежности	гладкая	П-образная
(02) gauss2mf	Gaussian combination membership function	Комбинация двух гауссовых функций	гладкая	П-образная
(03) gaussmf	Gaussian curve membership function	Функция плотности нормального распределения (Гауссова функция)	гладкая	П-образная
(04) gbellmf	Generalized bell-shaped membership	Колоколообразная функция принадлежности	гладкая	П-образная

Наименование в MATLAB	Название на английском языке	Название на русском языке	Тип кривой	Форма кривой
	function			
(05) pimf	Pi-shaped membership function	π -образная функция принадлежности	гладкая	П-образная
(06) psigmf	Product of two sigmoidal membership functions	Произведение двух сигмоидальных функций принадлежности	гладкая	П-образная
(07) sigmf	Sigmoidal membership function	Сигмоидальная функция принадлежности	гладкая	Z-образная или S-образная
(08) smf	S-shaped membership function	S-образная функция принадлежности (сплайн-функция)	гладкая	S-образная
(09) trapmf	Trapezoidal-shaped membership function	Трапециевидная функция принадлежности	кусочно-линейная	--
(10) trimf	Triangular-shaped membership function	Треугольная функция принадлежности	кусочно-линейная	--
(11) zmf	Z-shaped membership function	Z-образная функция принадлежности (сплайн-функция)	гладкая	Z-образная

Графики рассмотренных функций принадлежности представлены на рисунке 1.



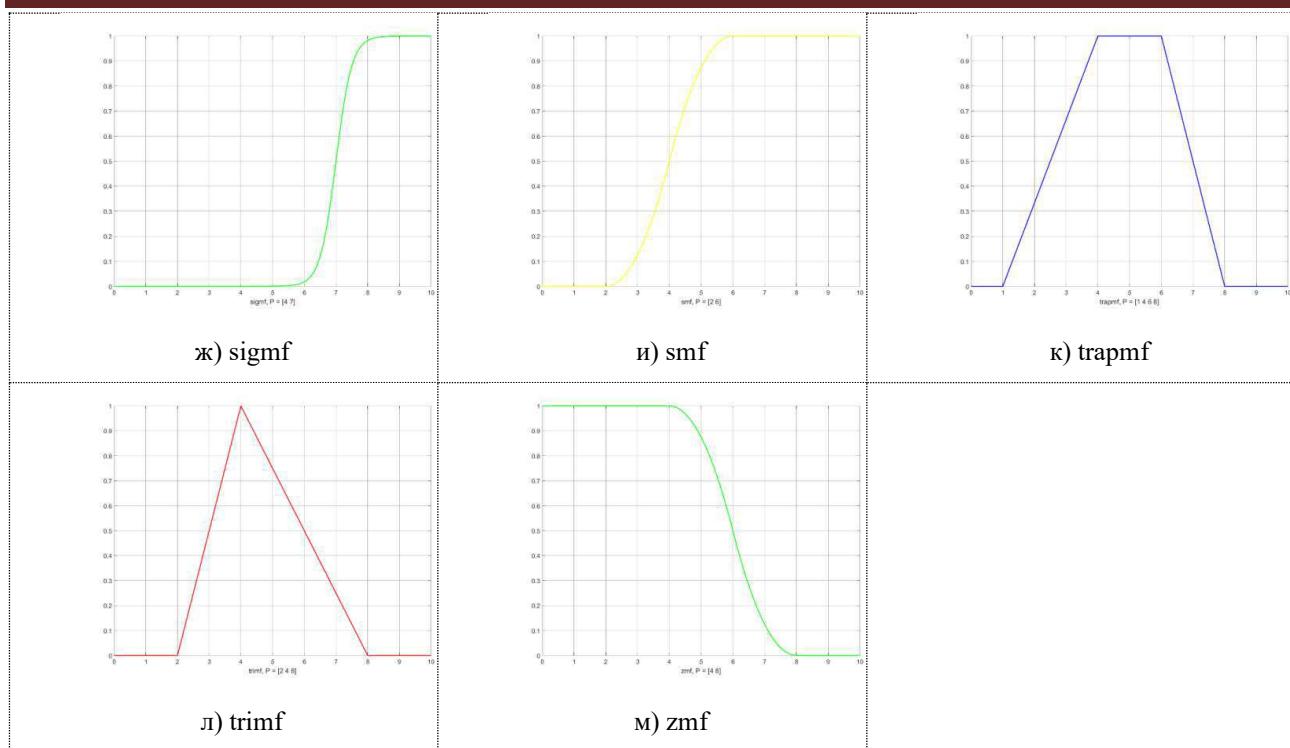


Рис. 1. Графики функций принадлежности

Следует отметить, что существуют и другие варианты функций принадлежности. В [3] авторы выделяют 5 классов функций принадлежности [3, с. 48-50]:

- функция принадлежности класса s ;
- функция принадлежности класса π ;
- функция принадлежности класса γ ;
- функция принадлежности класса t ;
- функция принадлежности класса L .

При этом практически для всех перечисленных функций принадлежности существует аналог из числа ранее рассмотренных функций пакета MATLAB.

Функция принадлежности класса s аналогична функции smf , функция принадлежности класса π аналогична функции $pimf$, функция принадлежности класса t – функции $trimf$. Функции принадлежности класса γ и класса L по форме кривой аналогичны функциям smf и zmf , соответственно, однако, в отличие от них, являются кусочно-линейными и не непрерывными. Такие функции могут быть смоделированы с использованием функции $trapmf$ путем особого выбора параметров данной функции.

Помимо 5 функций принадлежности, рассмотренных в [3], в [1, с. 32] предложен обобщенный класс функций принадлежности T , представляющий трапецию. Соответствие функций принадлежности, выделяемых различными классификациями, приведено в таблице 2.

Таблица 2 – Соответствие функций принадлежности

Класс функций принадлежности в соответствии с работами [1; 3]	Соответствующая функция принадлежности в пакете MATLAB Fuzzy Logic Toolbox
Функция принадлежности класса s [3]	smf
Функция принадлежности класса π [3]	$pimf$
Функция принадлежности класса γ [3]	$trapmf$
Функция принадлежности класса t [3]	$trimf$
Функция принадлежности класса L [3]	$trapmf$
Функция принадлежности класса T [1]	$trapmf$

Таким образом, набор функций принадлежности пакета MATLAB Fuzzy Logic Toolbox позволяет реализовать все рассмотренные функции принадлежности.

Библиографический список

- Дунаев А.А., Брысин О.А., Губа Е.А. Выбор функций принадлежности для описания симптомокомплексов в комбинированном решающем правиле // Информатика и прикладная математика: межвузовский сборник научных трудов. 2012. № 18. С. 30-34.

2. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб., 2003.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М., 2004.

REVIEW OF MEMBERSHIP FUNCTIONS IN MATLAB FUZZY LOGIC TOOLBOX

Shtanskiy A.D., Boiko A.A.
Bauman Moscow State Technical University (BMSTU)
alex-shtan@yandex.ru, boiko_andrew@mail.ru

In this paper we consider membership functions in MATLAB fuzzy logic toolbox. Membership functions are classified by curve type and curve shape. We also consider alternative classifications of membership functions and show that all these functions can be implemented using MATLAB Fuzzy Logic Toolbox.

Научное издание
Физика и радиоэлектроника в медицине и экологии
Труды 13-й международной научной конференции «ФРЭМЭ'2018»
с научной молодежной школой имени И.Н. Спиридонова
Владимир-Сузdalь, 3-5 июля 2018 г.

Под общей редакцией д.т.н., проф. Л.Т. Сушковой

Печатается в авторской редакции

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

*Л.В.Грунская, д.т.н., профессор; В.Н.Ланцов, д.т.н., профессор;
В.В.Морозов, д.т.н., профессор; П.А.Полушкин, д.т.н., профессор;
В.М.Емельяненко, д.м.н.; Е.А.Оленев, д.т.н., профессор; Е.К.Левин,
д.т.н.; А.В.Самородов, к.т.н., доцент; Н.Н.Давыдов, д.т.н., профессор;
А.Е.Северин, д.б.н.; Р.В.Исаков к.т.н., доцент.*

Компьютерная верстка: *Панченкова Е.О., Тихонравова Е.В.*

Заказ № 1409. Подписано в печать 25 июня 2018 г.
Бумага офсетная: плотность 65 г/м². Гарнитура Таймс.
Тираж 50 экз.

Отпечатано в ООО «Графика»
с готовых оригинал-макетов без изменения содержания
г. Александров, Красный пер., 13
Тел.: 8(49244) 3-20-10, 3-20-11
e-mail: algortip@mail.ru