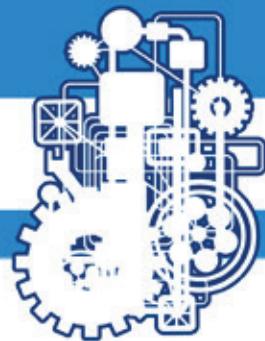
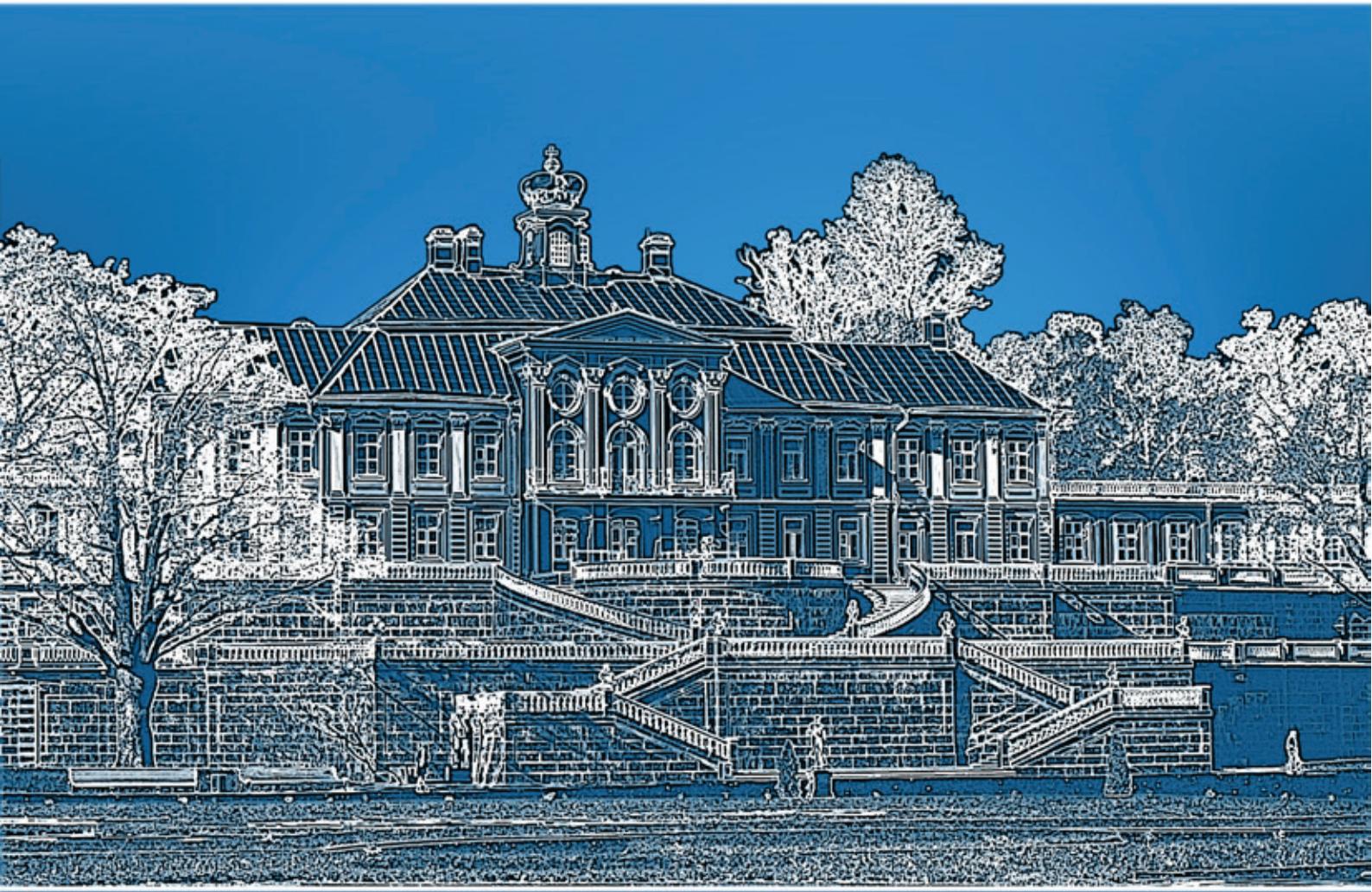


МОЛОДОЙ  
УЧЁНЫЙ



IV Международная научная конференция

# ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ



Санкт-Петербург

УДК 62(01)

ББК 30

Т38

Главный редактор: *И. Г. Ахметов*

Редакционная коллегия сборника:

*М. Н. Ахметова, Ю. В. Иванова, А. В. Каленский, В. А. Куташов, К. С. Лактионов,*

*Н. М. Сараева, Т. К. Абдрасилов, О. А. Авдеюк, О. Т. Айдаров, Т. И. Алиева, В. В. Ахметова,*

*В. С. Брезгин, О. Е. Данилов, А. В. Дёмин, К. В. Дядюн, К. В. Желнова, Т. П. Жуйкова, Х. О. Жураев,*

*М. А. Игнатова, К. К. Калдыбай, А. А. Кенесов, В. В. Коварда, М. Г. Комогорцев, А. В. Котляров,*

*В. М. Кузьмина, С. А. Кучерявенко, Е. В. Лескова, И. А. Макеева, Т. В. Матроскина, Е. В. Матвиенко,*

*М. С. Матусевич, У. А. Мусаева, М. О. Насимов, Б. Ж. Паридинова, Г. Б. Прончев, А. М. Семахин,*

*А. Э. Сенцов, Н. С. Сенюшкин, Е. И. Титова, И. Г. Ткаченко, С. Ф. Фозилов, А. С. Яхина, С. Н. Ячинова*

Руководитель редакционного отдела: *Г. А. Кайнова*

Ответственные редакторы: *Е. И. Осянина, Л. Н. Вейса*

Международный редакционный совет:

*З. Г. Айрян (Армения), П. Л. Арошидзе (Грузия), З. В. Атаев (Россия),*

*К. М. Ахмеденов (Казахстан), Б. Б. Бидова (Россия), В. В. Борисов (Украина),*

*Г. Ц. Велковска (Болгария), Т. Гайич (Сербия), А. Данатаров (Туркменистан),*

*А. М. Данилов (Россия), А. А. Демидов (Россия), З. Р. Досманбетова (Казахстан),*

*А. М. Ешиев (Кыргызстан), С. П. Жолдошев (Кыргызстан), Н. С. Игисинов (Казахстан),*

*К. Б. Кадыров (Узбекистан), И. Б. Кайгородов (Бразилия), А. В. Каленский (Россия), О. А. Козырева*

*(Россия), Е. П. Колпак (Россия), В. А. Куташов (Россия), Лю Цзюань (Китай), Л. В. Малес*

*(Украина), М. А. Нагервадзе (Грузия), Ф. А. Нурмамедли (Азербайджан), Н. Я. Прокопьев*

*(Россия), М. А. Прохофьева (Казахстан), Р. Ю. Раҳматуллин (Россия), М. Б. Ребезов*

*(Россия), Ю. Г. Сорока (Украина), Г. Н. Узаков (Узбекистан), Н. Х. Хоналиев (Таджикистан),*

*А. Хоссейни (Иран), А. К. Шарипов (Казахстан)*

**Технические науки: проблемы и перспективы:** материалы IV Междунар. науч. конф.

Т38 (г. Санкт-Петербург, июль 2016 г.). — СПб.: Свое издательство, 2016. — vi, 134 с.

ISBN 978-5-4386-0975-9

В сборнике представлены материалы IV Международной научной конференции «Технические науки: проблемы и перспективы».

Предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов и студентов технических специальностей, а также для широкого круга читателей.

УДК 62(01)

ББК 30

## СОДЕРЖАНИЕ

## ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

**Бутенко В.В.**

Анализ методов и систем регистрации окуломоторной активности ..... 1

**Быканов Н.П.**

Реализация многослойного персептрона и сети адаптивного резонанса ..... 6

**Журавлева Л.В., Стригулин К.А.**

Исследования особенностей развития нейронных сетей в современном мире ..... 9

**Романова Ю.А.**

Автоматизация процесса документооборота на предприятии ..... 11

**Суратов В.А., Мартынов Р.С.**

Семантический поиск документов, классифицированных в международной системе классификации патентов ..... 14

**Хачатрян А.Г.**

Анализ и прогнозирование безопасности дорожных маршрутов ..... 17

**Цветков А.А., Шорох Д.К., Зубарева М.Г., Юрсков С.В., Шуклин А.В., Хамуш А.Л., Ануфриев И.Б.**

Алгоритмы распознавания объектов ..... 20

**Чеканова Е.Д.**

Перспективы разработки программного обеспечения для визуализации результатов теоретико-множественного анализа сложных систем ..... 28

**Юркин В.М.**

Исследование и разработка математической модели метеопрогноза ..... 30

## ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

**Андрянов Н.А.**

Исследование эффективности правильного обнаружения сигналов на фоне одномерных дважды стохастических случайных процессов ..... 37

**Белоногов А.В.**

Анализ и выбор систем навигации робота для позиционирования в условиях замкнутого пространства ..... 40

**Дараев К.А.**

Электромагнитная совместимость в локальных беспроводных сетях ..... 42

**Дараев К.А.**

Анализ внеполосных радиоизлучений средств связи ..... 44

**Касимов А.О., Дараев А.М., Нурпесисова Д.А.**

Методы тестирования протокольных спецификаций ..... 47

**Онуфриенко Р.В.**

Комплекс электронных лабораторных установок как информатизация учебного процесса и повышения качества обучения курсантов (студентов) ..... 50

## АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

**Гуленок А.А.**

Метод снижения связности информационных графов параллельных программ для РВС, содержащих многоходовые мультиплексоры и демультиплексоры ..... 53

**Климова О.Л., Клинов А.С., Янаев Е.Ю.**

Адаптивная система управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси ..... 56

**ЭНЕРГЕТИКА****Джулаева Ж.Т., Касымова А.Е., Садвокасова Ж.Д.**

Исследование параметров управляющего устройства двухдвигательного электропривода переменного тока ..... 59

**Самсоненко А.И.**

Анализ передаточной функции структурной схемы вентильного двигателя с помощью системы MATLAB ..... 63

**МАШИНОСТРОЕНИЕ****Водин Д.В.**

Применение технологии обратного инжиниринга в машиностроении ..... 67

**Корнеева В.Р.**

Гидравлическая система летательных аппаратов: вертолета и самолета ..... 69

**СТРОИТЕЛЬСТВО****Богачева С.В.**

Особенности расчета сборно-монолитных перекрытий каркасных зданий с несъемной железобетонной опалубкой ..... 74

**Ким А.Ю., Лоренц А.А., Яковлев М.Ю.**

Совершенствование методов расчета и новые конструктивные формы мембранны-стержневых и вантовых сооружений ..... 77

**Ким А.Ю., Лоренц А.А.**

Проектирование и расчет мембранны-стержневых предварительно напряженных сооружений ..... 79

**Ким А.Ю., Лоренц А.А.**

Применение численных методов и программного комплекса «Пневматика» для расчета нелинейного линзообразного пневматического сооружения ..... 83

**Рафальская Т.А.**

Особенности схем тепловых пунктов систем теплоснабжения ..... 86

**ТРАНСПОРТ****Варзаносов П.В.**

Анализ преимуществ и недостатков видов легкого электротранспорта ..... 89

**Коротких Ю.С., Пуляев Н.Н.**

Влияние цетаноповышающих присадок на работу двигателей, работающих на дизельных топливах ..... 91

**Макарова Э.С.**

Кластеры как новая форма организации транспортно-логистической деятельности ..... 94

**Подзоров А.В.**

Рационализация структуры управления автотранспортной службой ФСИН России ..... 96

**Тюфанова А.А.**

Дефекты программного обеспечения системы управления движением судов ..... 99

**АРХИТЕКТУРА****Ануфриев А.А.**

Социология городской среды как целостная концепция жизнедеятельности человека ..... 103

**ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ****Кутовий А.Н., Власенко В.С., Фатхулов Р.Р.**

Современные методы повышения октанового числа ..... 108

**Чурикова Л.А., Уарисов Д.Д.**

Обзор методов борьбы с сероводородом при добыче нефти.....109

**ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК****Герасименко И.В.**Методика разработки блока имитации внутривыменного давления испытательного стенда  
для доильных аппаратов ..... 113**Захаров Р.Ю., Волкова Н.Е.**

Перспективные направления энергосбережения в орошаемом земледелии Республики Крым .....117

**Звягин Л.С.**

Методы инфлюентного анализа и принятие решений ..... 120

**Матниязов Б.К., Мамедов С., Мухамметмырадов К.**

Проектирование планировочных работ орошаемых земель в условиях Туркменистана .....126

**САПР И ГРАФИКА****Иванов К.К., Ефремов А.А., Ващенко И.А.**

Роль информационного обеспечения в системах автоматизированного проектирования ..... 128

**НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ****Доноева А.С., Ямпилов С.С., Батуева С.В.**

Разработка каскадного решетного сепаратора для очистки зерна .....131



# ИНФОРМАТИКА И КИБЕРНЕТИКА

## Анализ методов и систем регистрации окуломоторной активности

Бутенко Вероника Вячеславовна, аспирант

Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова

*В статье даётся краткая характеристика видов движения глаз и приводится анализ методов и систем регистрации окуломоторной активности.*

Движения глаз — естественная составляющая зрительного восприятия. Даже при относительной неподвижности взгляда, глаза совершают микродвижения. Всего известно восемь видов движения глаз [1], которые относят к микро- и макродвижениям.

Макродвижения глаз характеризуют изменение направления взгляда и поддаются контролю. Их разделяют на макросаккады (резкие изменения направления взгляда), прослеживающие движения (плавное смещение взгляда вслед движущемуся объекту фиксации), вергентные движения (сведение и разведение зрительных осей), нистагм (колебательные движения глаз в совокупности с прослеживающими движениями) и торзионные движения (вращательные движения глаз относительно зрительной оси).

Микродвижения глаз — естественный фон окуломоторной активности, не поддающийся контролю и прослеживающийся в момент фиксации точки. Микродвижения глаз разделяют на трепет (частые колебания глаз), дрейф (плавное смещение взгляда, прерываемое микроскачками) и микросаккады (быстрое перемещение глаз, возникающие при смене точек фиксации).

Каждый вид обладает характерными свойствами, а прослеживаемость видов зависит от чувствительности и точности методов, регистрирующих окуломоторную активность. Такие методы можно разделить на две группы: контактные и бесконтактные. К первой относятся электроокулография, фотооптический и электромагнитный методы. Вторая группа включает фотоэлектрический метод и видеорегистрацию (кинорегистрацию).

### Электромагнитный метод

Электромагнитный метод (Рисунок 1) основан на измерении эквивалентного напряжения, в которое переводится любое движение глаз.

Индукционный излучатель закрепляется с помощью присоски (контактной линзы или кольца) на глазном яблоке, приёмные катушки помещаются вокруг головы. Излучатель создаёт переменное электромагнитное поле в приёмных катушках. Перемещение излучателя вызы-

вает изменение напряжённости электромагнитного поля. Далее этот сигнал усиливается и передаётся на вход регистрирующего осциллографа.

Н.Ю. Вергилес [2] предложил обратный способ: к глазному яблоку присоской крепится приёмная катушка, а пара излучателей помещается вокруг головы, создавая переменное магнитное поле вокруг глазного яблока. При изменении направления взгляда в приёмной катушке надвигается электродвижущая сила, фаза которой связана с углом поворота глаза. Полученный сигнал поступает на вход несимметричного нерезонансного усилителя, после передаётся на вход регистрирующего устройства. Усилители заранее настраиваются на частоту излучения.

Чувствительность электромагнитного метода позволяет изучать макро- и микродвижения глаз, одновременно их горизонтальную и вертикальную составляющие. Калибровка проводится в начале эксперимента.

Использование присосок и жёсткая фиксация головы — главные недостатки метода, время регистрации окуломоторной активности ограничивается до 20–30 минут. Метод не применим в повседневной и профессиональной деятельности. Ограничения накладываются также на испытуемых, в экспериментах не могут участвовать дети и люди с повышенным внутриглазным давлением (глаукомой).

Функциональность метода повышается использованием контактной линзы [4], но останется необходимость в доработке линзы под особенности склеры каждого испытуемого.

Применение взаимоиндуктивных преобразователей [5, 6] повышает время непрерывной регистрации. Один короткозамкнутый виток в виде дюралюминиевого кольца прикрепляется к глазному яблоку, на оправу очков крепятся приёмные катушки. При изменении положения глаза с кольцом, относительно приёмных катушек, надвигается электродвижущая сила, которая и регистрируется. Такой способ не ограничивает движения головы, а время регистрации увеличивается на 10–15 минут.

Основным назначением электромагнитного метода является лабораторный эксперимент. Он представляет

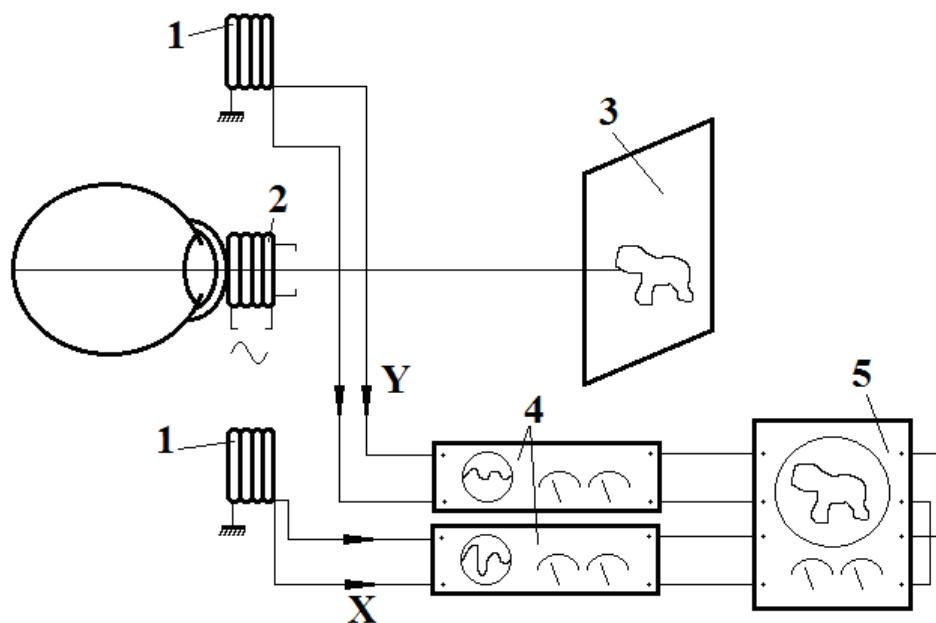


Рис. 1. Схема установки для регистрации окуломоторной активности электромагнитным методом [3]:

1 – приёмные катушки; 2 – индукционный излучатель; 3 – тестовое изображение; 4 – усилители сигналов; 5 – регистрирующий осциллограф

собой эффективное средство психофизиологического и психофизического исследования восприятия и механизмов окуломоторной активности.

Важной составляющей контактных методов, в том числе электромагнитного, является присоска. Она выполняет роль каркаса, несущего миниатюрные устройства.

Присоска может крепиться к центральной части склеры (центральная присоска (Рисунок 2)) или к ви-  
сочкой части (боковая присоска (Рисунок 3)).

Корпус присосок обычно делается из лёгких материалов, например, пластмассы. Перед установкой глазное яблоко анестезируется. Резиновым баллончиком создаётся пониженное давление в камере, образованной поверхностью глаза и корпусом присоски, обеспечивая её

устойчивое положение. Веки глаза фиксируются, что позволяет избежать смещения присоски и исключить моргательные движения.

Конструкция присоски сохраняется независимо от метода, заменяются только вспомогательные устройства.

#### **Фотооптический метод**

Фотооптический метод основан на записи отражённого света: на глазное яблоко устанавливается присоска с миниатюрным зеркальцем, от которого отражается узкий пучок света, направленный осветителем, и попадает на вход фоторегистрирующего устройства (Рисунок 4).

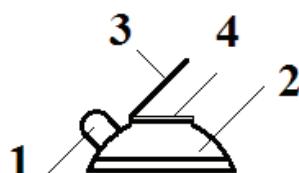


Рис. 2. Конструкция центральной присоски: 1 – резиновый баллончик; 2 – корпус; 3 – зеркало;  
4 – стеклянная пластинка

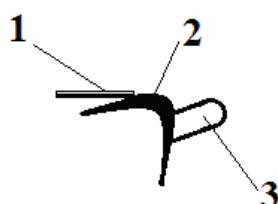


Рис. 3. Конструкция боковой присоски: 1 – зеркало; 2 – корпус; 3 – резиновый баллончик

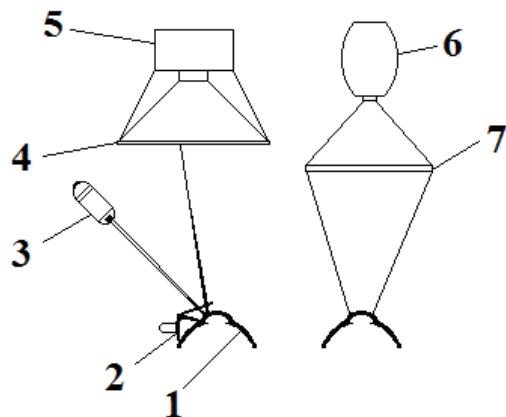


Рис. 4. Схема установки для регистрации окуломоторной активности фотооптическим методом:  
 1 – глазное яблоко; 2 – присоска с зеркалом, 3 – осветитель, 4 – экран регистрации; 5 – фотоаппарат;  
 6 – проектор; 7 – тестовое изображение

Фотооптический метод [7] дал возможность исследовать особенности движений глаз при наблюдении за сложными объектами и в процессе чтения, показал взаимосвязь различных видов движений. С его помощью были описаны основные виды окуломоторной активности человека.

Фотооптический метод позволяет раскрыть микроорганизацию окуломоторной активности. В связи с чем возможно зарегистрировать такие параметры движений глаз, как амплитуда, скорость дрейфа, ускорение микросаккад, частота физиологического нистагма, что дополняет характеристику познавательных процессов, внимания и зрительного восприятия. Этот метод исследований является исключительно лабораторным, так как не приспособлен к оперативной обработке и представления получаемых

во время эксперимента данных, использоваться может только в затемнённом помещении при жёсткой фиксации головы испытуемого. За счёт применения присосок время исследований ограничивается до 20–30 минут.

### Электроокулография

В основе электроокулографии лежит измерение разности потенциалов в тканях, прилегающих к глазнице. Разность потенциалов существует между роговицей и склерой, внутренней и наружной сторонами сетчатки. Движения глаз регистрируются с помощью электродов, которые устанавливаются вокруг глазных впадин (около височных углов, верхнего и нижнего края глаза) (Рисунок 5).

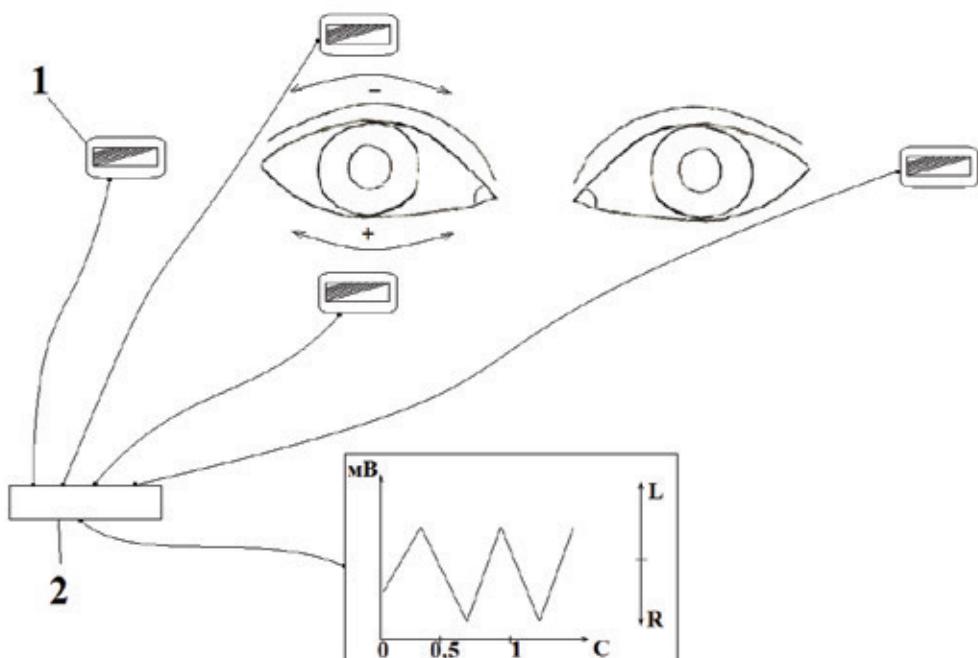


Рис. 5. Схема расположения электродов: 1 – электрод; 2 – усилитель

При горизонтальных движениях глаз происходит изменение разности потенциалов на участках кожи слева и справа от глаза. При вертикальных — сверху и снизу. Знак потенциала говорит о направлении взгляда, величина изменения разности потенциалов отражает угол поворота [8].

Точность электроокулографии зависит от продолжительности исследования, чем дольше проходит эксперимент, тем больше погрешность, связанная с использованием усилителя. Каждое измерение предполагает последующую корректировку дрейфа нуля. Сильное влияние оказывают также индивидуальные особенности окуломоторного аппарата, плохой контакт электродов с поверхностью кожи, частота моргания.

Метод применим во внелабораторных условиях, но не предназначен для использования в повседневной или профессиональной деятельности.

Исследования с использованием электроокулографии не нарушают естественных условий зрительной активности, могут проводиться неограниченное время, при любом освещении.

### **Фотоэлектрический метод**

В основе фотоэлектрического метода лежит преобразование отражённого от роговицы пучка инфракрасного света в электрический сигнал.

При перемещении глаз количество отражённого света изменяется и соответственно изменяется величина фототока или фотосопротивления.

Усиливая выходной сигнал, возможно получить запись движения глаз.

Одна из вариаций фотоэлектрического метода (Рисунок 6) была предложена А.Д. Владимировым и Е.Д. Хомской [9].

Изображение глаза проецируется на матовое стекло, покрытое фотосопротивлением и разделённое верти-

кальной перегородкой. Движение глаза вызывает смещение его изображения и изменение освещённости светочувствительного слоя. Фотосопротивления подключаются к схеме, на выходе изменение напряжения соответствует движению глаза.

За одно измерение возможно отследить одну из составляющих движения глаз — вертикальную или горизонтальную.

Для одновременной регистрации двух составляющих используется роговичный блик, изменение его положения даёт информацию о перемещении взгляда.

Фотоэлектрический метод требует жёсткой фиксации головы, но даёт возможность длительного измерения и имеет бесконтактный характер. Его основным назначением является лабораторный эксперимент, позволяющий изучить механизмы управления движениями глаз, зрительные эффекты, сопровождающие окуломоторную активность. Он обеспечивает монокулярное измерение длительности, частоты фиксаций, скорости, частоты колебаний преимущественно макродвижений глаз.

### **Видеорегистрация (кинорегистрация)**

Метод видеорегистрации включает две взаимосвязанные процедуры: видеосъёмку глаз испытуемого и программное определение направления взгляда на каждом кадре видеоряда. Источником информации о направлении взгляда служат край или центр зрачка, кровеносные сосуды склеры или роговичный блик. Этот метод более предпочтителен за счёт бесконтактного характера изменения глазодвигательной активности. Возможна монобинокулярная регистрация.

Первые вариации этого метода основывались на киносъёмке глаз испытуемого, покадровом анализе плёнки и совмещении траектории перемещения взгляда с тестовым изображением.

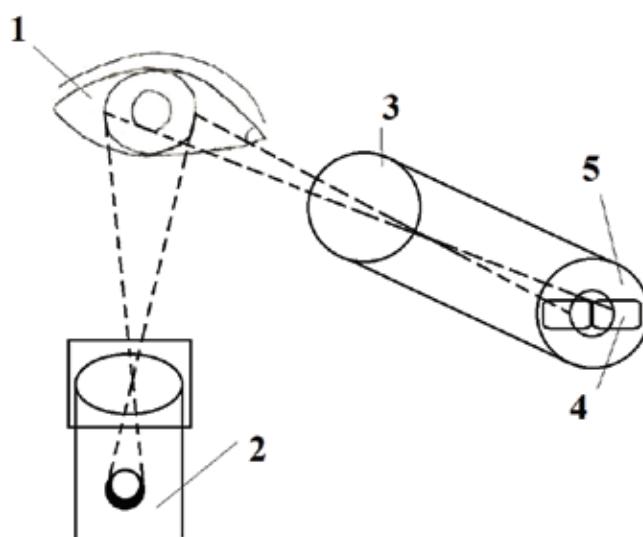


Рис. 6. Схема установки для фотоэлектрического метода: 1 — глаз испытуемого; 2 — осветитель; 3 — объектив; 4 — фотосопротивления; 5 — матовое стекло с изображением радужки глаза

Например, метод [11], который применяли Judd, McAlister и Steele: голова испытуемого фиксировалась, к ней прикреплялся металлический шарик, служивший началом координат, на роговицу глаза наносилась маленькая точка китайскими белилами, положение которой определялось на каждом кадре.

Или метод фоторегистрации Dodge и Cline [12], заключавшийся в получении ряда сдвинутых относительно друг друга изображений глаза. Изображения впоследствии анализировались.

При съёмке глаз без дополнительной подсветки получить информацию о направлении взгляда сложно. Такой способ отличается высокой чувствительностью к условиям освещения поверхности лица и трудоёмкостью покадровой обработки материала.

Распознавание объекта (радужки или зрачка) в видеопотоке не даёт достаточно информации для определения направления взгляда, важно следить за объектом, совмещая при этом определение точки пересечения оптической оси глазного яблока и плоскости экрана, на котором представлен некоторый зрительный раздражитель.

Другая разновидность метода видеорегистрации предполагает подсвечивание глаза точечным источником инфракрасного излучения и скоростную съёмку инфракрасной видеокамерой. Такой способ применяется в устройствах компании Tobii.

Tobii REX [13], Tobii EyeX [13], Tobii TheEyeTribe [14] — устройства, отслеживающие направление взгляда. Точ-

ность определения позволяет использовать их для лабораторного эксперимента и повседневной деятельности. Они дополняют стандартные средства управления компьютером (мышь, клавиатуру), позволяют выполнять некоторые операции при помощи взгляда, например, переключение между элементами интерфейса. Не требуют жёсткой фиксации головы пользователя, но сильная подвижность влияет на точность определения. Калибровка производится в начале работы с устройством, за счёт отслеживания движения головы данные первой калибровки дополняются.

### **Заключение**

Ни один из перечисленных методов не является универсальным. Каждый обладает определёнными достоинствами, выбор зависит от цели использования, если это медицинские исследования, важна точность вычисления направления взгляда и возможность распознавания вида движения: трепмор, дрейф, нистагм и т.д. Когда задача сводится к управлению устройствами посредством взгляда, важным критерием будет удобство метода.

Если исследование должно проводиться длительное время и с высокой точностью, следует использовать электромагнитный метод в совокупности с контактными линзами.

В случаях, когда голова испытуемого должна оставаться подвижной, целесообразно пользоваться видеорегистрацией, но потребуется сложная обработка экспериментального материала.

### **Литература:**

1. А. Л. Ярбус. Роль движений глаз в процессе зрения. Наука, 1965, 167 стр.
2. Н. Ю. Вергилес, В. П. Зинченко. Формирование зрительного образа (исследование деятельности зрительной системы). М.: МГУ, 1969, 107 стр.
3. Е. А. Андреева, Н. Ю. Вергилес, Б. Ф. Ломов. Механизм элементарных движений глаз как следящая система // Моторные компоненты зрения. М.: Наука, 1975, стр. 7–55.
4. Э. Д. Морняков, А. М. Котлярский. Некоторые данные о движениях глаз у человека и животных и методах их регистрации // Вестник МГУ. Биология. 1971, № 6. стр. 35–41.
5. В. П. Лауритис, К. С. Кришунас. Взаимоиндуктивный измеритель микро- и макродвижений глаз // Вестник МГУ. Психология, 1977, № 4. стр. 82–86.
6. В. П. Лауритис, К. С. Кришунас, А. Луук, Я. Хуйк, Ю. Аллик. Развитие электромагнитной методики регистрации движений глаз человека // Труды по психологии, IV, Тарту, 1977. стр. 34–51.
7. А. Л. Ярбус. Новая методика записи движений глаз // Биофизика, 1958, № 8. стр. 63–70.
8. Р. Н. Лурье. Векторэлектроокулографическая методика изучения движений глаз в процессе онтогенетического развития // Развитие познавательных и волевых процессов у дошкольников. М.: Просвещение, 1965.
9. А. Д. Владимиров, Е. Д. Хомская. Фотоэлектрический метод регистрации движений глаз // Вопросы психологии, 1961, № 2. стр. 177–183.
10. Л. Митрани. Саккадические движения глаз и зрение. Изд-во болгарской академии наук, 1973, 170 стр.
11. Judd, C.H., McAllister, C.N. & Steel, W.M. (1905). General introduction to a series of studies of eye movements by means of kinetoscopic photographs. In J. M. Baldwin, H. C. Warren & C. H. Judd (Eds.) Psychological Review, Monograph Supplements. 7:1–16. The Review Publishing Company, Baltimore.
12. Dodge and Cline (1901). The angle velocity of eye movements. Psychological Review, 8, 145–157.
13. Tobii REX, Tobii EyeX — технологии отслеживания направления взгляда [Электронный ресурс] URL: <http://www.tobii.com/>
14. Tobii TheEyeTribe — технологии отслеживания направления взгляда [Электронный ресурс] URL: <https://theeyetribe.com/order/>

## Реализация многослойного персептрона и сети адаптивного резонанса

Быканов Никита Павлович, студент

Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова

**Н**ейронные сети, называемые персепtronами (от лат. *percceptio* — восприятие), представляют математическую модель процесса восприятия образов. Эта модель реализуется в виде слоев нейронов: рецепторного слоя и одного или нескольких слоев преобразующих нейронов [1, с.56]. Под обучением многослойного персептрона понимается процесс адаптации сети к предъявленным эталонным образцам путем модификации весовых коэффициентов связей между нейронами.

Сеть обучается методом обратного распространения ошибки. Обучение многослойного персептрона методом обратного распространения ошибки предполагает два прохода по всем слоям сети: прямой и обратный. При прямом проходе образ (входной вектор) подается на сенсорные узлы сети, после чего распространяется от слоя

к слою. В результате генерируется набор выходных сигналов, который и является фактической реакцией сети на данный входной образ. Во время прямого прохода все синаптические веса сети фиксированы. Во время обратного прохода они настраиваются в соответствии с правилом коррекции ошибок, а именно: фактический выход сети вычитается из желаемого отклика, в результате чего формируется сигнал ошибки. Этот сигнал впоследствии распространяется по сети в направлении, обратном направлению синаптических связей. Отсюда и название «алгоритм обратного распространения ошибки».

Для обучения нейронной сети с помощью персептрона выбираются четыре образца из предлагаемых изображений. Образцы для обучения сети представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Образцы рисунков для обучения сети

В процессе обучения производится тестирование обобщающих свойств сети. Для этого формируется тестовая выборка из восьми образцов. В качестве тестовых образцов используются условно «искаженные» обучающие образцы. Для этого из каждого обучающего образца формируются два условно «поцарапанных» образца — в них часть точек не «белого» цвета заменяется на «белый». Для тестовых образцов вычисляется ошибка на выходе сети, но она не используется для корректировки весовых коэффициентов.

На рисунках 2 и 3 представлены результаты выполнения программы в момент обучения и в момент расчета.

Сети адаптивного резонанса — разновидность искусственных нейронных сетей основанная на теории адаптивного резонанса Стивена Гроссберга и Гейла Карпенера [2, с.35].

В сетях адаптивной резонансной теории (АРТ) предпринимается попытка приблизить механизм запоминания образов в ИНС к биологическому. Результатом работы АРТ является устойчивый набор запомненных образов и возможность выборки «похожего» образа по произвольному вектору, предъявленному на вход сети. Важное качество АРТ динамическое запоминание новых образов без полного переобучения и отсутствие потерь уже запомненных образов при предъявлении новых.

В процессе классификации образов можно выделить пять основных фаз: инициализацию, распознавание, сравнение, поиск и обучение.

**Инициализация.** Перед началом процесса обучения сети АРТ все весовые векторы несвязанных нейронов, а также параметр сходства должны быть установлены в начальные значения. Всем весам векторов присваиваются одинаковые малые значения.

**Распознавание.** В начальный момент времени вектор  $X$  отсутствует на входе сети. Следовательно, все компоненты входного вектора  $X$  можно рассматривать как нулевые:  $x_i = 0$ . Затем на вход слоя сравнения подается вектор  $X$ , который должен быть классифицирован.

**Сравнение.** В слое сравнения веер сигналов отклика слоя распознавания сравнивается с компонентами вектора  $X$ . Выход слоя сравнения  $C$  теперь содержит единичные компоненты только в тех позициях, в которых единицы имеются и у входного вектора  $X$  и у вектора обратной связи  $R$ . Если в результате сравнения векторов  $C$  и  $X$  не будет обнаружено значительных отличий, то нейрон сброса остается неактивным. Вектор  $C$  вновь вызовет возбуждение того же нейрона-победителя в слое распознавания, что и удачно завершил процесс классификации. В противном случае будет выработан сигнал сброса, который начнет фазу поиска.

**Поиск.** Если значение параметра сходства выигравшего нейрона превышает пороговый уровень, поиск не требуется, процесс классификации на этом завершается. В противном случае другие запомненные образы должны быть исследованы с целью поиска лучшего соответствия.

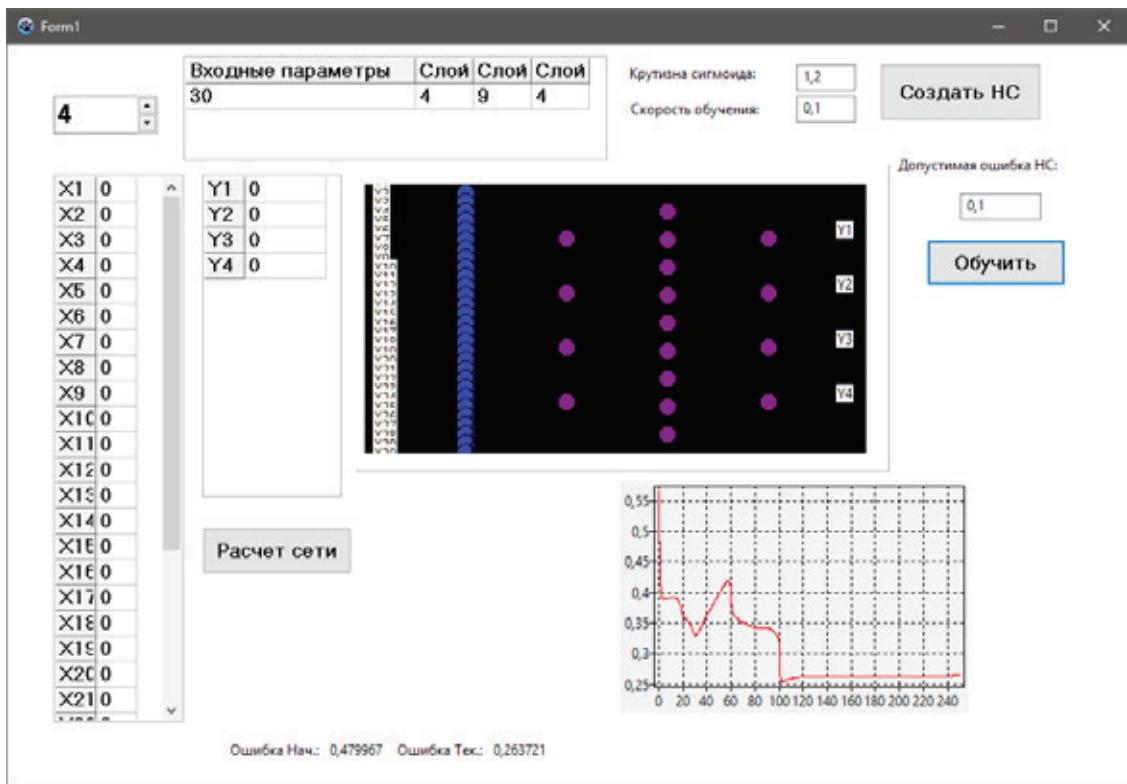


Рис. 2. Обучение сети

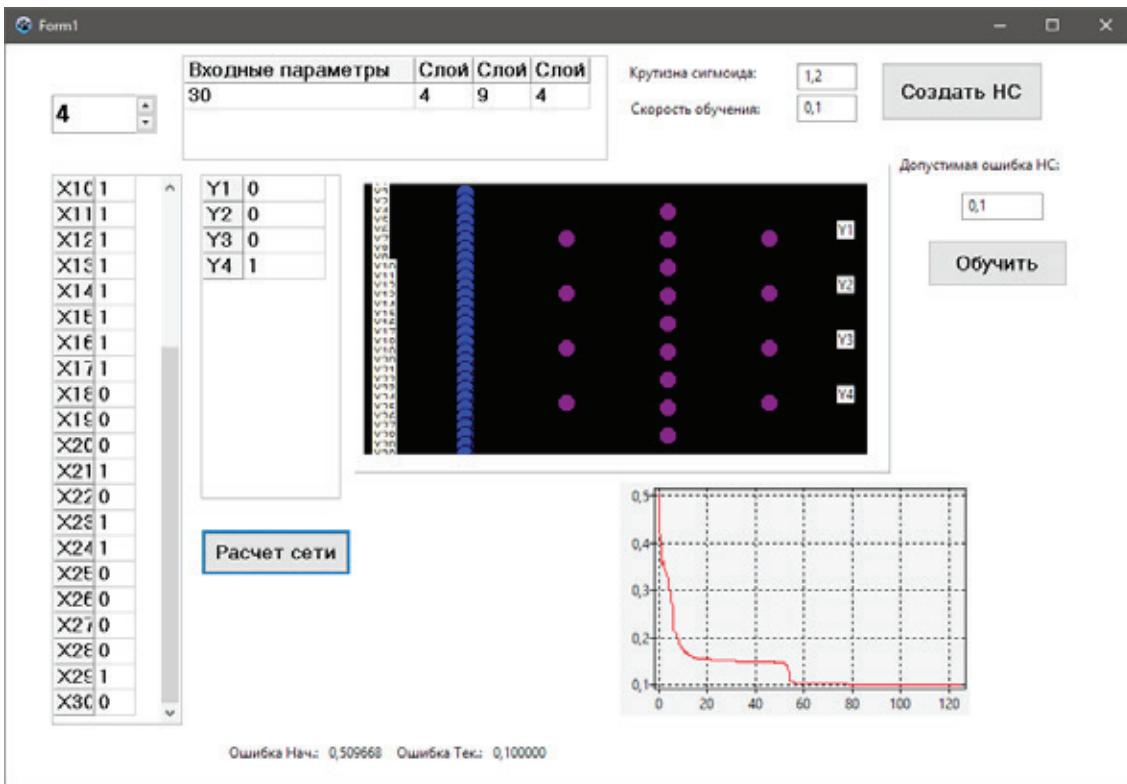


Рис. 3. Расчет сети

Обучение. Обучающий алгоритм используется в случае как успешного, так и неуспешного поиска. Вектору весов возбужденного нейрона в распознающем слое присваиваются новые значения.

Для реализации сети АРТ-1 рассмотрим набор примеров для обучения из 5 образцов.

Каждый образец — это символ, состоящий из 12 точек (матрица 4x3).

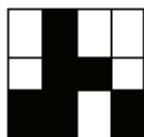


Рис. 4. Пример для обучения сети АРТ

Точка может быть белой ( $X_i = 0$ ) или черной ( $X_i = 1$ ). Пример образца представлен на рисунке 4.

Кодировка образца: 010001101101

Образцы последовательно подаются на вход сети. Параметр — «порог сходства» по умолчанию: 0.8 (предусмотреть возможность его изменения).

Алгоритм реализации:

1. Определить количество обученных нейронов в слое распознавания.

2. Определить весовые коэффициенты  $V_j$  и  $T_j$  обученных нейронов.

3. Показать образцы, запомненные обученными нейронами.

Реализация сети АРТ-1 представлена на рисунке 5.

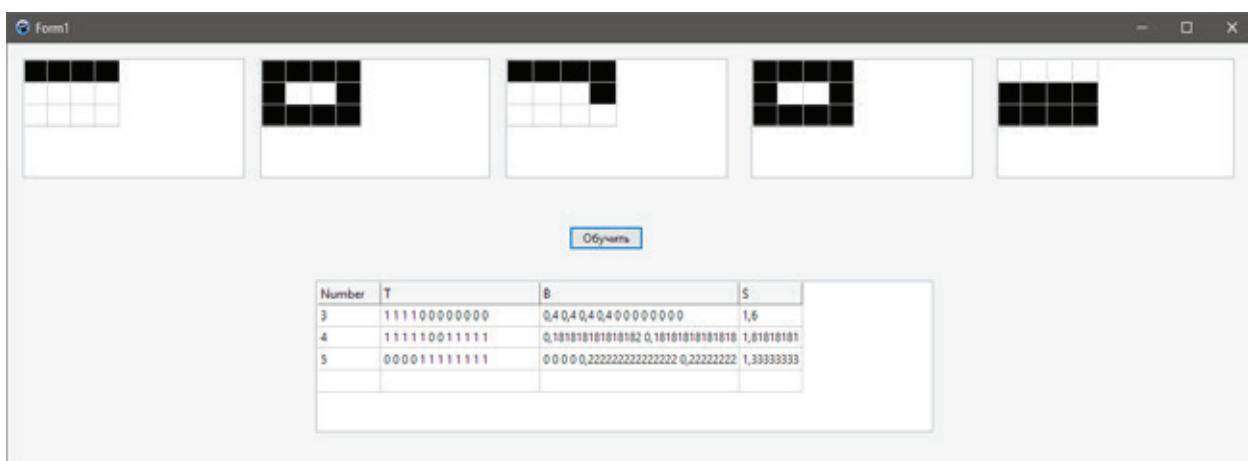


Рис. 5. Обучение сети АРТ

Типовые задачи, решаемые в контексте ИНС и представляющие научный и практический интерес, можно подразделить следующим образом:

1. Классификация образов. Задача состоит в указании принадлежности входного образа (например, речевого сигнала или рукописного символа), представленного вектором признаков, одному или нескольким предварительно определенным классам. К известным приложениям относятся распознавание букв, распознавание речи, классификация сигнала электрокардиограммы, классификация клеток крови [2, с.77].

2. Кластеризация/категоризация. При решении задачи кластеризации, которая известна также как классификация образов «без учителя», отсутствует обучающая выборка с метками классов. Алгоритм кластеризации основан на подобии образов и размещает близкие образы в один кластер. Кластеризация применяется для извлечения знаний, сжатия данных и исследования их свойств.

Таким образом, с помощью многослойного персептрона, используя алгоритм обратного распространения ошибки, можно решать задачи классификации, а при решении задач кластеризации можно использовать сети адаптивной резонансной теории.

#### Литература:

- Головко, В. А., под ред. проф. А. И. Галушкина Нейронные сети: обучение, организация и применение.— Москва: ИПРЖР, 2001 г.— 230 с.
- Толмачев, С. Г., Системы искусственного интеллекта. Нейросетевые модели: учебное пособие, Балт. гос. техн. ун-т.— СПб., 2011 г.— 170 с.

## Исследования особенностей развития нейронных сетей в современном мире

Журавлева Любовь Викторовна, студент;  
 Стригулин Кирилл Анатольевич, студент  
 Санкт-Петербургский государственный университет

*Статья посвящена исследованию различных сфер применения нейронных сетей для решения прикладных задач.*

**Ключевые слова:** нейронные сети, персептрон, нейрон

В современном мире, большое количество задач решается программным способом. Сейчас без труда можно посчитать дифференциальное уравнение или создать точный прогноз погоды. Задачи, которые считались трудновыполнимыми для человека ранее — теперь решает компьютер. Но существуют задачи, которые компьютеру решить не под силу. Безуспешно пытаться требовать компьютер рассказать о разнице между восприятием искусства ребенком и взрослым. Для решения данной проблемы в 50-х годах 20-го века были изобретены искусственные нейронные сети.

В последнее время в мире огромный интерес обращает на себя эта новая область прикладной математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях. Актуальность исследований в данной области подтверждается огромным количеством самых разнообразных практических применений ИНС.

### Теоретическая часть

Работа головного мозга заключается в непосредственной передаче электрического импульса через тесно взаимосвязанные нейроны, которые соединяются через так называемые «нейронные проводки», состоящие из аксонов, синапсов и дендритов. Самый первый искусственный нейрон представлял из себя переключатель, который в зависимости от полученной на входе информации, приводился в действие, либо оставался неактивным. На основе данной модели была построена первая нейронная

сеть [1]. В узле искусственной нейронной сети полученные сигналы умножались на веса синапсов и суммировались, полученные коэффициенты могли быть как положительными, так и отрицательными. В дальнейшем было доказано, что такие нейронные модели обладали свойствами, сходными с человеческим мозгом, поскольку могли выполнять свою работу, даже теряя некоторые связи между нейронами.

Искусственные нейронные сети создавались путём имитации на компьютере модели сетей нейронов. Пользуясь алгоритмами, имитирующими процессы реальных нейронов, можно провести обучение нейронной сети, что помогает решить множество различных проблем. На рис. 1 модель нейрона представляется как пороговая величина, таким образом она получает данные от различных внешних источников, определяя значение каждого входа и добавляя эти значения. Если значение общего входа превышает пороговое, то выход узла нейронной сети равен 1, если значение общего входа не превышает пороговое, то выход узла нейронной сети равен 0. Таким образом, выход может изменяться от 0 до 1, в то время как взвешенная сумма входов равна пороговой величине.

### Практическое применение

Искусственные нейронные сети применяются в различных областях науки: от обучения распознавания рукописного текста до классификации различных видов рака.

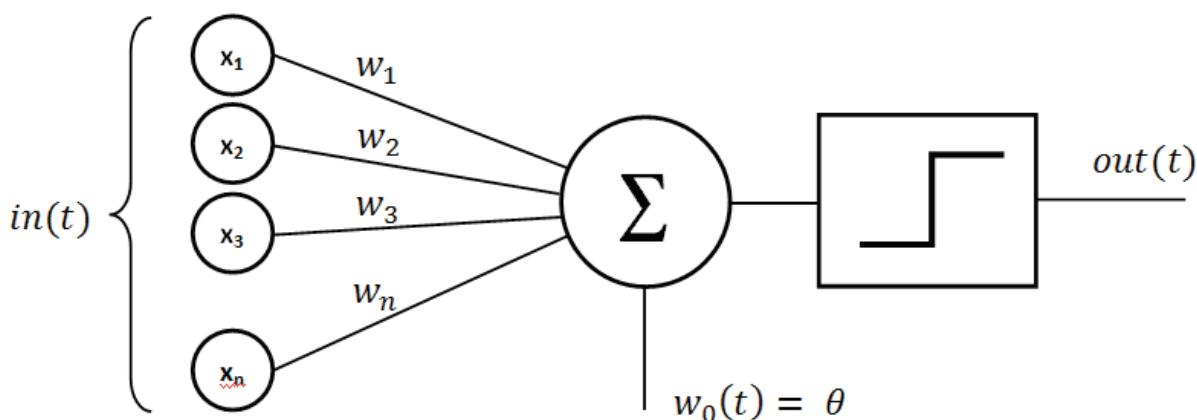


Рис. 1. Персептрон

Для обучения нейронной сети необходимо большое количество информации, поскольку невозможно добиться высокой точности работы ИНС на достаточно малом количестве данных. Так, к примеру, для анализа изображений, Google в качестве обучающего набора данных использовал информацию с видеохостинга YouTube.

В случае решения задачи распознавания речи, в качестве обучающей выборки использовалась серия аудиоклипов

с приложенными к ним описаниями. Первая представленная версия распознавания речи на основе нейронной сети содержала уровень ошибок, достигающий 25%, через три года результат был улучшен и составлял уже 8% ошибок.

Не только компания Google использовала нейронные сети для решения практических задач. Алгоритм распознавания лиц, предложенный Facebook (рис. 2), работает с точностью в 97%.

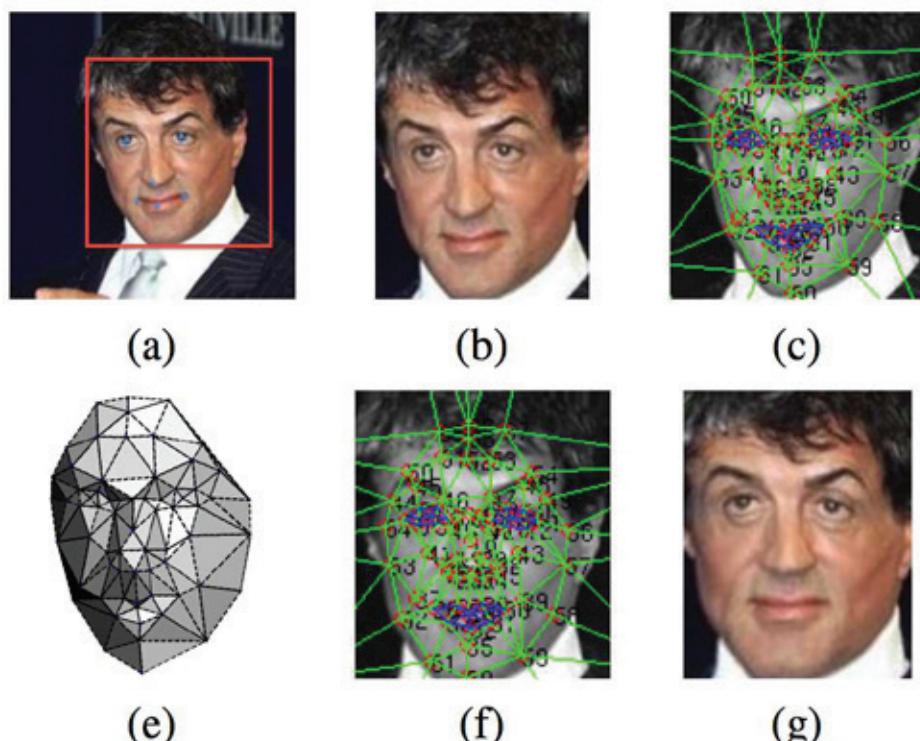


Рис. 2. Алгоритм DeepFace

Цифровой персональный ассистент Cortana от компании Microsoft достиг такой высокой точности, что

может различить породы пемброк-вельш-корги и кардиган-вельш-корги, представленные на рис. 3.

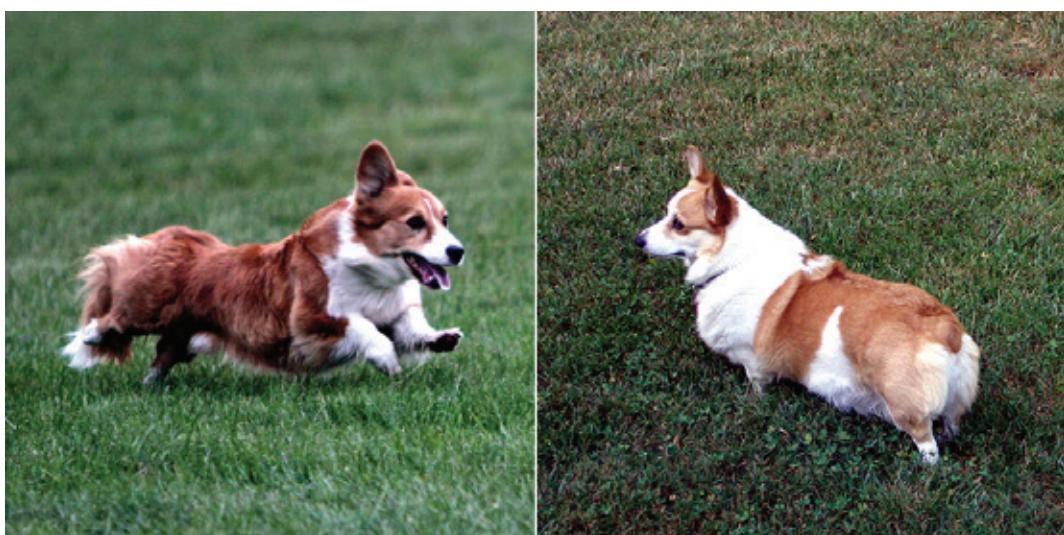


Рис. 3. Фотографии пемброк и кардиган-корги

На основе аппарата нейронных сетей проводятся исследования задач прогнозирования динамики цен на фондовом рынке. Точность данных исследований достигает 60–75% верно угаданных значений цены, а количество верно угаданных тенденций рынка — 90% [2].

Еще одним применением искусственных нейронных сетей являются задачи в области геологоразведки. К примеру, компанией Атосо используется ИНС для выделения характерных пиков в показаниях сейсмических датчиков. Надежность распознавания пиков — 95% по каждой сейсмо-линии. По сравнению с ручной обработкой скорость анализа данных увеличилась в 8 раз.

В некоторых областях искусственный интеллект достиг таких вершин, что стал превосходить профессионалов данной области. Так, например, программа AlphaGo, использующая нейронные сети, обыграла лучшего игрока Go за последнее десятилетие со счётом 4–1.

Также, нейронные сети используются для решения жизненно важных задач в медицине.

Исследователи из университета Дьюка обучили нейронную сеть распознавать маммограммы злокачественной ткани на основе восьми особенностей, с которыми обычно имеют дело радиологи. Данная сеть может решить задачу с почти 100% чувствительностью, а после лечения рака

молочной железы так же помогает эффективно предсказывать возникновение рецидива.

Сейчас можно говорить, что нейронные сети уже являются инструментом кардиодиагностики в Англии для предупреждения инфаркта миокарда. Данный пакет был разработан фирмой RES Informatica. Сеть продемонстрировала достаточно высокую точность при обнаружении инфаркта миокарда — 92% и лишь в 4% случаев дала ложный сигнал, подтверждающий диагноз.

Высокие результаты работы нейронных сетей в области медицины исходят из того, что качество работы экспертной системы всегда стабильно и не зависит от внешних человеческих факторов. Также, искусственная нейронная сеть способна извлекать и применять знания, ранее неизвестные современной медицине.

В последние несколько лет наблюдается огромный интерес к искусственным нейронным сетям. Они применяются в самых различных областях: в медицине, физике, технике. Нейросети вошли в практику везде, где есть необходимость решить задачи прогнозирования, классификации или управления. Огромный успех применения ИНС можно охарактеризовать несколькими причинами: они позволяют воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости и справляются с задачами высокой размерности.

#### *Литература:*

1. Розенблат, Ф. Принципы нейродинамики. Перцептроны и теория механизмов мозга. // М.: Мир, 1965, с. 302.
2. Мицель, А., Ефремова Е. Прогнозирование динамики цен на фондовом рынке // Социально-экономические и гуманитарные науки, Томск, 2006, с. 197–201.
3. Золин, А., Силаева А. Применение нейронных сетей в медицине // Актуальные проблемы науки, экономики и образования XXI века: материалы II Международной научно-практической конференции, 5 марта — 26 сентября 2012 года, Самара, с. 264–271.

## **Автоматизация процесса документооборота на предприятии**

Романова Юлия Алексеева, студент

Балтийский государственный технический университет «Военмех» имени Д.Ф. Устинова

*Целью статьи является модернизация подсистемы внешних пользователей в конфигурации 1С: ERP Управление предприятием. Новые функции подсистемы должны позволять клиентам формировать заявки на обслуживание, отслеживать состояния текущих заявок и производить контроль выполнения работ с помощью отчетов. Результатом модернизации подсистемы является возможность удаленного способа сотрудничества с предприятием.*

*Ключевые слова:* подсистема, заявка на обслуживание, ERP-система

**В** настоящее время основным фактором успеха компаний являются благоприятные взаимоотношения с клиентами. Именно новые потребности клиентов позволяют предприятиям малого и среднего бизнеса выходить на новые рынки, при этом использование компьютерных технологий помогает оптимизировать многие процессы и снизить затраты на них.

Всё больше предприятий различных масштабов по всему миру стремятся внедрить в свою работу средство управления, известное как ERP-система. В современном понимании ERP система (Enterprise Resource Planning) представляет собой интегрированную информационную систему управления предприятием. Она обеспечивает автоматизацию контроля, учета, планирования и анализа

всех бизнес процессов. В основе работы ERP системы лежит управление единым хранилищем данных, которое содержит всю необходимую корпоративную информацию: финансовую, производственную, кадровую и информацию по запасам [3, с. 130].

Ключевыми достоинствами конфигурации 1С: ERP Управление предприятия являются:

- большие функциональные возможности на уровне ERP-систем международного класса;
- средства для конфигурации информационной системы в конкретных условиях эксплуатации;
- адаптация под нужды бизнеса. Существуют различные модули, которые могут работать как в совокупности с базовыми функциями, так и отдельно от них.

Рассмотрим пример для предприятия, занимающимся разработкой, внедрением и консультированием по программным продуктам «1С». Заявки на обслуживание клиентов ведутся в информационной системе. В этом документе хранится информация об исполнителе заявки, стоимости работы (используется для расчета зарплаты), техническом задании, истории изменения статуса заявки («Принята», «В работе», «Завершена», «Отказано» и др.).

Процесс формирования заявки на обслуживание выглядит следующим образом.

Клиент пишет письмо, в котором в свободной форме излагает информацию о работе. Руководитель отдела внедрения связывается с ним для уточнения деталей задания, сроках работ, стоимости и передает данные новой заявки менеджеру. Далее менеджер вводит корректную и полную информацию о заявке на обслуживание в ИС.

В подсистеме «Управление продажами» конфигурации 1С: ERP Управление предприятием предусмотрено

возможность самостоятельной регистрации заказов клиентами через Интернет [2, с.76]. Клиенту дается доступ к информационной системе, в котором содержится логин и пароль для входа в подсистему внешних пользователей.

Следовательно, можно модернизировать подсистему таким образом, чтобы обеспечить возможность удаленного доступа клиента для работы с заявками на обслуживание.

Основными выявленными требованиями к подсистеме являются:

- создание новой заявки на обслуживание через удаленный доступ клиента;
- мониторинг состояния принятых к исполнению заявок;
- формирование отчета по результатам выполнения заявок.

Реализация этих требований позволит клиентам удаленно сотрудничать с предприятием.

Для отображения требований пользователя была разработана диаграмма вариантов использования, моделирующих функциональную (процессорную) структуру информационной системы посредством вариантов использования и отношений между ними представлена на рисунке 1.

Клиент предприятия через веб-браузер входит в подсистему внешних пользователей в конфигурации 1С: ERP Управление предприятием. Он может создать документ «Заявка на обслуживание», проконтролировать состояние текущих заявок и просмотреть общий отчет о заявках.

Руководитель отдела внедрения заходит в информационную систему компании и контролирует новые заявки на

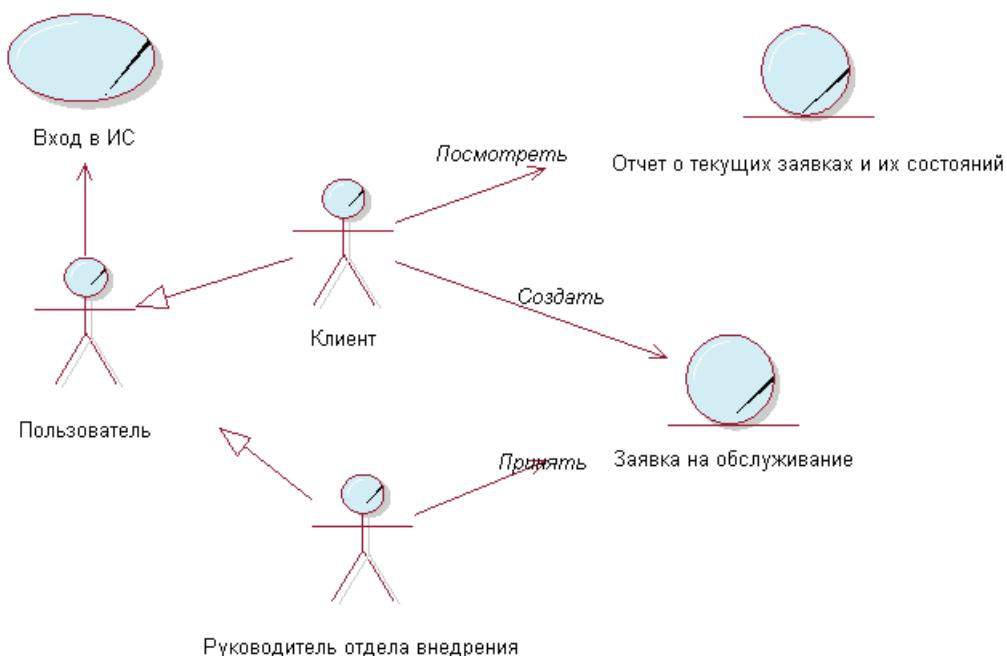


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

работу. После проверки введенных клиентами данных, руководить вводит заявку на обслуживание в работу и устанавливает документу соответствующий статус, который виден внешнему пользователю.

Заявка на обслуживание клиента представлена типовым документом «CRM\_Событие», который дополнен необходимыми реквизитами. Форма документа для клиента изображена на рисунке 2.

При выборе «Желательного исполнителя» пользователю предоставляется выбор только из тех сотрудников, с которыми уже были трудовые взаимоотношения. Если же сотрудников нет в списке, это означает что компания, которую представляет пользователь, еще не сотрудничала с предприятием.

Конечным результатом учета в любой программе являются отчеты — средство анализа данных, представления результата деятельности и ее итогов [4, с.140]. Отчет «Сводная ведомость по заявкам на работу» предназначен для анализа текущего состояния заявок на обслуживание.

Отчет выполнен с помощью системы компоновки данных, поэтому пользователю предоставлена возможность самостоятельно задавать параметры и условное оформление отчета [1].

Форма отчета изображена на рисунке 3.

Таким образом, модернизация подсистемы внешних пользователей облегчит работу с большими объемами информации при предоставлении информационных услуг клиентам.

**Заявка/ticket, Прочее, Розничный покупатель \***

Провести и закрыть Записать Провести

Ticket №: от: 08.06.2016 22 Тема: Модернизация внешней обработки №: 5 от: 05.06.16

Клиент: Розничный покупатель Задолженности нет <Задолженность по счетам>

Юр.лицо: Розничный покупатель Нет подписки на ИТС

Контактное лицо: Иванов Иван Иванович Нет дог. на услуги 1С

Описание Участники

Уровень обращения SLA: 5, Запрос на изменение Средство реализации: Отчеты и обработка

Техническое задание: Не требуется

Описание задачи:

Необходимо преобразовать внешнюю обработку по выгрузке остатков товаров в формате xml.  
Необходимые доработки:  
1. перенос обычной формы на управляемую  
2. доработка выбора остатков по запросу (на основании регистра накопления ЗапасыНаСкладах)  
3. добавление фильтра по складу  
4. добавление фильтра по номенклатуре

Ожидания заказчика  
Ожидаемый срок выполнения (согласованный): 07.07.2016 Плановые трудозатраты: 50,00 Желательный исполнитель: Романова Юлия

Рис. 2. Форма документа «CRM\_Событие» для клиента

**Сводная ведомость по заявкам на работу**

Сформировать Настройки... Варианты отчета Результат Найти... Еще

**Заявки на работы (tickets)**

Начало	Тема	Контактное лицо	Ожидаемый исполнитель	Ожидаемый срок выполнения (согласованный)
06.06.2016 12:32:47	Доработка отчета KPI	Малышева Александра	Малыгин Николай	
23.05.2016 16:04:17	в запросе "чужие" события (вероятно попали автоматически), с этой проблемой работают?	Корольков Дмитрий Вячеславович	Жуков Михаил	
23.05.2016 16:00:12	ОШИБКА: Печатная форма Счета на оплату	Корольков Дмитрий Вячеславович	Жуков Михаил	
12.05.2016 10:44:18	Печатная форма Документа «Заказ покупателя» под названием «Заказ на комплектацию»	Корольков Дмитрий Вячеславович		
28.04.2016 9:24:19	Доработка отчета «Контроль цен в Счетах»	Малышева Александра		
27.04.2016 9:18:41	1С медленно получает почту	Лосунов Юрий Дмитриевич	Малыгин Николай	
14.04.2016 14:55:43	Предпроектное обследование	Корольков Дмитрий Вячеславович		
05.04.2016 9:00:58	План-фактный анализ	Малышева Александра		22.04.2016
05.04.2016 8:58:37	Заполнение полей БазисПоставкиСчет	Малышева Александра		15.04.2016
05.04.2016 8:54:26	Формирование статус запроса	Малышева Александра		15.04.2016
05.04.2016 8:50:12	Отчет по расчету премии менеджеру	Малышева Александра	Малыгин Николай	29.04.2016
05.04.2016 8:47:07	Текущее сопровождение	Малышева Александра		30.04.2016

Рис. 3. Форма отчета «Сводная ведомость по заявкам на работу»

**Литература:**

1. 1С: Предприятие [Электронный ресурс] // URL: <http://www.v8.1c.ru>. (Дата обращения: 12.05.2016).
2. Амбрашина, Е. В.— Использование механизма расширенной аналитики в «1С: Управление производственным предприятием» / Е. В. Амбрашина ООО «1С-Паблишинг», 2013 г.— 177 с.
3. Архипова, Н. И. Исследование систем управления. Учебное пособие для вузов / Н. И. Архипова.— М.: «Издательство ПРИОР», 2002 г.— 214 с.
4. Дубянский, В. 1С: Предприятие. Конфигурирование и администрирование для начинающих / В. Дубянский, СПб: «БХВ-Петербург», 2010 г.— 170 с.

## **Семантический поиск документов, классифицированных в международной системе классификации патентов**

Суратов Владислав Алексеевич, студент;  
 Мартынов Родион Сергеевич, студент  
 Санкт-Петербургский государственный университет

Патентная система является основой учета современных продвижений в различных областях науки. Однако из-за серьезного прорыва в науке и технологии последних десятилетий патентные базы растут с огромной скоростью, что делает поиск необходимых патентов весьма трудоемкой задачей.

Для решения этой проблемы, а также для защиты прав интеллектуальной собственности, многие страны разработали свои системы учета изобретений. Например, в 1971 году была создана МПК — международная иерархическая система патентной классификации (International Patent Classification). В ней существует пять уровней иерархии:

1. Раздел — обозначается заглавной буквой латинского алфавита от А до Н.
2. Класс — обозначается двузначным числом.
3. Подкласс — заглавная буква всего латинского алфавита.
4. Группа — одно- или двузначное число.
5. Подгруппа — одно-, двух- или трехзначное число.

Каждый объект классификации состоит из индекса, который строится по принципу конкатенации обозначения каждого уровня с предыдущим, и описательной части. Группа и подгруппа разделяются наклонной чертой.

Однако у этой системы тоже есть несколько недостатков. Во-первых, некоторые подгруппы могут подчиняться другим подгруппам, при этом логика нумерации таких подгрупп четко не описана. Это может привести к неоднозначной трактовке индекса. Во-вторых, доступ к электронной базе данных представляет из себя специализированную поисковую машину, которая требует определенных знаний и навыков работы с ней со стороны пользователя. В-третьих, «язык» патентных документов для понимания также требует некоторой подготовки.

Целью данной работы является исследование методов классификации документов в терминах иерархической системы МПК, которое может упростить для ученых и ин-

женеров процесс поиска похожих патентов для нового изобретения.

Формально это можно выразить следующим образом:

Пусть задано некоторое множество текстовых документов:

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}.$$

Имеется обучающее множество документов:

$$D_{train} = \{d'_1, d'_2, \dots, d'_{n_{train}}\}.$$

Имеется тестовое множество документов:

$$D_{test} = \{d''_1, d''_2, \dots, d''_{n_{test}}\}.$$

При этом

$$D_{train} \cap D_{test} = \emptyset, \quad D_{train} \cup D_{test} = D.$$

Пусть задано дерево:

$$G = (C, E),$$

где  $E$  — множество его ребер, а  $C$  — множество его вершин. Каждая вершина соответствует определенному классу. Каждому листу дерева принадлежит некоторое подмножество текстовых документов из  $D$ .

Необходимо построить алгоритм, который сопоставит каждому документу  $d_i^t \in D_{test}$  ровно один лист, принадлежащий дереву  $G$  [2].

При этом решаются сопутствующие задачи выделения ключевых слов и определения похожих документов:

— Для входного документа  $A$  необходимо на основе обучающего множества  $D_{train}$  выделить список слов  $\{w_1, w_2, \dots, w_k\}$ , которые в наибольшей степени характеризуют данный входной документ. [4]

Перед тем, как приступить к классификации, каждый документ был обработан с использованием следующих методов:

- Токенизация
- Удаление стоп-слов
- Стемминг (стеммер Поттера) [3]

Для представления предварительно обработанных документов используется векторная модель. Каждый документ в коллекции необходимо рассматривать как точку пространства  $\mathbb{R}^n$ , где  $n$  — количество слов в словаре [5]. Координатами этой точки для документа является вес каждого термина.

Для каждого документа и каждого термина в документе можно определить следующие величины:

- $tf_{t,d}$  (term frequency) — количество вхождений термина  $t$  в документ  $d$ .

—  $idf_t = \log \frac{N}{df_t}$  (inverse document frequency) — обратная документная частота термина  $t$ .  $N$  — количество документов в коллекции.

Чтобы получить вес термина в каждом документе, необходимо скомбинировать данные величины [6]:

$$tf - idf_{t,d} = tf_{t,d} \cdot idf_t$$

Для оценки качества классификации использовались следующие числовые характеристики [8]:

Доля правильно предсказанных документов (accuracy):

$$Accuracy = \frac{P}{N}$$

где  $P$  — количество правильно классифицированных документов, а  $N$  — общее количество документов.

Пусть:

- $tp_c$  (true positive) — количество документов, верно приписанных к классу  $c$ .
- $fp_c$  (false positive) — количество документов, неверно приписанных к классу  $c$ .
- $tn_c$  (true negative) — количество документов, верно приписанных не к классу  $c$ .
- $fn_c$  (false negative) — количество документов, неверно приписанных не к классу  $c$ .

Точность (precision):

$$Precision_c = \frac{tp_c}{tp_c + fp_c}$$

Полнота (recall):

$$Recall_c = \frac{tp_c}{tp_c + fn_c}$$

F1-мера (F1-score) — представляет собой гармоническое среднее предыдущих двух величин:

$$F1 - score_c = 2 \frac{Precision_c \cdot Recall_c}{Precision_c + Recall_c}$$

Для классификации текстовых документов была взята библиотека scikit-learn, написанная на Python [7].

Вся коллекция документов содержит примерно 500 тысяч патентов. Она представляет собой таблицу в базе данных MS SQL, в которой указана основная информация по каждому патенту, а именно: автор, название, резюме и название компаний, которой принадлежит патент. Для классификации были использованы следующие алгоритмы:

1. Naïve Bayes (наивный байесовский классификатор).
2. K-nearest neighbours (k-ближайших соседей).
3. Метод опорных векторов (SVM).
4. SGD Classifier (метод стохастического градиента) [1]

Для сравнения выбранных алгоритмов был выбран конкретный раздел «G06F», в котором были взяты только четыре основные темы, а также несколько подтем, починающихся главным четырем, которые могут быть интересны ученым и инженерам, работающим в сфере разработки устройств или алгоритмов для ввода/вывода и различной обработки данных, а именно: G06F3, G06F7, G06F15, G06F17, G06F300, G06F301, G06F306, G06F700, G06F702, G06F706, G06F738, G06F1500, G06F1516, G06F15177, G06F1700, G06F1710, G06F1730, G06F1740.

Для сравнения используемых в данной работе алгоритмов классификации была сформирована произвольная (случайным образом) коллекция в размере 20000 документов. Каждый текстовый документ содержит название патента и резюме. Затем, произвольным образом 19000 документов были помещены в обучающее множество, оставшаяся тысяча документов была отнесена к тестовому множеству. Необходимо отметить, что на данном этапе и следующем этапе рассматривалась классификация первого уровня по главным четырем темам.

Оценки качества работы всех используемых алгоритмов представлены в Таблице 1.

Таблица 1

Сравнение алгоритмов классификации

	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
Naive Bayes	0.6020	0.5695	0.5040	0.5348
kNN	0.5620	0.5219	0.4610	0.4896
LinearSVC (SVM)	0.5990	0.5386	0.4995	0.5183
SGD Classifier	0.6330	0.6750	0.5064	0.5787

Как видно из представленных результатов, классификация методом стохастического градиента показывает лучший результат на случайной выборке. Следовательно,

разумно использовать данный алгоритм для более точной настройки, в частности, подбора оптимальных параметров (Таблица 2).

Таблица 2

## Оптимальные параметры для SGD Classifier

Количество обучений	72
Максимальная документная частота	1.0
Количество итераций	10
Значение параметра $\alpha$	0.0001

Сравнение результатов полученных классификаторов показано в таблице 3.

Таблица 3

## Сравнение оценок качества классификации

	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
Standart	0.6330	0.6750	0.5064	0.5787
Optimal	0.6340	0.7254	0.5073	0.5970

Странно отметить, что эти результаты отражают специфику коллекции. Все документы в той или иной степени относятся к одной общей теме — «Обработка цифровых данных с помощью электрических устройств», поэтому могут содержать схожие термины. Однако дальнейшая классификация по иерархии может дать лучший результат — документы относятся уже к более специализированным темам, поэтому различия между документами разных подклассов в одном классе усиливаются.

Идея алгоритма заключается в следующем. Сначала определяется класс верхнего уровня, затем, в зависимости от определенного здесь класса, выбирается класс нижнего уровня. Первый шаг довольно простой — классификатор с оптимальными параметрами был определен в предыдущих пунктах. Теперь необходимо обучить еще четыре классификатора, по одному на каждый класс верхнего уровня.

Оптимальные значения параметров классификации для каждого классификатора также были найдены при помощи GridSearchCV (Таблица 4).

Таблица 4

## Оценки качества для классификаторов

	Accuracy	Precision	Recall	F1-score
G06F3-standart	0.6882	0.7409	0.6971	0.7183
G06F3-optimal	0.7118	0.7783	0.6914	0.7322
G06F7-standart	0.7872	0.6755	0.6667	0.6710
G06F7-optimal	0.7979	0.6272	0.5958	0.6111
G06F15-standart	0.8286	0.7365	0.6699	0.7016
G06F15-optimal	0.8254	0.7410	0.6432	0.6886
G06F17-standart	0.7031	0.6967	0.6066	0.6485
G06F17-optimal	0.7007	0.7567	0.5724	0.6518

К сожалению, результат настройки параметров с помощью GridSearchCV дает не всегда лучшие показатели. Поэтому для классификаторов G06F7 и G06F15 будет применена стандартная параметризация.

В ходе экспериментов было определено, что метод стохастического градиента на случайной выборке показы-

вает лучший результат среди рассмотренных алгоритмов классификации. Также, было установлено, что качество классификации увеличивается при переходе на нижние уровни иерархии. Это можно объяснить тем фактом, что на нижних уровнях тексты имеют больше отличий друг от друга.

## Литература:

1. К. В. Воронцов. Математические методы обучения по прецедентам (теория обучения машин) // Курс лекций по машинному обучению. — 2011. — 141 с.

2. Киселев, М. В. Оптимизация процедуры автоматического пополнения веб-каталога // Интернет-математика, 2005. Автоматическая обработка веб-данных. — М., 2005. — с. 342–363.
3. Celine Vens, Jan Struyf, Leander Schietgat, Sašo Džeroski, Hendrik Blockeel. Decision trees for hierarchical multi-label classification // Machine Learning. — 2008. — Vol. 73, № . 2. — P. 185–214.
4. Susan Dumais, Hao Chen. Hierarchical Classification of Web Content, 2000.
5. C. D. Manning, P. Raghavan and H. Schütze. Introduction to Information Retrieval. — 2009. — Cambridge University Press. — P. 569.
6. Hastie, T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Data Mining, Inference, and Prediction // Springer Series in Statistics. — 2009. P. 758.
7. <http://scikit-learn.org/stable/modules/sgd.html>
8. F. Pedregosa, G. Varoquaux, A. Gramfort et al. Scikitlearn: Machine Learning in Python. // Journal of Machine Learning Research. — 2011. — Vol. 12. — P. 2825–2830.

## Анализ и прогнозирование безопасности дорожных маршрутов

Хачатрян Альберт Гагикович, студент

Санкт-Петербургский государственный университет

В результате проделанной работы удалось создать общедоступный веб-сервис, который на основе статистических данных об аварийности в Санкт-Петербурге за 2015 год, обрабатывает и анализирует произвольный маршрут, заданный пользователем (водителем или пешеходом). Выдает информацию о классе маршрута (опасный или безопасный) и дает рекомендации обходить или обойти наиболее опасные участки маршрута.

**Ключевые слова:** безопасность на дорогах, статистический анализ безопасности, классификация дорожных маршрутов

В данной работе исследуется проблема аварийности на дорогах общего пользования. Для исследования были собраны данные об аварийности на дорогах Санкт-Петербурга за 2015 год. При обработке данных была выдвинута основная цель работы, разработать общедоступный программный продукт направленный на повышение безопасности на дорогах.

Актуальность повышения уровня безопасности на дорогах продиктована тем, что дорожно транспортные происшествия (ДТП) являются частой причиной ущерба гражданам и угрозе их жизни и здоровью. Безопасность дорожного движения является одной из важных социально-экономических и демографических задач Российской Федерации.

Согласно данным государственной инспекции безопасности дорожного движения (ГИБДД), за 2015 год на территории Санкт-Петербурга и Ленинградской области произошло 7243 аварии. Из этого следует, что в прошлом году в среднем в день происходило около 20 аварий, что значительно меньше, чем показатели за 2014 год — 29 аварий. Однако получается, что практически каждый час на улицах Санкт-Петербурга происходит одна авария.

При обработке статистических данных о количестве и месте аварий в Санкт-Петербурге нами была поставлена задача придумать метод и реализовать общедоступный и понятный программный продукт-сервис, который строит маршрут как для водителей, так и для пешеходов, детально анализируя его и классифицируя как опасный или безопасный. Если существует несколько вариантов маршрутов, то сервис предложит наименее опасный из них. Также программа сообщит об особо опасных участках дороги, которые встретятся пользователю на его пути.

Таким образом, пользователь (водитель или пешеход) получает не только стандартную информацию, которую могут предложить современные карты или сервисы, но и детально разобранный по отрезкам (от перекрестка до перекрестка) маршрут с информацией об аварийности на каждом участке и классе всего маршрута (опасный или безопасный). В этом заключается новизна данной выпускной квалификационной работы.

При разработке метода были использованы данные с сайта ГИБДД. Данный сервис опирается на уже существующие программные решения в этой области: был использован вспомогательный сервис Google API, а именно технология Google Maps Directions API [3]. С помощью данной технологии строится маршрут, при этом пользователь видит только обычную карту с проложенным маршрутом, в то время как программа, используя данную технологию, получает координаты перекрестков, длину каждого участка, название улицы, а также общие сведения о маршруте — загруженность дорог и общее время пути.

Используя полученные данные, программа проводит заложенные в нее вычисления, а именно считается аварийность маршрута на 1 км и риск попасть в аварию на этом маршруте; в качестве ответа выдает класс построенного маршрута и выделяет наиболее опасные участки дороги.

## Основные задачи

Для решения выше описанной проблемы были собраны и обработаны данные об аварийности на территории Санкт-Петербурга за 2015 год. О каждой аварии известна следующая информация: день, когда произошла авария, район, в котором произошла авария, точный адрес ближайшего к месту аварии здания, вид аварии, количество машин, участвовавших в данной аварии, количество раненых и погибших.

Основные задачи исследования:

1. Осуществить анализ уровня безопасности построенного маршрута для водителя;
2. Осуществить анализ уровня безопасности построенного маршрута для пешехода;
3. Разработать общедоступный программный продукт, который позволяет анализировать любой маршрут построенный пользователем, с возможностью расширить сервис для всех регионов России.

## Математическая постановка задачи

Пусть из пункта  $A$  в пункт  $B$  существует несколько маршрутов, назовем их  $K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$ . Каждый маршрут состоит из нескольких участков — отрезков (от перекрестка до перекрестка), перекрестком будем считать смену одной улицы на другую. Обозначим участки маршрута следующим образом  $k_{ij}$ :

$$K_1 = (k_{11}, k_{12}, \dots, k_{1m_i}), K_2 = (k_{21}, k_{22}, \dots, k_{2m_i}), \dots, K_n = (k_{n1}, k_{n2}, \dots, k_{nm_i})$$

где  $i$  принимает значения от 1 до  $n$  и отвечает за выбор определенного маршрута,  $j$  принимает значения от 1 до  $m_i$  и отвечает за выбор конкретного отрезка  $i$ -го маршрута.

Обозначим за  $l_{ij}$  длину каждого участка  $k_{ij}$ , измеряемую в километрах.

Введем переменную  $d$ , которая будет обозначать день недели,  $d$  может принимать значения от 0 до 6, 0 — понедельник, 1 — вторник и т. д.

Обозначим за  $A^d$  количество аварий, которое произошло в Санкт-Петербурге в  $d$ -ый день недели. И введем переменную  $a_{ij}^d$  — количество аварий, которые произошли в  $d$ -ый день недели на  $j$ -ом отрезке  $i$ -го маршрута.

**Определение 1.** Уровнем аварийности на участке  $k_{ij}$  в день  $d$  будем называть долю аварий, которая находится на этот участок, в общем числе аварий произошедших в Санкт-Петербурге в этот день. Обозначим аварийность буквой  $D_{ij}^d$  и будем считать по следующей формуле

$$D_{ij}^d = \frac{a_{ij}^d}{A^d}.$$

Таким образом, получаем долю аварий в  $d$ -ый день недели на  $j$ -ом отрезке  $i$ -го маршрута.

**Определение 2.** Под уровнем аварийности приходящейся на 1 км участка  $k_{ij}$  будем называть величину  $x_{ij}^d$ , которая считается следующим образом

$$x_{ij}^d = \frac{D_{ij}^d}{l_{ij}}.$$

Теперь для каждого маршрута можно составить выборку из случайных величин, которую будем обозначать  $X_i^d$

$$X_i^d = (x_{i1}^d, x_{i2}^d, \dots, x_{im_i}^d),$$

где  $i$  пробегает значения от 1 до  $n$ ,  $d$  — от 0 до 6.

**Определение 3.** Под уровнем аварийности  $i$ -го маршрута будем называть выборочное среднее  $X_i^d [2]$ , которое считается следующим образом

$$\bar{x}_i^d = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} x_{ij}^d.$$

**Определение 4.** Риском попасть в аварию будем называть выборочное среднее квадратическое отклонение, вычисленное для  $i$ -го маршрута. Обозначим как  $s_i^d [2]$  и будем вычислять по следующей формуле

$$s_i^d = \sqrt{\frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} (x_{ij}^d - \bar{x}_i^d)^2}.$$

Опираясь на вычисления, приведенные выше, а именно, анализируя уровень аварийности маршрута и риск попасть в аварию, маршрут классифицируется как опасный или безопасный. Если маршрутов несколько, то пользователю предлагается наименее опасный из них.

Анализируя уровень аварийности на участке  $k_{ij}$ , выявляются самые аварийные участки дорог, и предлагается пользователю по возможности их объехать.

### **Алгоритм анализа построенного маршрута**

Подсчитанное количество аварий на каждом участке делится на общее количество аварий в данный день недели. Тем самым мы находим долю аварийности, приходящуюся на данный отрезок пути ( $D_{ij}^d$ ).

Полученные данные из пункта два делим на длину каждого отрезка и находим долю аварийности, которая приходится на 1 км отрезка ( $x_{ij}^d$ ).

Считаем среднюю аварийность на 1 км по всем отрезкам и получаем аварийность, которая приходится на 1 км всего маршрута ( $\bar{x}_i^d$ ).

Далее находим выборочное среднее квадратическое отклонение по аварийности на 1 км по каждому отрезку и получаем риск попасть в аварию по данному маршруту ( $s_i^d$ ).

При анализе полученных данных из пункта 4 и 5 происходит классификация маршрута на опасный и безопасный. Также при анализе данных из пункта 3 выявляются наиболее опасные участки маршрута.

В случае, когда Google API предложит несколько вариантов маршрутов, то будет произведен аналогичный анализ для каждого маршрута. Рассмотрим случай, когда будет возвращено 3 варианта маршрута.

Разберем подробнее то, что изображено на рис. 1. Из пункта  $A$  в  $B$  можно попасть тремя способами, первый маршрут  $K_1 = (k_{11})$ , состоит только из одного отрезка. Второй маршрут состоит из трех отрезков  $K_2 = (k_{21}, k_{22}, k_{23})$ , и соответственно третий маршрут из четырех отрезков  $K_3 = (k_{31}, k_{32}, k_{33}, k_{34})$ . Каждый маршрут проходит по алгоритму анализа, который представлен выше. Для каждого маршрута будет посчитано значение  $\bar{x}_i^d$  и  $s_i^d$ . И пользователю будет предложен тот маршрут у которого наименьшие показатели риска и аварийности в данный день недели, а также будет выведена информация о классе построенного маршрута.

### **Заключение**

В результате проделанной работы удалось создать общедоступный сервис [5], который на основе статистических данных об аварийности в Санкт-Петербурге за 2015 год, обрабатывает и анализирует произвольный маршрут, заданный пользователем (водителем или пешеходом). Выдает информацию и дает рекомендации объехать или обойти наиболее опасные участки маршрута.

В работе используются данные об аварийности в городе Санкт — Петербург за 2015 год, но как отмечалось выше, программный продукт собран таким образом, чтобы с минимальными правками расширить работу сервиса для всех регионов России. Проблема состоит только в автоматизации получения данных об аварийности.

Также в данной работе маршрут классифицируется как опасный или безопасный по правилу, которое было выявлено опытным путем, было построено некоторое количество маршрутов и, исходя из этих показателей, было выдвинуто правило. Но в случае, когда сервисом воспользуются свыше 500 человек, можно будет обновить сервис, добавив в него

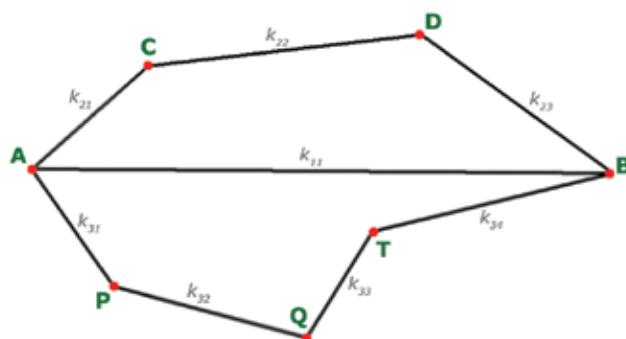


Рис. 1. Маршруты из А в В

клusterный анализ. Таким образом, чтобы после каждого нового маршрута правило классификации пересчитывалось, и, тем самым, можно добиться более точной классификации.

Воспользоваться представленным сервисом можно на сайте [avariyamnet.ru](http://avariyamnet.ru).

#### *Литература:*

1. Официальный сайт ГИБДД. <http://www.gibdd.ru>.
2. Буре, В. М., Парилина Е. М. Теория вероятностей и математическая статистика, издательство «Лань», 2013. 416 с.
3. Google Maps API. <https://developers.google.com/maps/?hl=ru>
4. Робин Никсон, Создаем динамические веб-сайты с помощью PHP, MySQL и JavaScript, 2011. 418 с.
5. Сервис представленный в данной работе. <http://avariyamnet.ru>.

## Алгоритмы распознавания объектов

Цветков Александр Андреевич, магистрант;

Шорох Данила Кириллович, магистрант;

Зубарева Мария Георгиевна, магистрант;

Юрков Сергей Валерьевич, магистрант;

Шуклин Алексей Владимирович, магистрант;

Хамуш Аниш Ленин, магистрант;

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Ануфриев Иван Борисович, студент

Московский технологический университет

*В данной статье рассмотрены алгоритмы распознавания объектов на изображении, проведен анализ методов, применяемых при обработке изображений, а также описано использование средств машинного обучения в рамках работы с изображениями*

**Ключевые слова:** распознавание образов, обработка изображений, компьютерное зрение, машинное обучение

Существует множество методов распознавания объектов на изображении. Выбор конкретных методов обусловлен, особенностями объекта, который требуется распознать. Часто бывает, что задача распознавания ставится неформальным образом — свойства искомого объекта задаются без строгих математических параметров. Для решения такой задачи необходимо сформулировать свойства нужного объекта и создать устойчивый метод для обнаружения объектов, соответствующих заданным параметрам.

Для решения поставленной задачи необходимо найти, обобщить и сформулировать в математических терминах эмпирические наблюдения. То есть формализовать параметры искомого объекта.

Главная трудность состоит в том, что описать все свойства практически невозможно и эти свойства могут соответствовать не всем объектам. Поэтому, в процессе математической формализации допускаются упрощения, которые в результате, снижают качество алгоритма и понижают точность.

В итоге можно сказать, что при решении задачи распознавания необходимо найти оптимальное соотношение сложности вычислений и желаемой точности.

### **Примитивы Хаара**

Главными критериями качества признаков для решения широкого спектра задач связанных с распознаванием, в том числе, зрительных образов являются разделяющие свойства признаков, а так же сложность их получения. Так же учитывается важность того, что необходимо как можно быстрее найти область нужного объекта. Это возможно только при классификации большого числа элементов при обработке каждого изображения.

Для решения задач, связанных с распознаванием удобно использовать достаточно простые алгоритмы получения признаков, к примеру, использование алгоритмов распознавания на основе примитивов Хаара. Примитивы Хаара представляют собой результат сравнения яркости в двух прямоугольных областях (рис. 1).

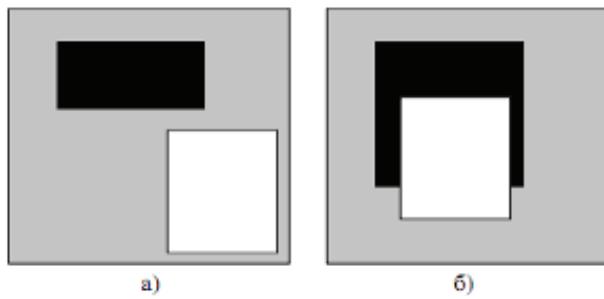


Рис. 1. Признаки, используемые для распознавания объектов:  
а) – пересекающиеся области; б) – непересекающиеся области

Признак для данной области (отклик) на представленное свойство можно вычислить используя выражение (1) [1]:

$$R = \frac{S\delta}{N\delta} - \frac{S\chi}{N\chi} \quad (1)$$

Для областей, которые не пересекаются (рис. 1а), и

$$R = \frac{S\delta}{S\delta} - \frac{S\chi - S\chi \cap \delta}{N\chi - N\chi \cap \delta} \quad (2)$$

Для пересекающихся областей (рис. 1б). Черная и белая области обозначается «Ч» и «Б» соответственно. Пересекающаяся область обозначается  $\chi \cap \delta$ . Индексом S обозначим сумму яркостей находящихся под областью пикселей изображения, индексом N обозначим количество пикселей, находящихся в этой же области.

Таким способом получаем отклики, означающие разность средних яркостей пикселей, находящихся в обрабатываемом изображении, которые находятся под белой и черной частями изображения. (рис. 1а, б).

Преимущество откликов подобного свойства в том, что они не зависят от масштабирования изображения, а также смещения по шкале яркости. Помимо вышеизложенных формул для вычисления откликов на указанную область изображения возможно использовать следующие формулы:

в случае непересекающихся областей:

$$R = S\delta - S\chi \quad (3)$$

Для пересекающихся областей:

$$R = S\delta - (S\chi - S\chi \cap \delta) \quad (4)$$

в случае непересекающихся областей

$$R = \begin{cases} 1, & \frac{S\delta}{N\delta} > \frac{S\chi}{N\chi} \\ -1, & \frac{S\delta}{N\delta} \leq \frac{S\chi}{N\chi} \end{cases} \quad (5)$$

Для пересекающихся областей:

$$R = \begin{cases} 1, & \frac{S\delta}{N\delta} > \frac{S\chi - S\chi \cap \delta}{N\chi - N\chi \cap \delta} \\ 1, & \frac{S\delta}{N\delta} \leq \frac{S\chi - S\chi \cap \delta}{N\chi - N\chi \cap \delta} \end{cases} \quad (6)$$

Если смотреть с позиции инвариантности значений свойств касаемо возможных яркостных преобразований изображений, использование формул (5, 6) для вычисления значений откликов является наиболее целесообразным.

Используя эти выражения, получаем значения свойства, которые будут инвариантными к любым возможным линейным преобразованиям (монотонно возрастающим) яркости, при условии, что преобразования не изменят классовую принадлежность, но допускается значительное изменение яркостного распределения.

К подобным преобразованиям относят изменение контраста и яркости, применяемые при обработке фото- и видеоданных во многих устройствах, для повышения качества изображения.

### **Adaptive Boosting**

Существует такой подход к решению задач распознавания (классификации) как усиление простых классификаторов. Подход основан на комбинировании нескольких простых классификаторов в один более сильный. Эффективность классификатора — сила, это качество решения поставленной задачи классификации.

В этом разделе описано семейство алгоритмов, в основу которых лег алгоритм AdaBoost (от английских слов «adaptive — адаптивность» и «Boosting — усиление») который был описан в 1996 Yoav Freund и Robert E. Schapire [11]. Данный алгоритм успешно применяли для решения широкого круга задач, связанных с распознаванием на изображении, в том числе для поиска и распознавания лиц. Этот подход до сих пор успешно используется во многих областях и продолжаются как прикладные, так и теоретические исследования алгоритмов AdaBoost.

В основе методов распознавания, основанных на усилении простых классификаторов, находится следующая идея [6]: совместить несколько простых (элементарных) признаков для того, чтобы скомбинированный признак получился более мощным.

Рассмотрим пример с автомобильными гонками: пусть человек, знакомый с миром автоспорта решит разработать программу, помогающую определять победителя и предсказывающую шансы на победу различных спортсменов. В результате просмотра некоторого количества соревнований и проведя опрос зрителей, которые делают ставки, этот человек выделил несколько имперических правил:

Нужно ставить на машину, победившую в четырех предыдущих кругах;

Нужно ставить на машину, на которую максимальное количество ставок;

Фаворитами всегда являются чемпионы предыдущих гонок и т. д.

Понятно, что любое из вышеперечисленных правил ненадежно и использовать эти правила по отдельности нецелесообразно. Поэтому, возникает необходимость оптимально скомпоновать эти правила для достижения надежного результата.

Набор алгоритмов, работающих с использованием метода усиления простых классификаторов, позволяет собрать простые признаки таким образом, что бы получить один, но более сильный признак.

Рассмотрим один из первых алгоритмов из этой группы — AdaBoost. На основе этого алгоритма была построена на данный момент наиболее эффективная по качеству распознавания и скорости выполнения пославленной задачи система распознавания объектов на изображении — Viola-Jones ObjectDetector [10]. В числе основных достоинств методов AdaBoost можно отметить:

Высокая скорость работы;

Высокая эффективность (точность);

Простота реализации [5].

Пусть нужно создать функцию классификации  $F: X \rightarrow Y$  где  $X$  — пространство векторов признаков,  $Y$  — пространство меток классов. Пусть, у нас в распоряжении имеется обучающая выборка  $(x_1, y_1, \dots, x_N, y_N)$ . Где  $x_i \in X$  вектор признаков, а  $y_i \in Y$  метка класса, к которому принадлежит  $x_i \in X$ . Далее рассмотрим задачу с двумя классами, то есть

$Y = \{-1; +1\}$  Также у нас есть семейство простых классифицирующих функций  $H: X \rightarrow Y$ . Давайте построим итоговый классификатор в следующем виде:

$$F(x) = \text{sign} \left[ \sum_{m=0}^M \alpha_m h_m(x) \right] \quad (7)$$

Где  $\alpha_m \in R, h_m \in H$ . Теперь, создадим итеративный процесс, в котором будет добавляться новое слагаемое на каждом шаге

$$f_m = \alpha_m h_m(x) \quad (8)$$

Причем вычислять будем с учетом уже созданной части нашего классификатора.

1. Пусть  $(x_1, y_1, \dots, x_N, y_N)$  обучающая выборка, а  $D_0(i) = \frac{1}{N} 2$ . Для каждого шага  $m = 1, 2, \dots, M$ . 2.1 Выберем лучший слабый классификатор  $h_m(x) \in H$  а распределении  $D_m(i)$   $h_m = \text{argmin} \left( e_m = \sum_{i=1}^N D_m(i) \cdot (h_m(x_i) \neq y_i) \right)$  (9)

2.2 Вычислим коэффициент

$$\alpha_m = \log \frac{1 - e_m}{2} \quad (10)$$

2.3 Запоминаем  $f_m = \alpha_m h_m(x)$  обновляем распределение

$$D_{m+1}(i) = \frac{D_m(i) \exp(-y_i f_m(x_i))}{Z_i} \quad (11)$$

3. Составляем сильный классификатор следующим образом:

$$F(x) = \text{sign} \left[ \sum_{i=1}^M f_i(x) \right] \quad (12)$$

Для каждого шага примера  $(x_i, y_i)$  бучающей выборки вычислим его вес: пусть  $D_0(i) = \frac{1}{N}$  тогда

$$D_{m+1}(i) = \frac{D_m(i) \exp(-y_i f_m(x_i))}{Z_i} \quad (13)$$

где  $Z_i$  нормализующий коэффициент, причем

$$\sum_{i=1}^N D_{m+1}(i) = 1 \quad (14)$$

После присвоения значения веса каждому элементу обучающей выборки задается уровень важности именно этого примера для каждого шага обучающего алгоритма. В зависимости от веса элемента, алгоритм прикладывает разные «усилия», чем больше вес, тем сильнее алгоритм пытается классифицировать этот пример как правильный.

Исходя из формул, видно, что вес примера зависит от уверенности распознавания на предыдущих шагах, т. е.

По сути, веса варьируются таким образом, чтобы классификатор, который используется на данном этапе, сосредотачивался на примерах, которые на предыдущих этапах не справились. То есть, на каждом этапе алгоритм работает с той частью данных, которую алгоритм на предыдущих шагах плохо классифицировал. В итоге, соединяются результаты промежуточных этапов.

Следующий классификатор выберем, учитывая взвешенную с распределением  $D_m$ шибку. Возьмем (будем тренировать)  $h_m \in H$  оторый минимизирует взвешенную ошибку классификации

$$e_m = \sum_{i=1}^N D_m(i) \cdot (h_m(x_i) \neq y_i) \quad (15)$$

Отметим тот факт, что при рассмотрении  $D_m$  качестве распределения вероятности над  $X$ , что верно так как

$$\sum_{i=1}^N D_{m+1}(i) = 1 \quad (16)$$

то

$$e_m = \Pr_{x \sim D_m} [h(x) \neq y] \quad (17)$$

Теперь вычисляем вклад слагаемого функции классификации на текущем этапе

$$\alpha_m = \log\left(\frac{1 - e_m}{e_m}\right) \quad (18)$$

Процесс продолжается до шага  $M$ , который задается самостоятельно.

#### Простые классификаторы

Теперь давайте рассмотрим основу всех методов усиления простых классификаторов — простые классификаторы вида  $H: X \rightarrow Y$ . Разберем пример: пусть данные, которые подаются на вход — это  $n$ -мерные вектора  $X = R^n$  тогда

$$H = \begin{cases} h^{\Theta, k}(x = (x_1, \dots, x_k, \dots, x_n)) = \begin{cases} 1, & x_k > \Theta \\ -1, & x_k < \Theta \end{cases} \end{cases} \quad (19)$$

это порог по  $k$ -той координате. Несмотря на свою простоту, этот классификатор, усиленный алгоритмом AdaBoost, дает весьма впечатляющие результаты [4]. Система поиска объектов на изображении Viola-Jones находит 95 % всех искомых объектов и с 0.001 % ложных срабатываний.

Основное свойство, которым должен обладать простой классификатор — вероятность ошибки должна быть меньше  $\frac{1}{2}$ . То есть нужно, что бы он работал точнее чем орел — решка:

$$\exists \gamma > 0 : \Pr_{x \sim D_m} [h(x) \neq y] \leq \frac{1}{2} - \gamma \quad (20)$$

#### Механизм AdaBoost

По сути, AdaBoost выполняет две основные задачи:

Отбирает простые классификаторы (простые признаки);

Комбинирует отобранные классификаторы (признаки).

Первая задача решается путем отображения пространства входных векторов в пространство значений простых классификаторов:

$$x = (x_1, x_2, \dots, x_N) \rightarrow (h_1(x), h_2(x), \dots, h_M(x)) \quad (21)$$

Простые классификаторы соединяются линейно, т. е. путем составления линейной комбинации, а принятие решения зависит от знака этой комбинации.

Таким образом, пространство значений простых классификаторов разделяется гиперплоскостью, и решение принимается в зависимости от того, с какой стороны этой гиперплоскости находится отображение вектора признаков.

То есть, итоговый классификатор сначала создает отображение в некоторое пространство, как правило, с разрядностью большей, чем исходное, где производится линейная классификация.

Во время тренировки алгоритм поэтапно производит отображение и создает гиперплоскость.

Существует интерпретация семейства алгоритмов на основе AdaBoost, которая опирается на понятие граней. Для алгоритма AdaBoost понятие грани определяется так:

$$\mu(x, y) = \frac{\sum_{m=1}^M y \cdot f_m(x)}{\sum_{m=1}^M \alpha_m} \quad (22)$$

Полученное значение этой величины можно принять за меру «уверенности» классификатора в примере  $(x, y)$ . В случае правильной классификации грань больше нуля, иначе — отрицательная. Размер грани зависит от количества классификаторов, которые правильно классифицируют пример, чем их больше — тем больше грань [8].

Учитывая тот способ, которым вычисляется вес каждого примера, заметно, что на каждом этапе алгоритм старается максимально увеличить наименьшую грань обучающей выборки. Считается, что данный подход благоприятно влияет на обобщающие способности алгоритма [3].

В настоящее время методы распознавания, основанные на усилении простых классификаторов, пользуются большой популярностью и являются весьма эффективными методами классификации. Учитывая высокую скорость работы алгоритма, простоту его реализации и высокую степень эффективности, эти методы получили широкое распространение в областях связанных с распознаванием образов (в медицине, при анализе текста, изображений и т. д.)

### **Метод Виолы-Джонса**

В классическом методе Виолы — Джонса применяются признаки прямоугольной формы, такие как изображены на рисунке 2.

В дополненном методе Виолы — Джонса, который используется в библиотеках OpenCV, применяются признаки, дополненные примитивами [5], изображенными на рис. 3.

Для вычисления значения признака подобного типа применяется формула (23)

$$F = X - Y \quad (23)$$

где  $X$  — суммарное значение яркостей точек закрытых светлой частью признака, а  $Y$  — суммарное значение яркостей точек закрытых темной частью признака. Примитивы Хаара дают точечное значение перепада яркости по оси  $X$  и  $Y$  соответственно [9].

### **Алгоритм Хафа**

В основе алгоритма Хафа лежит метод обнаружения линий на изображении. Использование этого метода дает возможность задавать параметры поиска линий или семейства кривых и находить на изображении множество кривых данного семейства.

Пусть, имеются точки в пространстве  $R^m$  : (24)

Семейство кривых задано параметрически:

$$F(\varphi, x) = 0 \quad (25)$$

$F$  — екая функция,  $\varphi$  — ктор параметров семейства кривых,  $x$  — оординаты точек пространства  $R^m$ . Значение  $\varphi$  пределяет каждую кривую, а множество значений  $\varphi$  — бразуют пространство всех кривых заданного семейства.

В теории, этот метод можно применять не только на плоскости, но и в  $n$ -мерном пространстве. Но на практике используется, в основном, поиск в 2-х мерном пространстве, так как сложность алгоритма достаточно высока [7].

Стандартный алгоритм состоит из следующих шагов:

Выбор шага дискретизации;

Заполнение матрицы;

Анализ матрицы;

Выделение кривых.

На первом шаге осуществляется выбор сетки дискретизации. При выборе сетки важно найти оптимальный размер, так как в случае слишком большой сетки есть вероятность попадания точек, которые лежат на разных кривых. Если выбрать слишком мелкую, то существует вероятность размытия максимумом искомой кривой, так как точки одной кривой могут попасть в разные ячейки.

Второй шаг является наиболее трудоемким этапом в алгоритме, сложность которого зависит размерности пространства и частоты дискретизации. Количество ячеек возрастает с увеличением размерности и уменьшением сетки.

Существует несколько модификаций стандартного алгоритма Хафа:

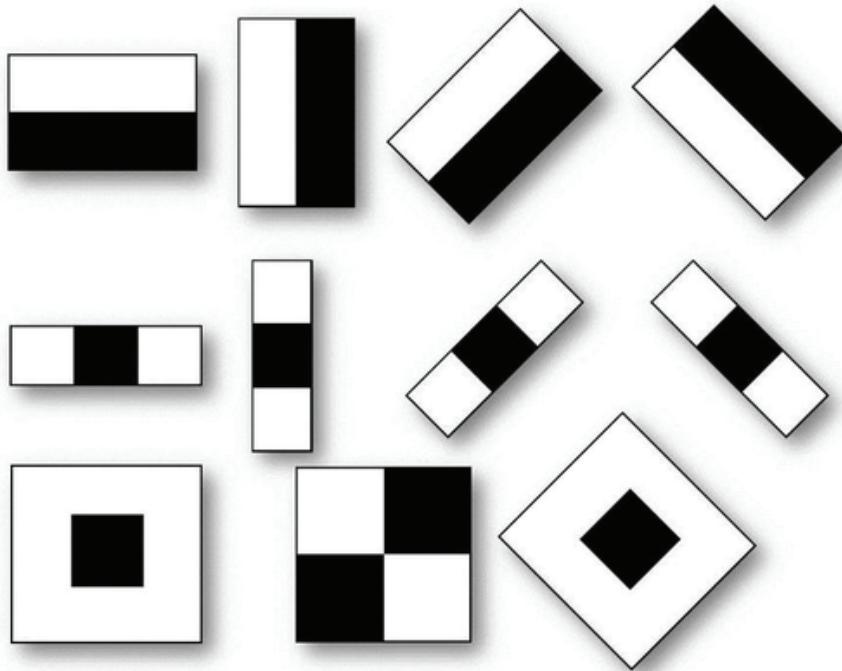


Рис. 2. Примитивы Хаара

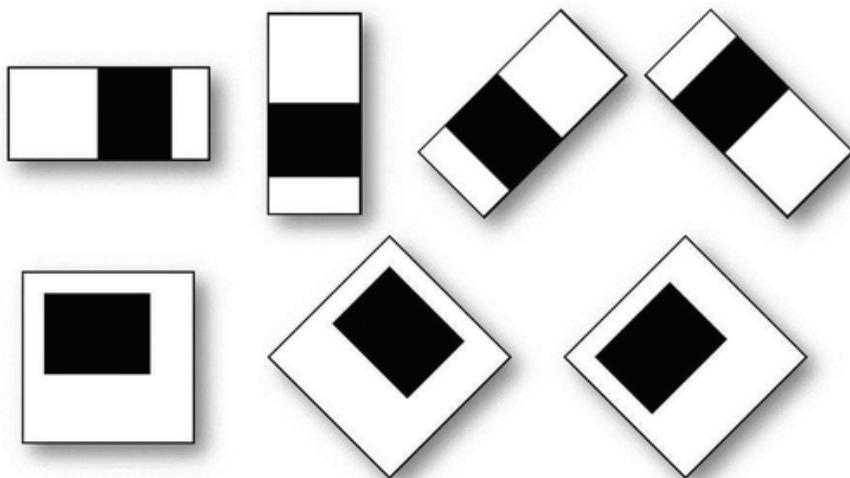


Рис. 3. Примитивы Хаара, используемые в расширенном методе

*Комбинаторное преобразование Хафа*

Этот метод создавался для обнаружения прямых линий на изображении. При такой постановке задачи мы работаем с плоским бинарным изображением. Считаем, что интересующие нас точки имеют один цвет, фон имеет другой. Отличия от стандартного метода в том, чтобы разбить изображение на маленькие участки. Далее на каждом из этих участков определяются параметры точек, через которые проходит прямая. После этого, параметры заносятся в некую ячейку и счетчик увеличивается. Таким образом происходит сокращение количества переборов. В случае малого числа точек, попадающих в участок, и уменьшения сетки дискретизации число записей сокращается.

*Иерархическое преобразование Хафа;*

Другой метод поиска линий на бинарном изображении:

Исходное изображение разбивается регулярной сеткой

Используя преобразование Хафа, в каждом фрагменте обрабатываемого изображения обнаруживаются прямые, производится иерархическое слияние

На каждом этапе алгоритма мы рассматриваем четыре соседних фрагмента. На каждом участке выделяются линии, которые затем объединяются, используя преобразование Хафа, и тем самым объединяются фрагменты. В случае, если линия не сливается с линиями из соседних участков, то она более не рассматривается. Дальнейшее слияние происходит до получения общего изображения. Таким образом снижается сложность выполнения, так как при разбиении можно

использовать более крупную сетку. Недостатком является то, что линия, имеющая большую длину, может представляться несколькими линиями, в результате того, что концы линии на низких уровнях могут не быть коллинеарными.

#### *Адаптивное преобразование Хафа*

Этот метод создан для уменьшения места, необходимого для хранения матрицы и увеличения производительности поиска кривых линий. При работе алгоритма используется матрица малого размера. Этапы работы:

Выбор матрицы маленького размера;

Размер ячейки матрицы уменьшается с каждой итерацией, до тех пор, пока не будет достигнут заданный размер;

Заполнение матрицы происходит стандартным способом;

Нахождение ячейки с максимальной величиной счетчика, после чего эта ячейка считается новым фазовым пространством.

Выделение кривой.

Основными преимуществами является уменьшенная сложность и сетка дискретизации, которая уточняется на каждом этапе. Недостатком этого метода является то, что в случае с несколькими кривыми из одного семейства возникает необходимость повторения всего алгоритма для каждой из них.

#### **Алгоритм сравнения с шаблоном**

Основной принцип этого метода состоит в том, что бы сравнивать обрабатываемое изображение с имеющимся шаблоном-изображением. Задача алгоритма заключается в поиске областей, совпадающих с шаблоном. Для работы алгоритма необходимо иметь исходное изображение и шаблон. Процесс происходит следующим образом:

Обрабатываемое изображение накладывается на шаблон;

Изображение перемещается по шаблону в поисках совпадений;

При каждом изменении положения изображения вычисляется метрика, отражающая совпадение. Метрика записывается в итоговую матрицу  $R$  для каждого положения в виде  $(x, y)$ . По окончанию сравнения совпадения находятся в глобальных максимумах или минимумах, в зависимости от выбранного метода. Существуют методы сравнения с шаблоном используя методы наименьших квадратов, корреляции и пр.

Алгоритм сравнения с шаблоном, но основе метода наименьших квадратов

Пусть  $R(x, y)$  — результирующая матрица.

$$R(x, y) = \sum_{x, y} (T(x', y') - I(x + x', y + y'))^2 \quad (21)$$

$x'$ ,  $y'$  — кущие координаты шаблона.

$x' = 0 \dots w - 1$ ;  $y' = 0 \dots h - 1$  где  $w$  — ширина, а  $h$  — высота шаблона.

Данный метод является самым простым алгоритмом распознавания изображения, но имеет достаточно низкую точность.

#### **Сегментация изображения**

Сегментация изображений играет важную роль в системах компьютерного зрения для решения задач, связанных с распознаванием сцен и выделения (определения) объектов.

Существуют определенные требования, предъявляемые к обрабатываемым областям:

- Области должны быть однородными относительно заданных характеристик, т.е. внутренняя часть области должна быть простой, не имеющей большого числа отверстий, не относящихся к данной области;
- Смежные области должны иметь существенные отличия по характеристикам, относительно которых они считаются однородными;
- Границы между сегментами быть достаточно явными.

Сегментация является важной процедурой, так как результаты выполнения данной процедуры значительно влияют на дальнейший процесс анализа изображения.

Существуют следующие алгоритмы сегментации:

- Пороговая обработка;
- Классификация пикселей;
- Сегментация цветовых изображений;
- Выделение краев.

#### *Пороговая обработка*

Существуют задачи, связанные с преобразованием полутонового изображения в бинарное. Подобные преобразования часто используется для сокращения информации об изображении. Результатом может являться выделение контуров искомых объектов и исключение фона.

Суть пороговой обработки заключается в разделении объектов изображения на два типа по признаку яркости. При пороговой обработке задается некое значение порога, относительно которого происходит разделение.

#### *Классификации пикселей*

Для классификации пикселей используется оптический порог. Оптический поток — технология, использующаяся в различных областях компьютерного зрения для определения сдвигов, сегментации, выделения объектов, сжатии видео. Оптический поток — изображение видимого движения, представляющее собой сдвиг каждой точки между двумя изображениями.

Оптический поток используется при определении движения, и существуют методы, вычисляющие движение между двумя кадрами, взятыми в момент времени  $t$  и  $t_1$ , в каждом пикселе. Алгоритмы на его основе применяются при решении задач, связанных с кодированием движений и разработке систем стереоизрения.

С помощью алгоритмов, использующих оптический поток можно определить не только движение объектов, но и создать трехмерную структуру сцены.

#### *Сегментация цветных изображений*

Процесс сегментации цветного изображения состоит в том, что бы выделить на изображении связанные области по критерию однородности, основанному на признаках, вычисляемых из значений нескольких цветовых компонентов, в зависимости от выбранной цветовой модели.

Область можно описать как связанное подмножество пикселей, заданное в пространстве цветов.

Алгоритмы, использующие такое представление называются пиксельными алгоритмами сегментации. Существует семейство алгоритмов, использующих понятие порогового отсечения для обработки цветных изображений. Так же существуют алгоритмы, основанные на кластеризации пространства цветов. Пиксели собираются в группы, основываясь на функциях принадлежностей, и затем разбиваются на связные области. Областью, в данном случае, является связное множество пикселей, удовлетворяющих заданному критерию однородности.

### **Выводы**

В данной статье был проведен анализ алгоритмов, применяемых при обработке изображений. Алгоритм Виолы-Джонса является наиболее подходящим, так как имеется возможность обучения. Используя этот алгоритм в системах обнаружения объектов, можно изменять характеристики искомого объекта, проводя обучение на конкретных примерах. В сочетании с алгоритмом AdaBoost, данный подход обеспечивает подходящую эффективность обнаружения объектов.

### **Литература:**

1. Гонсалес, Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. Москва: Техносфера, 2005.
2. Васильев, В. Н. Математические методы и алгоритмическое обеспечение анализа и распознавания изображений в информационно-телекоммуникационных системах / В.Н. Васильев, И.П. Гуров, А.С. Потапов // Всероссийский конкурс обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы», URL: <http://www.itc.edu.ru/itkonkurs2008/> (дата обращения: 17.06.16).
3. Работа каскада Хаара [Электронный ресурс]. URL: <http://habrahabr.ru/company/recognitor/blog/228195/> (дата обращения: 15.02.15).
4. Компьютерная графика и мультимедия — Сетевой журнал. Выпуск № 4 (2) /2006 — Усиления простых классификаторов [Электронный ресурс]. URL: <http://cgm.computergraphics.ru/issues/issue12> (дата обращения: 12.06.16).
5. Работа алгоритма Viola Jones [Электронный ресурс]. URL: <http://habrahabr.ru/post/134857/> (дата обращения: 01.06.16).
6. Обучение каскадного классификатора: [Электронный ресурс]. URL: <http://recog.ru/blog/opencv/85.html> (дата обращения: 14.06.16).
7. Алгоритмы выделения параметрических кривых на основе преобразование Хафа [Электронный ресурс]. URL: <http://cgm.computergraphics.ru/content/view/107> (дата обращения: 13.06.16).
8. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц: [Электронный ресурс]. URL: <http://habrahabr.ru/post/133826/> (дата обращения: 06.06.16).
9. R. Lienhart, A. Kuranov, V. Pisarevsky. Empirical Analysis of Detection Cascades of Boosted Classifiers for Rapid Object Detection. MRL Technical Report, 2002
10. Rosset, Zhu and Hastie. Boosting as a Regularized Path to a Maximum Margin Classifier. Journal of Machine Learning Research 5 (2004) 941–973, 2004.
11. Yoav Freund and Robert E. Schapire. A Short Introduction to Boosting. Journal of Japanese Society for Artificial Intelligence, 14 (5):771–780, September, 1999.

## Перспективы разработки программного обеспечения для визуализации результатов теоретико-множественного анализа сложных систем

Чеканова Евгения Дмитриевна, магистр

Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова

*В данной статье рассмотрена актуальность проведения теоретико-множественного анализа. Проведен анализ предметной области. Рассмотрены недостатки существующих программных решений. Создана функциональная модель реализации визуализации сложной системы.*

**Ключевые слова:** теоретико-множественный анализ, сложная система, информационные технологии, функциональная модель, концепция реализации программы

В настоящее время активно развиваются исследования сложных систем в разных областях науки. Это связано с необходимостью в управлении такими системами, устранении дефектов в их функционировании, прогнозе развития и повышении их эффективности. Потребности общества растут и приводят к необходимости выполнения научно-исследовательских работ в области совершенствования управления сложными системами и обработки больших объемов информации. Для совершенствования существующих технологий необходимо [1]:

- 1) системно исследовать изучаемые области;
- 2) выявлять системные связи;
- 3) осуществлять поиск закономерностей функционирования элементов системы;
- 4) определить закономерности развития объектов и процессов с учетом с отраслевых особенностей.

Выделяют несколько этапов научного исследования в области прикладных наук. Чаще всего выделяют семь последовательных ступеней, характеризующие этапы научного исследования. Структура и этапы научного исследования выглядят так [2]:

- 1) определение проблемы и формулировка задачи исследования;
- 2) выдвижение и обоснование гипотезы;
- 3) теоретическое исследование — анализ и синтез основных закономерностей: обобщение явлений, связей, получение большего объема информации для обоснования гипотезы;
- 4) экспериментальные исследования;
- 5) обзор результатов;
- 6) подведение итогов, формулирование выводов и их целесообразность начальной постановке задачи;
- 7) осмысливание результатов.

Рассмотрим подробнее теоретическое исследование. Это анализ и синтез основных закономерностей, которые дают фундаментальные науки по отношению к исследуемому объекту. На этом этапе происходит получение новых закономерностей с помощью аппарата разных наук. Цель, преследуемая при изучении теории, заключается в обобщении явлений, связей, получении большего объема информации для обоснования гипотезы. В рамках такого исследования проводится теоретико-множественный

анализ, который проводит анализ структуры системы. В зависимости от выдвинутых целей и изучаемой системы выделяются её элементы, существующие взаимодействия между ними, что приводит к выявлению структуры системы [3].

Система — это множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующее целостность и единство и имеющее некую структуру [1].

Структурированность или строение системы — это способ организации системы как целого, составленного из частей. Именно структура системы устанавливает механизмы взаимодействия элементов между собой и с системой в целом.

Теоретико-множественный анализ проводится для изучения строения системы и функционирования её элементов между собой. Представление таких взаимодействий очень наглядно можно представить в виде схемы, однако на схеме нет возможности полностью описать всю систему — она становится перегруженной и теряет свое основное достоинство — наглядность. Так, например, свойства элементов системы стоит описывать отдельно, используя для этого таблицу. Этот инструмент позволит структурировать данные. Таким образом, результаты теоретико-множественного анализа представляют в виде схемы, наглядно представляющей структуру системы и взаимодействие между элементами, а так же таблице, подробно описывающей свойства элементов системы.

При изучении теоретико-множественного анализа были выделены критерии, необходимые разрабатываемой программе, а именно: автоматизация создания графического представления, возможность описания сложной системы, автоматическое изменение внесенных данных в обоих представлениях [3].

На данный момент перед исследователем стоит большой выбор программных продуктов позволяющих оформить результаты теоретико-множественного анализа. Наиболее популярными являются программные продукты компании Microsoft, такие как Word, Excel, Visio, рассмотрим их достоинства и недостатки [4].

Программный продукт Microsoft Visio предназначен для построения схем, организационных диаграмм, блок-схем и планов. Visio позволяет представить результаты

теоретико-множественного анализа в виде схемы, однако этого не достаточно. Необходимо подробное описание свойств и качеств, как элементов, так и взаимодействий.

Программный продукт Microsoft Excel предоставляет в качестве инструмента таблицу для описания данных об элементах и их взаимодействиях. Что позволяет структурировано представить данные. Для представления данных в виде схемы существует возможность вставки фигур. Однако, для построения и редактирования схемы в MS Excel потребуется больше времени, чем при использовании программного продукта MS Visio. Программа MS Excel позволяет представить, как схему системы, так и её описание, но ни схема, ни описание между собой не связаны, таким образом есть вероятность расхождения данных в представлениях, причём, чем больше и сложнее система, тем больше вероятность появления опечатки. Так же существует необходимость отслеживать соответствие двух представлений при внесении, каких-либо изменений и доработок в систему.

MS Word — программа предназначенная для создания, просмотра и редактирования текстовых документов, имеющая такие же инструменты для построения схем, что и MS Excel. Описание системы в MS Word может представлять собой текст. Так же существует возможность представлять описание в виде таблиц, однако их составление займет большие объемы времени, нежели при работе в MS Excel. Программа MS Word имеет те же возможности по построению схем, что и MS Excel и следственно имеет те же проблемы и недостатки, уступая при этом MS Visio. Однако для построения отчета по проделанной работе этот программный продукт лучший из рас-

смотренных, он позволяет вставлять схемы и картинки, сделанные в MS Visio и обрабатывать таблицы скопированные из MS Excel.

Таким образом, выявлены следующие функции, необходимые программному продукту предназначенному для визуализации результатов теоретико-множественного анализа сложных систем:

- описание элементов объектно-множественной сложной системы;
- графическое представление объектно-множественной сложной системы;
- введение данных пользователем единожды.

Представленные Программные продукты имеют различные, но не достаточно широкие специализации. Программы, позволяющие полное выполнение визуализации, не предусматривают какой-либо автоматизации, т.е. существует необходимость ввода данных исследователем дважды: при описании системы и при создании её схемы. Возможность создания схемы на основе описания, например, представленного в виде таблицы позволило бы исключить появление расхождений в обоих представлениях при минимальных затратах со стороны исследователя.

На основе выдвинутых функций, необходимых программе специализируемой на оформлении результатов теоретико-множественного анализа, на рис. 1 представлена функциональная модель [5]. Она содержит три блока, т.е. программный продукт позволит реализовать три этапа: создание элементов, создание взаимосвязей между ними, а так же редактирование самого графического представления.



Рис. 1. Функциональная модель создания графического представления

Для создания элемента необходимы входные данные об элементе, такие как название элемента, его описание и, соответственно, система, которой он принадлежит. Для создания взаимосвязи между элементами, указывается вид связи, обозначение, описание данной связи и связанные элементы.

Активно развивающиеся информационные технологии, позволяющие хранить все большие объемы информации.

Существует множество программ позволяющих визуализировать результаты теоретико-множественного анализа, однако эти программы универсальны и позволяют оформить лишь часть результата. Необходима программа, позволяющая автоматизировать данный процесс полностью. В данной статье были выделены функции необходимые программному продукту, создана функциональная модель и структура программного продукта.

#### *Литература:*

1. Логунова, О. С. Теория и практика обработки экспериментальных данных на ЭВМ / О. С. Логунова, Е. А. Ильина, Ю. Б. Кухта, Л. Г. Егорова, Д. В. Чистяков — Магнитогорск: изд-во Магнитогорск. гос. ун-та им Г. И. Носова, 2015. — 276 с.
2. Этапы научного исследования [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://fb.ru/article/3804/etapyi-nauchnogo-issledovaniya> — свободный, дата обращения 10.04.15.
3. Ильина, Е. А., Чеканова Е. Д. Теоретико-множественная модель взаимодействия компонентов системы // Электронный научный журнал «Apriori. серия: естественные и технические науки» — Выпуск № 6 2015 г.
4. Чеканова, Е. Д. Разработка программного обеспечения для визуализации результатов теоретико-множественного анализа сложных систем // Ab ovo... (С самого начала...). — 2015. — № 1. С 38–43
5. «Информационные системы в экономике: учебник для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Финансы и кредит», «Бухгалтерский учет, анализ и аудит» и специальностям экономики и управления (060000) / Под ред. Г. А. Титторенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008. — 463с.
6. Ильина, Е. А., Чеканова Е. Д., Дёрина Н. В. О проблемах визуализации результатов теоретико-множественного анализа // Мир науки и инноваций. — 2015. — Т. 3. — № 2 (2). — С.6–8.
7. Ilina, E. A., Chekanova E. D., Dyorina N. V. The issues of set-theoretic analysis result visualization // SWorld-Journal. — 2015. — T.J21510. — № 2. — С.95–98.
8. Визуализация результатов научной деятельности: учеб. пособие / О. С. Логунова и др. — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им Г. И. Носова, 2015. — 85 с.
9. Логунова, О. С., Ильина Е. А. Методика исследования предметной области на основе теоретико-множественного анализа // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. — 2012. — № 2. — с. 281–291.
10. Логунова, О. С., Ильина Е. А. Структуризация лексикографической информации при разработке программного обеспечения // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. — 2014. — № 1 (4). — с. 87–91.
11. Logunova, O. S., Ilyina E. A., Aref'eva D. Y., Dyorina N. V. Index analysis of academic staff publication activity control // Математическое и программное обеспечение в промышленной и социальной сферах. — 2015. — № 1. — с. 43–47.
12. Логунова, О. С., Ильина Е. А. Структуризация лексикографической информации при разработке программного обеспечения // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. — 2014. — № 1 (4). — с. 87–91.
13. Чеканова, Е. Д., Ильина Е. А. О визуализации результатов теоретико-множественного анализа // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2015. — Т. 3. — № 8–1 (19–1). — с. 385–389. DOI: 10.12737/15455.

## **Исследование и разработка математической модели метеопрогноза**

Юркин Вадим Михайлович, студент

Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики

*В данной статье исследованы математические модели построения метеопрогноза, основанные на работе нейронных сетей, которые позволяют вычислить предположительные метеопараметры искомой местности на основе предыдущих метеоданных. Предложен новый метод группировки нейронных сетей для получения более точного результата на выходе. Представлен алгоритм, опиравшись на который, исходя из результатов*

исследования, был получен наиболее точный метеопрогноз. Данный алгоритм может быть использован в широком спектре ситуаций, таких как: получение данных для эксплуатации оборудования в данной локации, исследование метеорологических параметров локации и т.п.

Для построения данной модели были использованы данные полученные с персональных погодных станций (ППС) компании Weather Underground и Национальной Цифровой Метеопрогнозной Базы Данных США (US National Digital Forecast Database (NDFD)). А также, для сравнения результатов с уже имеющимися на рынке продуктами, была использована удаленная обучающаяся машина компании Google.

Алгоритм построения прогнозной модели затрагивает несколько локаций расположенных на территории США для сравнения эффективности в различных погодных зонах. А также были рассмотрены разные методы обучения машины для получения самого эффективного результата метеопрогноза.

Одной из самых распространенных проблем обеспечения научной, производственной и других деятельности человека была и остается проблема своевременного получения информации об окружающей среде в необходимый момент времени. Особенно важной данная проблема становится для поддержки технических систем (ТС), зависимых от метеоусловий, и работающих в автономном режиме. Их параметры не могут быть откалиброваны в зависимости от метеоусловий на данный момент, что ставит перед создателями таких систем необходимость решения проблемы предсказания метеоусловий на продолжительном отрезке времени. В то время как предсказание значений для однопараметрических технических систем (ОТС) не представляет особых проблем, МТС требует вдумчивого подхода к созданию алгоритма построения прогнозной модели, что делает данную проблему весьма актуальной.

На данный момент известны различные методы и средства получения и прогнозирования метеоданных на искомой локации (её параметрах), таких как:

1. Исследование погодных явлений на текущей локации при помощи физических законов. (Weather Research & Forecasting Model <http://www.wrf-model.org>)

2. Исследование погодных условий при помощи математических преобразований данных полученных с Зондов.

Целью данного исследования является описание и анализ алгоритма построения прогнозной модели для МТС для конкретной местности на примере данных полученных с ППС для определенных регионов при помощи самообучающихся машин, а так же их сравнение.

Современное количество решений проблемы построения метеопрогнозных моделей и их анализа поражают. Одним из самых успешных, но в то же время, самых затратных решений является решение предоставленное Weather Research & Forecasting, которое сводится к построению математической модели физических явлений и применение на текущих данных определённой локации, однако такой подход редко даёт точный результат, так как требует огромных ресурсов для решения и требует постоянного расчёта с учётом меняющихся параметров системы, а также требует таких-же построений моделей для соседних регионов, что увеличивает расходы на точный прогноз экспоненциально, а также не учитывает колебания вызванные многими параметрами, которые не могут зафиксировать зонды.

Нейронные сети используют один из наиболее перспективных методов прогнозирования МТС, которым является математическая экстраполяция, так как этот метод основывается только на статистическом анализе данных. Минусом же данного подхода является невозможность экстраполировать развитие процесса вперед на длительный временной интервал, для этого они строят закономерности между входными и выходными значениями, опираясь на обучающие данные, в случае с метеопрогнозом такими данными являются предыдущие наблюдения, собранные ППС.

В данной работе используется обучающая парадигма, в которой конечное количество нейронных сетей обучаются по одинаковым данным для получения искомого результата, такая парадигма называется группировкой нейронных сетей.

## 1. Описание и применение нейронных сетей

### 1.1. Этапы построения нейронной сети

На первом этапе проводится нормализация и отсеивание поврежденных данных, в данной работе данные получаются из общедоступного источника компании Weather Underground и USA National Digital Forecast DataBase. Процесс нормализации целиком зависит от выбора топологии на предыдущем шаге, к примеру: для RBFN необходимо формировать данные таким образом, чтобы в обучающих данных содержался правильный ответ.

На втором этапе выбирается математическая модель, строящая функциональные зависимости между входными и выходными данными, позволяющая получить необходимый результат. В данной работе рассмотрены три классических топологии: D-PNN, RBFN и MLPN, а также предложена новая: метод группировки нейронных сетей.

На третьем этапе производится обучение нейронной сети посредством подачи на входы математической модели про- нормированных данных. Нейронная сеть строит функциональные зависимости между данными и в конечном итоге на выходе получаем функцию зависимости входных и выходных значений при определенном обучающем наборе данных.

На четвертом этапе проводится проверка полученной модели на точность и адекватность. При прогнозировании нужно точно установить понятие необходимой точности результата, в данной работе модель считается адекватной при точности прогноза в 10%, а оценка точности вычисляется как процентное соотношение между полученными моделью и реальными данными.

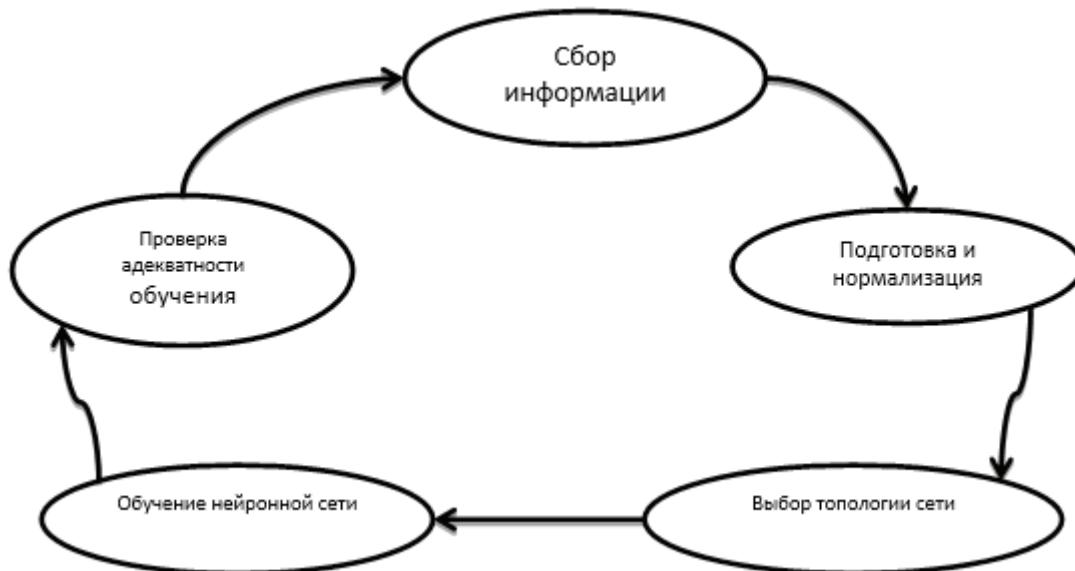


Рис. 1. Этапы построения нейронных сетей

## 1.2 Математические модели использованных нейронных сетей

Первая нейронная сеть, основанная на решении дифференциального многочлена (Differential polynomial neural network D-PNN). D-PNN описывает функциональные зависимости входных параметров и исследование их свойств, которые часто используют для прогноза, анализа временных рядов и выявления скрытых взаимосвязей в данных [1]. Того удается достичь путем шаблонизирования зависимостей между данными. Главной идеей D-PNN является аппроксимация функций, описываемых дифференциальными уравнениями, которые описывают взаимосвязи между входными параметрами системы. Связи между данными описываются аналогично, представленному в 1971 году, многочлену Колмогорова-Габора [2]:

$$y = a_0 + \sum_{i=1}^m a_i x_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^m a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots, \quad (1)$$

где:  $m$ -кол-во переменных,  $X(x_1, x_2, x_3, \dots)$  — вектора входных переменных,

$A(a_1, a_2, a_3, \dots)$  — вектора параметров.

Второй нейронной сетью является нейронная сеть, использующая радиально-базисные функции как активационные. Такая сеть называется сетью радиально-базисных функций (Radial Basis Function Network RBFN) [3]. RBFN очень популярна для аппроксимации функций, предсказаний временных рядов и классификаций. В таких сетях очень важно определить количество нейронов в скрытом слое (hidden layer), так как это сильно влияет на сложность сети и её обобщающие возможности. В скрытом слое каждый нейрон имеет активирующую функцию. Гауссова функция, которая имеет параметр управляющий поведением функции, является наиболее предпочтительной функцией активации [4].

$$f(x) = a e^{-\frac{(x-b)^2}{2c^2}} \quad (2)$$

где:  $a, b, c$  — вещественные числа.

Третья нейронная сеть основана на Многослойном перцептроне (Multilayer perceptron network MLPN) [5]. Этот тип известен тем, что требует наличия желаемого результата в массиве обучающих данных, в нашем случае, необходимо подавать дополнительное значение, которое будет являться правильным результатом для входных данных. Иными сло-

вами, данная модель связывает входные значения с их результатом, используя исторические данные погоды, для предсказания в будущем, что очень важно при нормализации данных.

Принцип построения модели	Математическое описание	Входная информация	Выходная информация
D-PNN			
Аппроксимация функций описываемых дифференциальными уравнениями, которые описывают взаимосвязи между входными параметрами системы.	$y_i(t) = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i x_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^n a_{ijk} x_i x_j x_k + \dots$	X(1), x(2), x(3), x(4) ... x(n)	X(n+1)
RBFN			
Аппроксимация неизвестного решения с помощью функций специального вида, аргументами которых является расстояние.	$y_i(t) = w_{i0} + \sum_{j=1}^{n_k} \lambda_{ij} v_j(t) + \sum_{j=1}^{n_k} w_j \varphi(\ v(t) - c_j(t)\ )$	X(1), x(2), x(3), x(4) ... x(n)	X(n+1)
MLPN			
Аппроксимация неизвестного решения с помощью нелинейных функций.	$y_i(t) = \phi(\sum_{j=1}^n w_{ij} x_j^k + b_i)$	X(1), x(2), x(3), x(4) ... x(n)	X(n+1)

### 1.3 Описание математической модели группировки нейронных сетей

Группировка нейронных сетей — это подход к построению самообучающейся машины, в которой совокупность конечного числа нейронных сетей обучается по одной и той же задаче. Этот подход берёт своё начало от Хансена и Саламона [6] в работе, которой показывает, что система нейронных сетей может существенно улучшиться при подходе группировки, а это значит, что и предсказания которые производят такая машина намного точнее. В целом, группировку нейронных сетей можно разделить на два этапа: обучение нескольких нейронных сетей и затем объединение и обработка предсказаний каждой. Результатом работы такой системы является усредненное значение выводов каждой нейронной сети в отдельности, объединенное с функцией, описывающей сравнительное отклонение значений относительно друг друга, полученное на этапе обучения. Результаты работы таких систем существенно повышают точность прогнозов.

В данной работе будет рассмотрен новый подход для обучения данных систем. Весовые коэффициенты пропорциональны соответствующим выходным значениям. Суть подхода в том, чтобы определить какая нейронная сеть выдаёт более точный прогноз. Рассмотрим на примере: предположим, что имеется две нейронные сети, которые должны выполнить простую классификационную задачу, если на вход подано значение 1, то выдать единицу, если 0, то выдать 0. Пусть такие нейронные сети на определённом шаге выдают 0,6 и 0,9 соответственно. В таком случае вторая машина получает намного более достоверные данные, так-как 0,9 ближе к единице.

Сети обратного распространения устанавливают начальные весовые коэффициенты случайным образом, чтобы уменьшить среднеквадратичное отклонение. Разница в начальных весовых коэффициентах даёт разные результаты. Таким образом, группировка нейронных сетей интегрируют эти независимые сети для улучшения обобщающей способности. Этот метод также гарантирует увеличение точности с точки зрения среднеквадратичного отклонения [7].

Рассмотрим одну нейронную сеть, которая обучается на некотором массиве данных. Пусть  $x$  — входной вектор, который появляется впервые в данной сети, а  $d$  — желаемый результат.  $x$  и  $d$  представляют реализацию случайного вектора  $X$  и случайной величины  $D$  соответственно. Пусть  $F(x)$  — функция ввода-вывода, реализованная с помощью сети. Тогда:

$$E_D[(F(x) - E[D | X = x])^2] = B_D(F(x)) + V_D(F(x)) \quad (3)$$

где:  $E[D|X=x]$  — математическое ожидание,  $B_D(F(x))$  — квадрат смещения:

$$B_D(F(x)) = (E_D[F(x)] - E[D | X = x])^2 \quad (4)$$

и  $V_D(F(x))$  — разница:

$$V_D(F(x)) = E_D[(F(x) - E_D[F(x)])^2] \quad (5)$$

Ожидание  $E_D$  по множеству  $D$  называется множеством, охватывающим распределение всех обучающих данных, таких как входные и выходные значения, и распределение всех начальных условий. Существует несколько способов индивидуального обучения нейронной сети и несколько способов группировки их выходных данных. В данной работе предполагается, что сети имеют одинаковые конфигурации, но начинают своё обучение с разных начальных условий. Для объединения выходных данных группы нейронных сетей используется усредненную простую группировку. Пусть



В данном случае, так как модель оперирует числовыми данными, городам и описанию погоды были выделены определённые индексы, например 1 в графе города означает Лос-Анджелес. В процессе исследования было проведено несколько способов обучения, путём манипуляции подаваемых значений.

Определим, как работают модели для разных сезонов, для этого подаём на вход данные за 5 лет и сравним полученные данные с реальными значениями за разные периоды (0:00–23:00 1-го января 2015, 0:00–23:00 1-го апреля 2015, 0:00–23:00 1-го июля 2015 и 0:00–23:00 1-го октября 2015).

Таблица 2.2  
Средние отклонения прогнозных значений температуры

	D-PNN	RBFN	MLPN	Assemble
Зима	17%	14 %	14 %	12%
Весна	15%	13%	12 %	10%
Лето	13%	15%	10 %	8%
Осень	13%	15%	11 %	9%

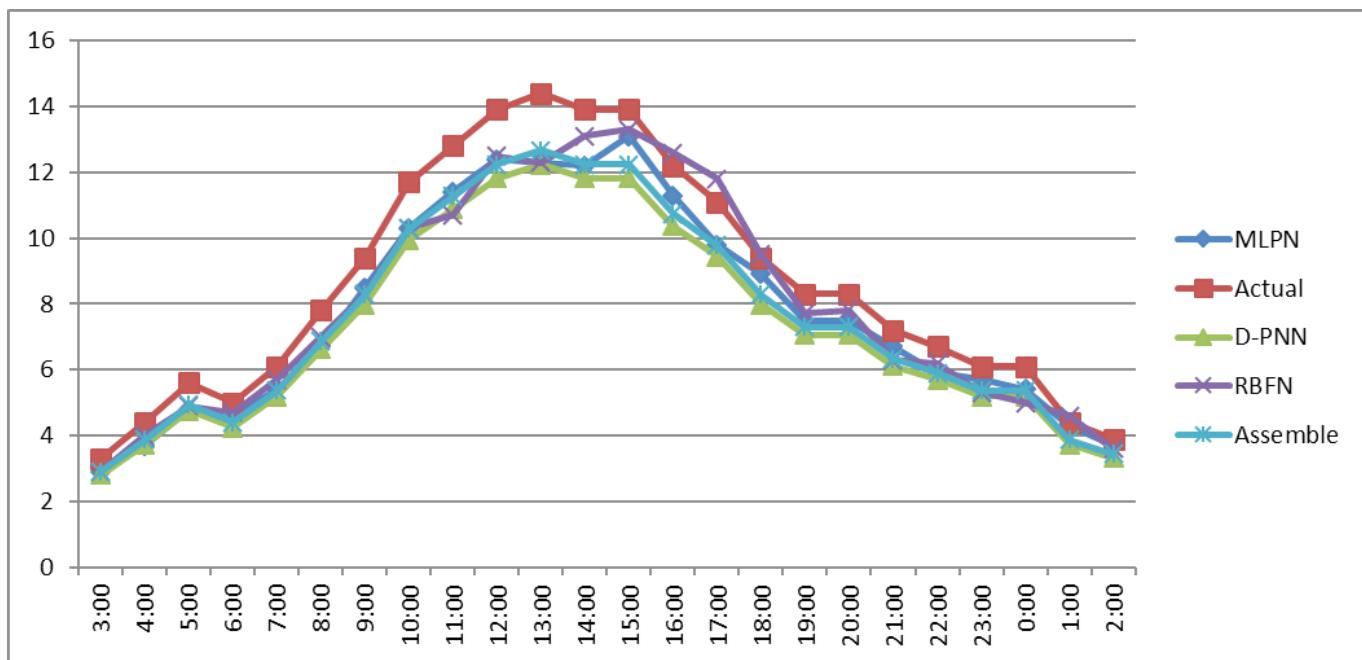


Рис. 2. График прогнозных значений, полученных каждым методом на 1-ое января 2015 года

Таким образом, созданный нами метод группировки нейронных сетей имеет лучшую точность во всех сезонах и имеет приемлемую точность  $\approx 91\%$ .

#### Заключение

В данной статье был разработан и исследован алгоритм построения метеопрогноза при помощи группировки нейронных сетей. Был рассмотрен алгоритм, построения математической модели предсказания будущих состояний параметров метеосистемы на основе Дифференциального многочлена, Радиально-базисных функций, Многослойного перцептрона и группировки нейронных сетей. Можно сделать вывод, что комбинация математических моделирования и «правильных» входных данных, связанных с погодными явлениями могут сделать метеопрогнозную модель более точной.

Автор данной статьи продолжает исследование моделей метеопрогноза путём усовершенствования не только порядка и точности входных данных, но и изменения математической основы построения самой модели.

#### Литература:

1. Galkin, I., Polynomial neural networks, 2000, стр. 307
2. Zyavka, L., Polynomia; neural network. Proceeding of the 7<sup>th</sup> European Conference Information and Communication Technologies, 2005, стр. 277–280.

3. Obitko, M., Generic algorithm, 2006, стр.205
4. Paul, J. and J. W. Sandberg, Universal approximation using RBFN, 1996, стр. 506–507
5. Zhou, Z., Ensemble neural networks, 2003, стр. 239–263
6. Zurada, J., Introducing to artificial neural systems., 1993, стр. 283–291
7. Luo. L, Application of radial basis function, 2010, стр. 97–117

# ЭЛЕКТРОНИКА, РАДИОТЕХНИКА И СВЯЗЬ

## Исследование эффективности правильного обнаружения сигналов на фоне одномерных дважды стохастических случайных процессов

Андрянов Никита Андреевич, аспирант  
Ульяновский государственный технический университет

*В статье рассмотрен случай, когда сигнал известной формы передается на фоне последовательности со сложной структурой. При этом синтезирован алгоритм обнаружения такого сигнала. Проведено исследование эффективности обнаружения для двух типов моделей.*

**Ключевые слова:** дважды стохастические модели, имитация случайных процессов, обнаружение сигналов

**В**ажнейшая задача статистической радиотехники — несомненно задача обнаружения сигналов [3–4]. Вся современная радиолокация происходит из попыток решить данную задачу. Действительно, обнаружение какой-либо цели может привести к благоприятным результатам в борьбе с противником или минимизировать собственные затраты. При этом при проектировании обнаружителей важно иметь какую-либо статистику. Эти данные можно получить с помощью статистического моделирования. Для описания сложных изображений себя хорошо зарекомендовали дважды стохастические модели [1,2,5,6].

Когда происходит обнаружение сигналов на фоне помех с авторегрессионной или дважды стохастической структурой, то имеются гипотезы о наличии детерминированного сигнала  $s_i, i \in I_s$ , на интервале  $I_s$  дискретного времени (рис. 1) (гипотеза  $H_1$ ) и гипотеза об отсутствии сигнала на интервале  $I_s$  (гипотеза  $H_0$ ). Запишем наблюдения как смесь реализации дважды стохастического процесса и белого шума, а также сигнала в соответствующей области:

$$z_i = s_i + x_i + n_i, i \in I_s,$$

$$z_i = x_i + n_i, i \in I_0,$$

где  $x_i = \rho_i x_{i-1} + \xi_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$  — случайные величины (СВ) с изменяющимися корреляционными связями  $\rho_i$ ;  $n_i$  — независимые гауссовские СВ с нулевыми средними значениями и дисперсиями  $\sigma_i^2$  ( $\sigma_i^2 = \sigma_n^2$  в случае, когда дисперсии постоянны). При отсутствии детерминированного сигнала (гипотеза  $H_0$ ) наблюдения представляют собой сумму коррелированной помехи и белого шума:  $z_i = x_i + n_i$ ,  $i \in I_s, i \in I_0$ .

Для решения задачи обнаружения имеем следующую статистику:

$$\ln \Lambda = \bar{s}^T (P_s + V)^{-1} (\bar{z}_s - \hat{\bar{x}}_s) - \frac{1}{2} \bar{s}^T (P_s + V)^{-1} \bar{s}.$$

Чтобы принять решение, есть ли сигнал или нет, необходимо найти  $\ln \Lambda$  и сравнить с пороговым уровнем:

$$\lambda = \bar{s}^T (P_s + V_n)^{-1} (\bar{z}_s - \hat{\bar{x}}_s) \begin{cases} > \lambda_0 - \text{сигнал есть}, \\ \leq \lambda_0 - \text{сигнала нет}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\lambda_0$  находится, например, из условия обеспечения заданной вероятности ложной тревоги  $P\{\lambda > \lambda_0 / H_0\} = P_{F0}$ .

Для того, чтобы получить статистику (1), воспользуемся известным выражением связи между прогнозом  $\hat{\bar{x}}_s$  и оценкой  $\hat{\bar{x}}$  вектора  $\bar{x}$ :

$$\hat{\bar{x}} = \hat{\bar{x}}_s + PV^{-1}(\bar{z}_s - \hat{\bar{x}}_s),$$

где  $P = P_s(E + V^{-1}P_s)^{-1}$  — ковариационная матрица ошибок оптимального оценивания:  $P = M \left\{ (\hat{\bar{x}} - \bar{x})(\hat{\bar{x}} - \bar{x})^T \right\}$ .

После подстановки этих соотношений в (1), получим

$$\lambda = \bar{s}^T V^{-1} (\bar{z}_s - \hat{\bar{x}}). \quad (2)$$

Запишем вероятности ложной тревоги и пропуска цели следующим образом

$$P_F = 0.5 - \Phi_0 \left( \frac{\lambda_0}{\sigma_\lambda} \right) — \text{вероятность ложной тревоги},$$

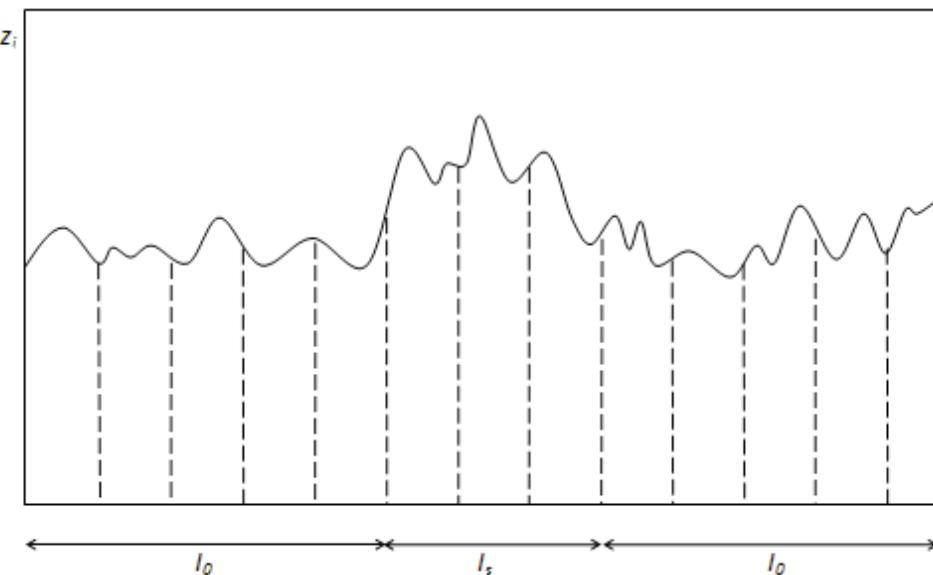


Рис. 1. Наблюдение сигнала на фоне коррелированной помехи

$$P_D = 0.5 - \Phi_0\left(\frac{m_1 - \lambda_0}{\sigma_\lambda}\right)$$

— вероятность пропуска цели,

где  $\Phi_0$  — функция Лапласа,  $m_1 = M\{\lambda/H_1\}$ ,  $\sigma_\lambda = M\{(\lambda - m_1)^2/H_1\}$ .

Соответственно для вычисления вероятности правильного обнаружения нужно из единицы вычесть вероятность пропуска цели. Пороговое значение находится из условия, что выбирается заданная вероятность ложной тревоги.

Найдем необходимые статистические характеристики:

$$M\{\lambda/H_0\} = 0,$$

$$M\{\lambda/H_1\} = D\{\lambda/H_0\} = D\{\lambda/H_1\} = \bar{s}^T V^{-1} (E - PV^{-1}) \bar{s}.$$

Таким образом, вычисление статистики (2), а также статистических характеристик требует проведения предварительного оценивания полезного сигнала.

Было проведено статистическое моделирование, при котором сравнивались дважды стохастическая и авторегрессионная модели.

Зависимость эффективности обнаружения сигнала от уровня сигнала и при разных параметрах  $\tau$  показана на рис. 2.

Очевидно, что дважды стохастическая модель обеспечивает эффективность обнаружения протяженных сигналов на 20–30% выше, чем авторегрессионная. Следовательно, ее использование при проектировании реальных сигнал будет целесообразнее.

#### Литература:

1. Андриянов, Н. А. Дискретные дважды стохастические авторегрессионные модели случайных полей // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем. 2014. № 1 (9). с. 69–72.
2. Vasil'ev, K. K., Dement'ev V. E., Andriyanov N. A. Application of mixed models for solving the problem on restoring and estimating image parameters // Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications). 2016. Т. 26. № 1. с. 240–247.
3. Васильев, К. К., Балабанов В. В. Обнаружение точечных аномалий на фоне мешающих изображений // Радиотехника. 1991. № 10. с. 86.
4. Васильев, К. К., Павлыгин Э. Д., Гуторов А. С. Многомодельные алгоритмы обработки данных системы мобильных РЛС // Автоматизация процессов управления. 2014. № 4 (38). с. 4–13.
5. Андриянов, Н. А. Величина ошибки прогноза в точку на фоне смешанной модели сигнала // Современное научное знание: теория, методология, практика Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции в 3-х частях. ООО «НОВАЛЕНСО». Смоленск, 2016. Ч. 3, с. 34–36.
6. Андриянов, Н. А., Васильев К. К., Дементьев В. Е. Разработка программного комплекса для решения задач фильтрации случайных полей // Современные тенденции в науке, технике, образовании. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 3-х частях. 2016. Ч. 1, с. 40–41.

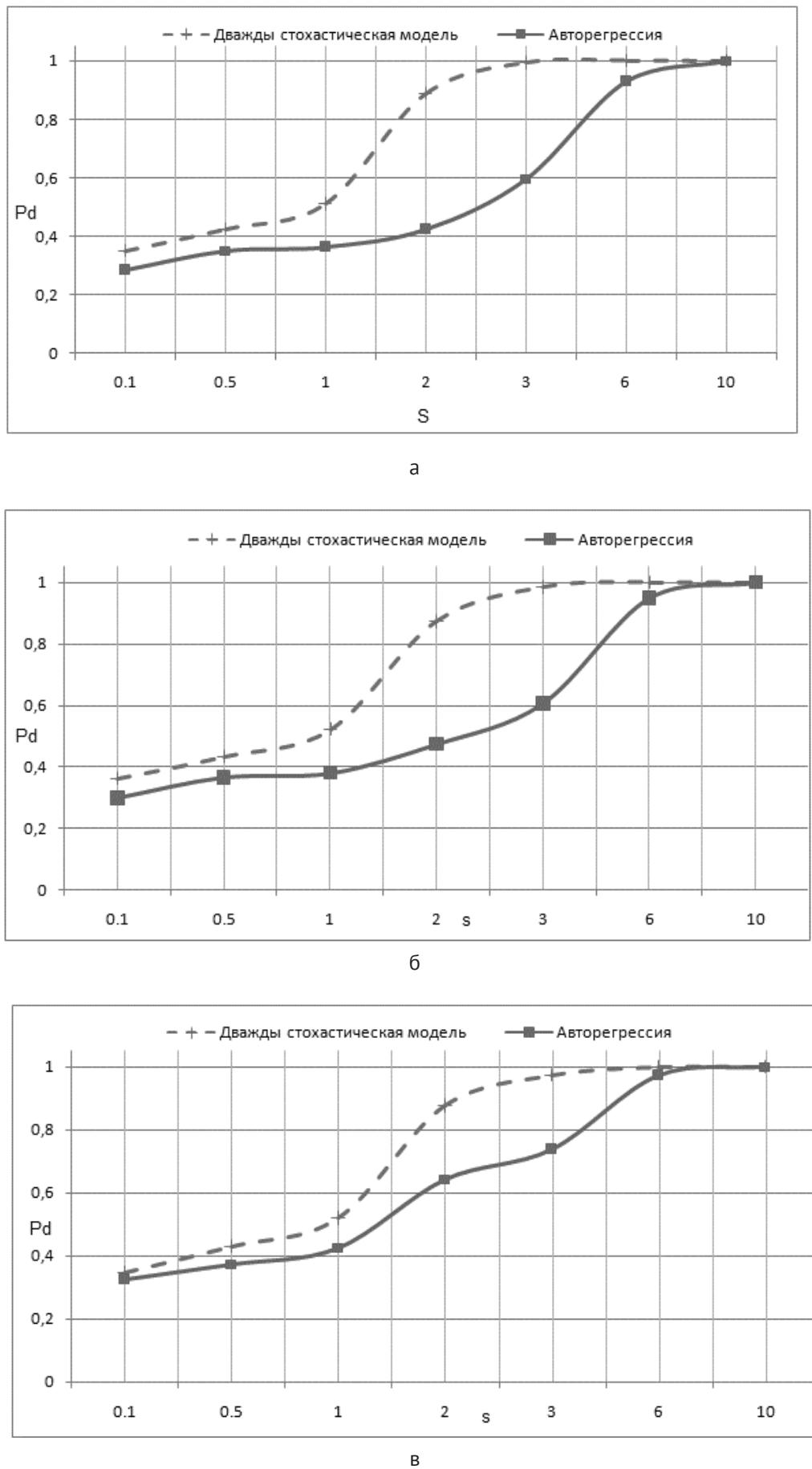


Рис. 2. Вероятность правильного обнаружения сигнала на основе дважды стохастической (штриховая линия) и авторегрессионной (сплошная линия) моделей: а –  $r = 0.3$ , б –  $r = 0.8$ ; в –  $r = 0.99$

## Анализ и выбор систем навигации робота для позиционирования в условиях замкнутого пространства

Белоногов Александр Владимирович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

**Ключевые слова:** навигация, позиционирование в условиях замкнутого пространства, классификация систем навигации

По данным аналитического исследования национальной Ассоциации участников рынка робототехники в сегменте сервисных персональных роботов наблюдается стабильный рост. Так, в 2014 г. количество проданных роботов достигло 4,7 млн., что на 28% больше результатов предыдущего года. Объем продаж достиг отметки \$ 2,2 млрд. [1].

Персональные сервисные роботы, например, роботы-пылесосы, наиболее часто применяются в бытовых помещениях, то есть в замкнутом пространстве. Одна из актуальных проблем использования роботов — это автономный, принятый без участия человека, выбор маршрута роботом. Основанием для выбора служит самостоятельный анализ ситуации. Навигация робота в пространстве — это комбинация выше озвученных задач.

Для решения задачи анализа, или позиционирования, используются определенный набор технических средств. Его использование решает данную задачу для определенных условий.

В состав используемых средств входит логический узел (программируемый логический контроллер, ЭВМ), а также набор датчиков. Датчики, или сенсоры, позволяют получить информацию об окружающей среде, например, расстояние до препятствия, на основании полученных данных управляющая система производит управление исполнительными устройствами (эффекторами) робота. Принципиальная схема представлена на рисунке 1.

Модули навигации, представленные на рынке

На рынке существуют готовые модули, решающие задачи позиционирования, но как правило, они направлены под строго определенный тип как условий, так и самого

робота. Готовые решения имеют такие ограничения как скорость передвижения, максимально допустимые ускорения, габариты платформы и т.д. [2]

Наибольшую ценность в готовых решениях имеют используемые алгоритмы работы. Но в абсолютном большинстве случаев они закрыты для общего доступа. Кроме этого, программное обеспечение также имеет индивидуальный характер, применимый для определенных условий.

Таким образом, не существует готовых, универсальных решений для решения проблем навигации и как правило системы навигации разрабатываются индивидуально для используемого робота или условий среды.

### Анализ систем навигации робота

При оценке методов навигации следует в первую очередь учитывать точность позиционирования. Так, принято считать, что допустимая ошибка при определении координат робота — это величина, значение которой не больше половины от минимальных габаритов робота. Кроме того, в условиях замкнутого пространства существует множество помех, таких как проблемы с отражением сигналов, неровности освещения и т.д. В этом случае среда вносит принципиальную неточность и неопределенность в каналы связи. В таких обстоятельствах стоит учитывать способность систем работать в условиях зашумленной среды [3].

### Классификация систем

В зависимости от классификации выделяют несколько видов навигационных систем. Для движения по заданной траектории, обхода препятствий, что вероятно в бытовых условиях, предлагается выделить четыре вида навигаци-



Рис. 1. Базовые элементы роботизированных систем

онных систем: глобальная система, локальная, персональная и автономная системы.

#### Глобальная система

Задача глобальной системы — определение абсолютных координат, т.е. широты и долготы. Это такие системы как GPS, RTK-GPS, Глонасс, которые используют спутники для позиционирования.

Точность таких систем зависит от множества факторов, но в условиях, близких к идеальным наиболее развитая из данных систем, GPS, способна обеспечить точность с ошибкой в пределах 60–90 см [4].

Применение систем глобального позиционирования осложняется их зависимостью от условий использования. Затруднительно или невозможно использовать данные системы внутри зданий, подземных сооружений и т.д.

Таким образом, использование глобальных систем позиционирования имеет смысл при следовании по достаточно длинным маршрутам. Считается также, что чем крупнее робот, тем важнее для него применение глобального позиционирования [5].

#### Персональная система

Персональная система применяется при позиционировании отдельных частей робота и взаимодействии с близлежащими предметами. Такая направленность важна для устройств, имеющих манипуляторы [6].

Такие системы применяются для позиционирования в пределах какой-либо конкретной территории, например, для навигации робота-сборщика. Также персональные системы навигации применяются для следования по заданной линии, при движении по меткам.

Применение на практике данных систем позиционирования осложняется их узкой направленностью под заданную местность, они плохо адаптируются под изменённые условия и достаточно дороги. Их применение целесообразно для работы в пределах конкретной территории.

#### Автономная система

В рамках автономной системы навигации применяются гирокопы, цифровые компасы.

Существенным недостатком таких систем является их чувствительность к неравномерностям поверхности: наклонам, кочкам и т.д. Это вносит определенные ограничения на их использование.

Автономные системы навигации находят применение в условиях, когда передача или прием сигналов извне затруднен или невозможен [7]. Этот аспект важен для замкнутых пространств, так как, как было сказано выше, они имеют повышенную зашумленность среды.

#### Локальная система

Локальные системы используют для позиционирования некоторую точку, обычно стартовую. Данные си-

стемы могут применяться на относительно больших локациях, например, для тактических беспилотных самолетов, работающих в рамках известной территории. Система навигации A-GPS, использующая для позиционирования сотовые сети, также является локальной.

В условиях замкнутого пространства целесообразно применение локальной системы позиционирования. В настоящее время наиболее часто применяются системы, использующие дальномеры: лазерные, инфракрасные, ультразвуковые и т.д.

Существует довольно много методов обработки информации, поступающей от дальномеров, вот некоторые из них.

#### Гистограмма векторного поля

Данный метод нашел применение в скоростных системах. Основные его преимущества — быстродействие, нечувствительность к ошибкам и надежность [8].

#### Потенциальное поле

Использование этого метода эффективно в динамической среде. Преимуществом данного метода является автоматический выбор траектории [9]

#### Диаграмма близких расстояний

Применяется в условиях малых расстояний между объектами, высокой активности окружающей среды и сложных траекторий [10].

#### Тангенциальное избегание

Метод тангенциального избегания — наиболее эффективный и точный метод из выше перечисленных для навигации робота в среде движущихся и деформируемых препятствий [11].

### Заключение

Были проанализированы основные методы решения проблемы навигации роботизированных платформ. Из рассмотренных методов для условий замкнутого пространства подходит использование локальных систем позиционирования. Основным преимуществом таких методов является высокая точность, а также работа в условиях высокой зашумленности окружающей среды. Среди методов локальной навигации предлагается использовать метод тангенциального избегания, как наиболее универсального. Использование данного метода оправдано как в статической среде, так и в условиях движущихся или деформирующихся препятствий.

Применение только автономной системы навигации не позволяет прокладывать маршрут в условиях изменчивой окружающей среды.

Использование оставшихся методов позиционирования, персональных и локальных систем, нецелесообразно или невозможно в заданных условиях.

### Литература:

1. Аналитическое исследование: мировой рынок робототехники // Национальная Ассоциация Участников Рынка Робототехники.— URL: [http://robotforum.ru/assets/files/000\\_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rynka-robototekhniki-\(yanvar-2016\).pdf](http://robotforum.ru/assets/files/000_News/NAURR-Analiticheskoe-issledovanie-mirovogo-rynka-robototekhniki-(yanvar-2016).pdf)

2. Анализ и выбор систем навигации робота для позиционирования в лесной местности. / Черных А.А. //Международный научно-исследовательский журнал
3. Система навигации мобильного робота // В.Э. Карпов, М.В. Платонова — URL: <http://robofob.ru/materials/articles/pages/Platonova2.doc>
4. GPS: принципы работы системы и точность определения координат — URL: <http://sts-51.ru/index.php/navi-gatsiya/materials-about/73-fort-news3>
5. Навигация мобильных роботов. // Бобровский С.В.— URL: <http://www.computer-museum.ru/frgnhist/robnav.htm>
6. Проектирование манипулятора. // Сороков А.С.: <http://www.bestreferat.ru/referat-32073.html>
7. Повышение точности корректируемой инерциальной навигационной системы. / Васильев П.В., Мелешко А.В., Пятков В.В. // Приборостроение.
8. THE VECTOR FIELD HISTOGRAM FAST OBSTACLE AVOIDANCE FOR MOBILE ROBOTS / J. Borenstein, Y. Koren // IEEE Journal of Robotics and Automation
9. Time-optimal sliding-mode control of a mobile robot in a dynamic environment / Matteo Rubagotti, Marco L. Della Vedova, Antonella Ferrara// IET Control Theory and Applications
10. Nearness Diagram (ND) Navigation: CollisionAvoidance in Troublesome Scenarios. / J. Minguez, L. Montano, // IEEE TRANSACTIONS ON ROBOTICS AND AUTOMATION
11. Движение робота к точке с заданными координатами.— URL: <http://www.pvsm.ru/matematika/113238>

## Электромагнитная совместимость в локальных беспроводных сетях

Дараев Калбидин Абдумежитович, магистрант

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

*В данной статье формулируются основные проблемы электромагнитной совместимости (ЭМС), с которыми приходится сталкиваться в беспроводных локальных сетях, и описываются методы решения этих проблем.*

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, беспроводная сеть, множественный доступ, передающая станция, беспроводный доступ

*In this article the main problems of electromagnetic compatibility are formulated (EMS) which it is necessary to face on the wireless local area networks, and methods of the solution of these problems are described.*

**Keywords:** Electromagnetic compatibility, wireless network, multiple access, transmitting station, wireless access

Бстроенные механизмы WLAN обеспечивают эффективную одновременную работу небольшого числа компьютеров внутри одной соты. Они не позволяют выделить гарантированную полосу пропускания для каждого пользователя. С ростом плотности абонентов увеличиваются взаимные помехи, повышается число коллизий и повторно передаваемых пакетов, возрастает время доступа к сети и задержки при передаче информации. Т. е. проблема повышения эффективности доступа становится все более актуальной. В беспроводных сетях возможна следующая ситуация: две станции (A и B) находятся вне зоны видимости друг друга. Станция C может взаимодействовать с обеими станциями (A и B). Станция A передает информацию на станцию C. Станция B «не видит», что среда передачи занята, т.к. ст. A находится для нее вне зоны досягаемости, и, считая, что среда передачи свободна, начинает передавать информацию. В результате на станцию C приходят одновременно два сигнала от станции A и B, т.е. происходит коллизия. Эта ситуация известна как про-

блема скрытого узла. Взаимные помехи между соседними сотами (внутрисистемная ЭМС)

В сетях стандартов 802.11 ви доступно только три неперекрывающихся канала. Если сеть состоит из 1–3 сот, то уровень внутрисхемных помех относительно невелик. В беспроводной сети, состоящей из четырех и более сот, МС и AP соседних сот, работающих на перекрывающихся частотных каналах, создают значительные взаимные помехи. Это приводит к ухудшению качества связи, уменьшению пропускной способности и увеличению времени доступа к сети, вплоть до ее полной неработоспособности.

Необходимо учитывать взаимные помехи с различными радиоустройствами, работающими на той же территории (радиотелефоны, другие беспроводные сети, устройства Bluetooth). В зависимости от интенсивности излучения, такие помехи могут привести к значительному ухудшению связи или полно неработоспособности сети. Механизмы QoS стандарта 802.11 обеспечивают защиту чувствитель-

ного к задержкам трафика (голосовой, видео), от трафика остальных приложений, использующих беспроводную среду передачи, но они не спасают от изменений в среде передачи данных. Увеличение количества пользователей сети, наличие внешних и внутрисистемных помех приводят к неконтролируемому росту числа коллизий и повторно передаваемых пакетов. Это, в свою очередь, приводит к увеличению времени доступа к сети, уменьшению доступной полосы пропускания. Как следствие, эффективность механизмов QoS снижается или их работа полностью блокируется.

Рельеф, физические препятствия на местности (трассе распространения) влияют на распространение радиоволн, а следовательно, и на качество принимаемого сигнала. Это могут быть деревья, строения, стены здания, двери, автомобили, книжные полки, предметы дизайна (особенно металлические элементы), и т.д.

Погода также влияет на распространение радиоволн. Обычно осадки оказывают на частотах выше 5 ГГц, но, могут быть ситуации, когда их влияние достаточно сильно и на частотах выше 400 МГц (например, мокрая листва деревьев в парке). Эта проблема актуальна для уличных беспроводных сетей и ее необходимо учитывать еще на стадии проектирования WLAN. Проблемы ЭМС (вну-

трисистемной и межсистемной) решаются при проектировании оборудования беспроводной сети (например используются различные способы кодирования, повышающие помехоустойчивость) и при проектировании непосредственно самой беспроводной сети. При этом возможности, заложенные в технические средства, определяют возможности проектировщика сети.

Механизмы доступа к среде передачи, существующие в сетях 802.11, показаны на рис. 1.

WLAN используют механизм, который называется «множественный доступ с контролем несущей и предотвращением коллизий» (carrier sense multiple access with collision avoidance, CSMA/CA). CSMA/CA представляет собой механизм «прослушивание перед передачей» (listen before talk, LBT). Передающая станция проверяет, присутствует ли в среде сигнал несущей и, прежде чем начать передачу, ожидает ее освобождения.

PCF — необязательный механизм доступа к среде передачи, который используется дополнительно к механизму DCF. Работа PCF возможна только в инфраструктурах BSS. Механизм PCF разрешает передачу фреймов по опросу, ограничивая свободный доступ к среде передачи. Большинство производителей не обеспечивают поддержку механизма PCF в своих устройствах, потому что

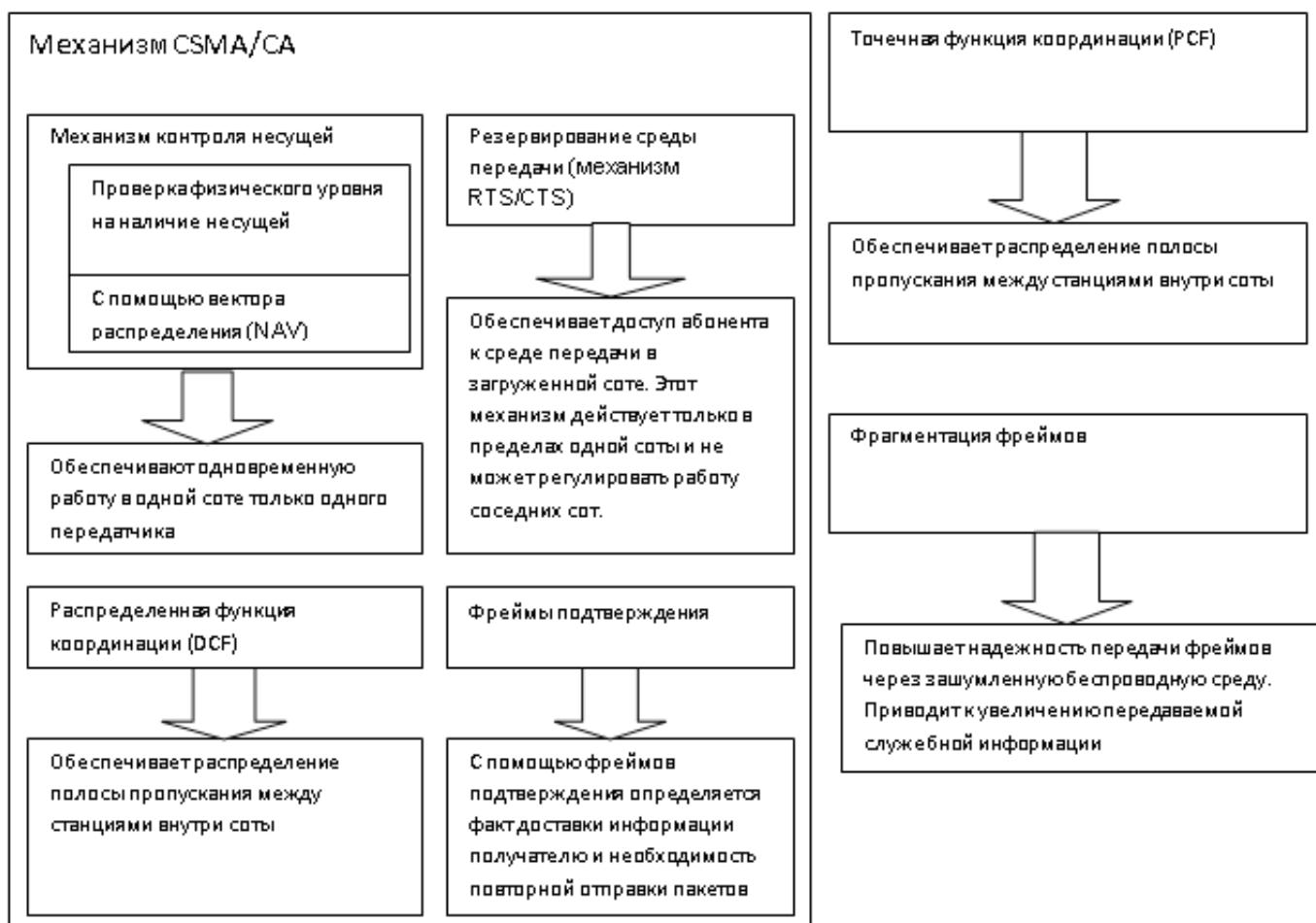


Рис. 1. Механизмы доступа к среде передачи

он увеличивает количество передаваемых служебных сигналов в BSS.

За счет фрагментации фреймов можно повысить надежность передачи фреймов в беспроводных локальных сетях, т.к. вероятность успешной передачи меньшего фрагмента через зашумленную беспроводную среду выше. В то же время, это приводит к увеличению передаваемой служебной информации. Фрагментация может быть полезна в загруженной беспроводной сети или при наличии помех. Остальные механизмы предназначены только для обеспечения связи внутри соты и уязвимы как для межсистемных помех, так и для помех от соседних сот.

Механизм PCF основан на взаимодействии точки координации (point coordinator, PC) и станций, опрашиваемых точкой координации (станции CF-Pollable). При работе под управлением механизма PCF, станции могут передавать данные (по одному фрейму за один раз) только тогда, когда точка координации производит их опрос. Точка координации может посыпать фреймы станциям, опрашивать их на предмет передачи фреймов, подтверждать прием фреймов в соответствии с требованиями MAC-уровня или закончить сеанс CFP. Спецификация 802.11e предполагает маркировку пакетов, относящихся к критическим данным, метками приоритета. Максимальный приоритет получают пакеты голосовых данных (IP-телефония), как наиболее критичные к задержке и полосе пропускания, потоки передающие видеинформацию, которым выделяется требуемая полоса при ее наличии. В BSS и ESS

передача данных идет только от клиента к точке доступа и обратно. Спецификация 802.11e добавляет возможность обмена трафиком непосредственно между двумя клиентами, что не только позволяет более эффективно использовать полосу пропускания, но и добавляет некоторые функциональные возможности, в частности, для домашних беспроводных сетей, способных обходиться без точки доступа вообще.

Механизмы контроля несущей с помощью временного разделения обеспечивают одновременную работу только одного передатчика в одной соте. При наличии помех этот механизм неэффективен, т.к. беспроводная среда может быть занята независимым сторонним мешающим передатчиком.

### **Выводы**

Таким образом, оборудование стандарта IEEE 802.11e защищает высокоприоритетный трафик беспроводной сети от низкоприоритетного внутри одной соты. Независимые от соты мешающие передатчики отрицательно влияют на любой вид передаваемого трафика. В результате поврежденные пакеты должны передаваться повторно. Для низкоприоритетного трафика задержка в доставке пакетов не очень критична. Для высокоприоритетного трафика (например ip-телефония) это неприемлемо, т.к. механизмы 802.11e как раз и предназначены для того, чтобы обеспечить быструю доставку высокоприоритетных данных.

### **Литература:**

1. Frank Ohrtman, Konrad Roeder, «Wi-Fi Handbook: Building 802.11b Wireless Networks», McGraw-Hill/Osborne, 2003.
2. Апорович, А.Ф., Бerezka M. B. Непреднамеренные радиопомехи и размеры ячеек сотовой связи. Электросвязь.— 2000. № 10 — М.: Радио и связь.
3. Тряпицын, А. В. Помехоустойчивость технологий Wi-Fi. //ЭМС, проектирование и технология электронных средств: Сб. науч. трудов кафедры РТУиС МИЭМ под ред. Л. Н. Кечиева.— М.: МИЭМ, 2004, с. 174–178.

## **Анализ внеполосных радиоизлучений средств связи**

Дараев Калбидин Абдумежитович, магистрант

Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

*В статье анализируются вопросы актуальной проблеме — электромагнитной совместимости (ЭМС) средств и систем связи вещания. Рассмотрено совместное использование общей полосы частот спутниково-выми системами, так как эта проблема является наиболее острой вследствие перегрузки геостационарной орбиты системами связи и вещания.*

**Ключевые слова:** электромагнитная совместимость, спутниковые системы, полоса частот, системы связи радиоизлучение

*In article questions to an actual problem — electromagnetic compatibility are analyzed (EMS) of means and communication systems of broadcasting. Sharing of the general frequency band by satellite systems as this problem is the sharpest owing to an overload of a geosynchronous orbit communication systems and hangings is considered.*

**Keywords:** *electromagnetic compatibility, satellite systems, frequency band, communication systems radio-frequency radiation*

**О**беспечение ЭМС является в настоящее время главной первоочередной проблемой при создании новых систем в том числе и спутниковой связи или вещания [3].

В настоящее время невозможно в полном масштабе реализовать ни одну электронную услугу без использования спутниковых технологий, будь то электронная медицина, электронное дистанционное образование или, наконец электронное правительство, поскольку спутниковый участок либо входит как неотъемлемая часть общей линии связи, либо полностью создает ее. Надо сказать, что в силу естественных особенностей геостационарной орбиты (спутник, выведенный на ГО, неподвижен относительно наблюдателя на поверхности Земли), эта орбита является в настоящее время наиболее востребованной и загруженной. Так, в настоящее время на геостационарной орбите находятся по разным оценкам от 240 до 260 действующих искусственных спутников. Естественно, такая высокая загрузка орбиты требует тщательно отработанной системы международной координации не только между собственно спутниковыми сетями, но и с наземными службами, так как практически за малым исключением отсутствуют полосы частот, которые были бы выделены для спутниковых систем на исключительной основе.

Практически сразу после запуска первого искусственного спутника Земли (ИСЗ) стала очевидной необходимость выработки международно-признанных норм и правил использования спектра радиочастот для спутниковых систем различного назначения.

Несмотря на почти 50-летнюю историю, международное сообщество не смогло найти идеальную систему, обеспечивающую максимально эффективное использование ресурса при одновременной долгосрочной гарантии доступа, хотя такая цель и сформулирована в основных документах МСЭ — Уставе и Регламенте радиосвязи.

Говоря о перспективах спутниковых технологий, нельзя не упомянуть подвижную спутниковую службу, которая в свое время реализовывалась в виде отдельных специальных сетей (Инмарсат, Иридиум, Глобалстар и др.). При этом сети подвижной связи используют как геостационарные (Инмарсат, Турайя), так и низколетящие спутники (Иридиум, Глобалстар). Хорошо известны и другие довольно развитые применения, кроме чисто связанных или вещательных, а именно системы спутниковой радионавигации (GPS, Глонасс, Галилео), метеорологические системы, или системы дистанционного зондирования Земли, системы предупреждения о катастрофах и т.д. Отметим что основное внимание уделено ЭМС систем спутниковой связи и вещания.

По своему функциональному назначению радиопередающие устройства формируют радиочастотные сигналы, модулированные в соответствии с передаваемой информацией, в определенной полосе частот. Требования к ши-

рине этой полосы определяются видом передаваемой информации, скоростью и качеством передачи. Минимальную полосу Вн для данного класса сообщений, обеспечивающая передачу сигналов с требуемыми скоростью и качеством, обозначим как необходимую полосой радиочастот. Излучения в пределах необходимой полосы частот это основные, а вне необходимой полосы — нежелательные. Как показывает анализ последние присущи любым реальным радиопередающим устройствам и могут быть ослаблены без ущерба для качества передаваемой информации. Их можно подразделить на побочные, внешнеполосные и шумовые. К таким относят нежелательные радиоизлучения, возникающие в результате любых нелинейных процессов в радиопередающем устройстве, за исключением процесса модуляции сигнала (излучения на гармониках, субгармониках, паразитные, комбинационные и интермодуляционные). Перечисленные виды излучений вызываются нелинейными процессами, существующими в самом передатчике, а также фидере и антenne. В образовании интермодуляционных излучений, кроме того, принимают участие внешние электромагнитные поля, воздействующие на данное радиопередающее устройство. Независимо от конкретной природы побочные радиоизлучения характеризуются значениями частот, спектральной плотностью потока мощности, а также с учетом свойств антенн — направленностью и поляризацией [2].

Радиоизлучения на гармонике — побочное радиоизлучение на частотах, в целое число раз больших частоты основного радиоизлучения: гарм = m $f_0$ , m=2,3... n (рис. 1). (Строго говоря, это определенно справедливо для случая немодулированного излучения. При наличии модуляции вместо термина «частота» имеется в виду «значение несущей частоты».) Излучения на гармониках принципиально присущи любым радиопередающим устройствам и обусловлены нелинейностью амплитудных и фазовых характеристик активных элементов. Конечным результатом этих нелинейных свойств является то, что выходное немодулированное колебание и (t) имеет форму, отличающуюся от гармонической, и, следовательно, представляют собой сумму колебаний основной частоты f0 и ее гармоник:

$$u(t) = u_0 + u_1 \cos(2\pi f_0 t + \varphi_1) + \sum_{m=2}^{\infty} u_m \cos(2\pi m f_0 t + \varphi_m),$$

где u (m) — коэффициенты разложения u (t) в ряд Фурье; m = 0,1,2..

Уровень гармонических составляющих генерируемого или усиливаемого колебания зависит от схемы радиопередающего устройства, типа и рабочих параметров активных приборов, режима работы, наличия дополнительных устройств частотной фильтрации и т.д. Кон-

крайнее проявление нелинейных свойств различно в зависимости от диапазона частот.

Независимо от конкретных причин возникновения гармоник их амплитуды связаны со степенью нелинейности и, как правило, убывают с ростом номера гармоники: чем сильнее выражены нелинейные свойства, тем больше амплитуды гармоник и большее число гармоник имеющих заметную амплитуду. Кроме того, уровень гармоник на выходе передатчика зависит от качества фильтрации цепей, особенностей схемы передатчика и степени согласования его с нагрузкой на частоте данной гармоники. Последнее обстоятельство становится весьма важным, если в выходном тракте, включая фидерные линии и антенну, об-

разуются резонансные контуры на частоте, близкой к частоте одной из гармоник. В этом случае уровень излучения на данной гармонике может возрастать. Как показывает опыт, уровень излучений на  $m$ -й гармонике неизбежно монотонно убывает с ростом номера гармоники [1,2].

Анализ показывает, что независимо от конкретного механизма возникновения внеполосные излучения характеризуются шириной занимаемой полосы частот и относительным уровнем.

Последний представляет собой отношение спектральной плотности мощности внеполосного излучения к максимальному значению спектральной плотности мощности основного радиоизлучения, выраженное в децибелах.

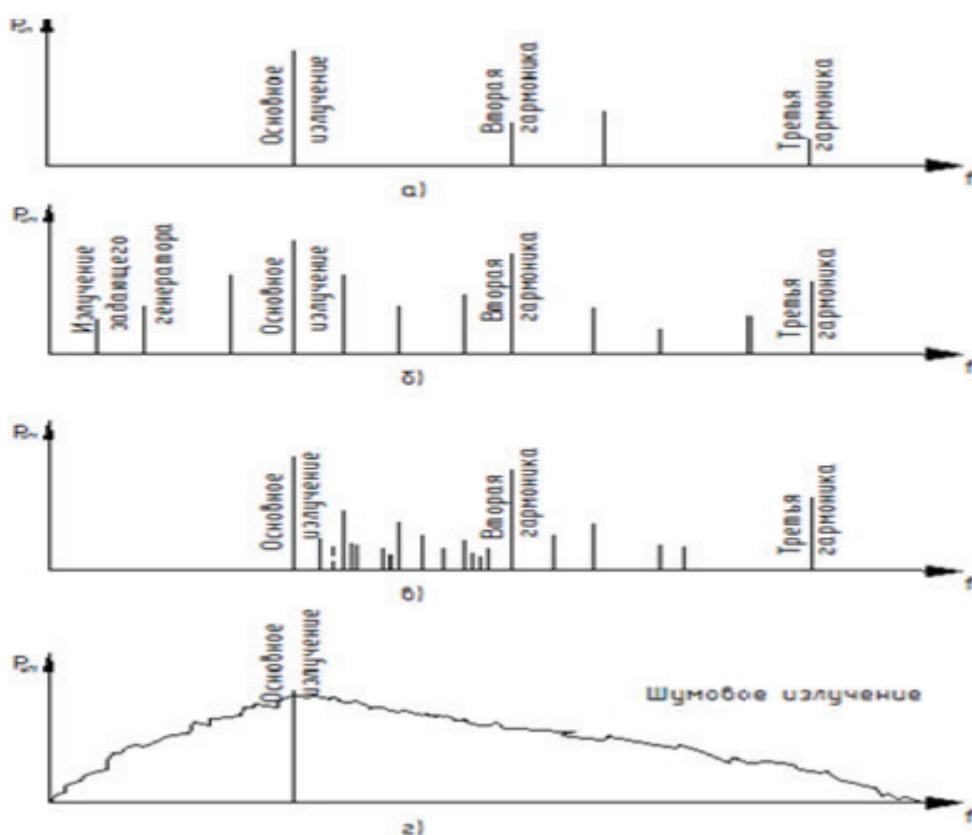


Рис. 1. Зависимости мощности излучения от частоты для различных вариантов образования побочного излучения:  
а – основное излучение и излучение на гармониках; б – излучение задающего генератора, основное излучение  
и излучение на гармониках; в – основное излучение и побочные излучения на гармониках и на частотах, не  
являющихся гармониками основной частоты; г – основное и шумовое излучения

Ширину занимаемой полосы частот  $B_{\text{зан}}$  определим как ширину полосы частот, за пределами которой излучается не более чем заданная ( $\beta$ ) часть средней мощности излучения (рис. 3); при определении занимаемой ширины полосы  $B_{\text{зан}}$  отсчет производим при  $\beta = 1\%$  от общей средней излучаемой мощности. Для оценки убывания внеполосных составляющих возьмем значение полосы частот на уровне  $X$  дБ ( $B_X$ ), понимаемое как значение полосы, за пределами которой интенсивность любых спектральных составляющих ослаблена относительно задан-

ного уровня основного излучения не менее чем на  $X$  дБ (рис. 2) (нижним уровнем измеряемой мощности излучения часто считают — 60 дБ от максимального значения, принятого за 0 дБ). Занимаемую полосу частот  $B_{\text{зан}}$  и ряд полос  $B_X$  на уровне  $X$  дБ удобно использовать для количественного описания внеполосных излучений при анализе ЭМС, а также для контроля и нормирования.

Удобно использовать понятие контрольной полосы частот  $B_K$ , отсчитываемой на уровне — 30 дБ относительно исходного уровня 0 дБ; вне этих границ мощность вне-

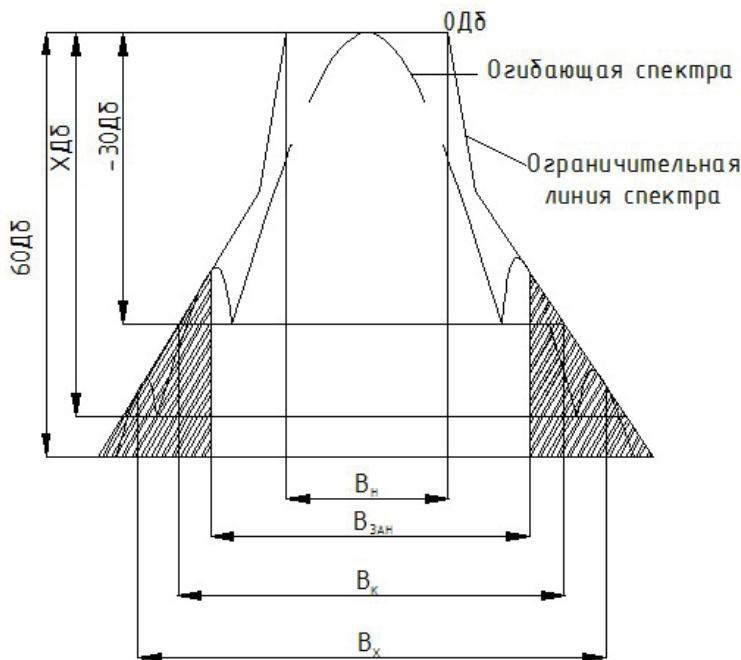


Рис. 2. Характеристика внеполосного излучения радиопередающего устройства

полосных излучений ослаблена в 1000 раз относительно максимального значения мощности излучения. Значение ширины полосы излучения на уровне — 30дБ используется при расчетах частотного разноса между соседними радиопередающими устройствами.

Современное развитие радиоэлектронных средств таково, что практически всегда любая система связи работает в окружении других систем связи. При этом передатчики данной системы связи могут создавать помехи приемникам других систем и наоборот.

### Выводы

Таким образом, при проектировании систем связи необходимо проверить возможность электромагнитной совместимости (ЭМС) проектируемой системы с другими радиоэлектронными средствами. Задача обеспечения ЭМС радиоэлектронных средств состоит в том, чтобы при выполнении соответствующих условий взаимные помехи не мешали нормальному функционированию радиоэлектронных средств и систем.

### Литература:

- Петровский, В. И., Седельников Ю. Е. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: Учеб. пособие для вузов. — М.: Радио и связь, 1986. — 216 с.
- Хачикян, В. С. Электромагнитная совместимость радиоэлектронных средств: Учеб. пособие. — Алматы, 2013. — 68 с.
- Электромагнитная совместимость систем спутниковой связи. Под ред. Л. Я. Кантора, В. В. Ноздрина. — М.: НИИР, 2009. — 280 с.

## Методы тестирования протокольных спецификаций

Касимов Абдуразак Оразгельдиевич, кандидат технических наук, зав. кафедрой;  
Дараев Абдумежит Масимович, кандидат технических наук, и.о. доцента  
Казахский национальный технический университет имени К.И. Сатпаева

Нурпеисова Динара Абдигамиловна, магистр  
Университет «Туран» (Казахстан)

*В данной статье определены ключевые вероятностно-временные характеристики процессов тестирования протоколов и выведены аналитические выражения для их расчета. Показана математическая модель процесса тестирования, алгоритмы оптимизации сроков и трудоемкости испытаний.*

**Ключевые слова:** система показателей, метод Вильсона, мультисервисные сети, телекоммуникационные протоколы, математический аппарат обработки

### Study of parameters of electric drive control system frequency converter — asynchronous motor

This article identifies the key probabilistic-time characteristics of the processes of testing protocols and derived analytical expressions for their calculation. Shows the mathematical model of the testing process, the optimization algorithms of the timing and complexity of the tests.

**Key words:** System of indicators, the method of Wilson, multiservice networks, telecommunications protocols, mathematical apparatus of processing

Методы спецификаций инфокоммуникационных протоколов еще недостаточно исследованы, а существующие модели проектирования протокольных спецификаций очень многое не позволяют принять во внимание. Развития средств спецификации и тестирования телекоммуникационных протоколов показывает, что переход к сетям следующего поколения NGN и возникновение мультисервисных конвергентных сетей связи привели к резкому усложнению телекоммуникационных протоколов и к увеличению затрат на их тестирование и на сертификацию реализующего эти протоколы телекоммуникационного оборудования.

Методика проведения испытаний телекоммуникационных протоколов, обеспечивающая полную проверку основных показателей качества функционирования сетевого элемента (узла коммутации) при высокой степени автоматизации процесса испытаний.

Метод базируется на математическом аппарате, позволяющем получать оценки вероятностных характеристик качества функционирования узла коммутации с любой точностью и достоверностью. Сформулированы требования и приведена структура программно-аппаратных средств, необходимых для реализации процесса испытаний.

Организация этого процесса требует решения следующих ключевых вопросов:

- выбор системы показателей;
- физическая модель среды;
- методика проведения проверки;
- математического аппарата обработки результатов.

Система показателей должна быть функционально полной, адекватно отражать качество функционирования узла коммутации, допускать возможность объективного измерения и иметь критерии оценок. В совокупности система показателей должна характеризовать доступность предоставляемых услуг абоненту, предсказуемость от-

ветной реакции на действия абонента, правильность обработки получаемой от абонента информации, непрерывность предоставляемого обслуживания.

На основе требований и существующих нормативных документов, с учетом Рекомендаций ITU серий Е. 800, Q.500, Y.1540 в качестве основных показателей, кроме вероятности потери вызова/сессии (по видам связи), приняты следующие:

1. вероятность отсутствия акустических сигналов;
2. вероятность ошибочного выбора направления;
3. вероятность преждевременного разъединения;
4. вероятность не состоявшегося разъединения;
5. вероятность неправильного начисления платы;
6. вероятность неадекватной реакции на нестандартные действия абонента;

Модель среды, используемая для проведения испытаний, включает в себя зону генерации нагрузки и анализа результатов и зону коммутации линейных сигналов. Структура модели представлена на рис. 1

В состав зоны коммутации входит следующее оборудование: реальные соединительные линии, обеспечивающие включение испытуемого сетевого элемента в сеть связи, протокол-тестер линейной сигнализации и часть того станционного оборудования испытуемого элемента, в котором могут осуществляться «завороты» исходящего направления на входящее. Организация таких заворотов с использованием средств маршрутизации в сетевом элементе позволяет значительно уменьшить необходимое число блоков генерации нагрузки и осуществлять в пределах одной станции исходящие, входящие и транзитные соединения. Детальная структурная схема комплекса приведена на рис. 2

Структура организации испытаний реализует обработку потока входящих вызовов по всем видам связи параллельно. Состав групп рассчитывается, исходя из общей емкости испытуемого сетевого элемента, числа

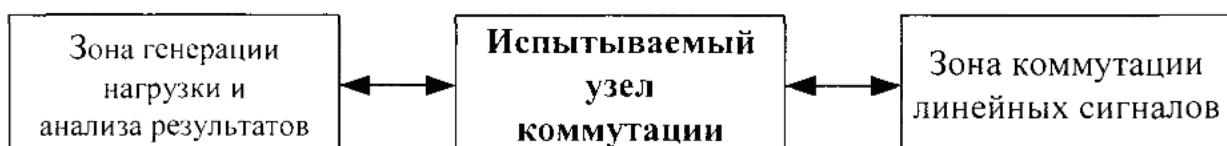


Рис. 1. Структура модели среды



Рис. 2. Комплекс тестирования телекоммуникационных протоколов

подключаемых соединительных линий, удельной нагрузки абонентской линии и числа транзитов, которые можно реализовать в испытуемом сетевом элементе на период проведения испытаний. Расчет состава групп и получения оценок вероятностей потерь по всем видам связи автоматизирован и проводится на основе приведенных выше математических моделей в программном комплексе, управляющем процессом генерации нагрузки после ввода исходных данных.

Использование подобной схемы проведения испытаний позволяет:

- минимизировать аппаратные средства генерации нагрузки,
- автоматизировать процесс проведения испытаний,
- получать достоверные оценки качества функционирования сетевого элемента по всем видам связи
- проводить испытания на стенде, что исключает воздействие случайных внешних факторов. Оценка результатов является одним из существенных аспектов процесса проведения испытаний. По всем контролируемым параметрам отдельно и в совокупности непрерывно фиксируется общее число попыток (вызовов)  $N$  и число неуспешных вызовов  $n$ . Число неуспешных вызовов есть случайная величина и характеризуется вероятностью возникновения данного события. Разработанный математический аппарат позволяет получить доверительные оценки вероятности наступления события (в частности, потери вызова) с заданной степенью достоверности. Предлагаемый метод получения оценок основан на использовании приближения распределения случайной величины  $n$  нормальным распределением, методом Вильсона. Существенное преимущество предлагаемого метода состоит в том, что расчет границ вероятности потерь и необходимого числа вызовов

$N$  (потери трактуются в широком смысле, по всем контролируемым параметрам) производится постоянно во время проведения испытаний и прямо зависит от реального функционирования испытуемого сетевого элемента, в отличие от известных методов, где число  $N$  генерируемых вызовов устанавливается изначально и иногда на порядки превосходит необходимое.

Таким образом, предлагаемый метод оценки вероятности потери вызова позволяет резко снизить время, необходимое для проведения испытаний. На рис. 3 показан график, характеризующий зависимость необходимого числа вызовов  $N$  от числа неуспешных результатов  $n$ . В заштрихованной области 1 реальные потери не превосходят нормативных, а в области 2 превосходят с вероятностью  $a$ .

Если целью испытаний является установление одного из двух соотношений с вероятностью  $a$ :  $p < \text{Роили } p > \text{Ро}$ , то испытания могут быть автоматически прекращены по достижении необходимого значения  $N$ . Если же целью испытаний является получение оценок вероятности потери вызова с заданной степенью точности, например, для сравнительного анализа АТС разных типов, то испытания продолжаются до получения оценок, отклоняющихся от истинного значения вероятности не более, чем на  $\gamma\%$ . Значение  $\gamma$  является задаваемой степенью точности.

В работе оценивалось среднее число вызовов  $N^*$ , необходимое для получения достоверной оценки с точностью, определяемой значением  $\gamma$ :

$$N^* = \frac{1}{P_0} \cdot \frac{(100b)^2}{r^2}$$

Эти оценки и предлагаемый метод проведения испытаний позволяют:

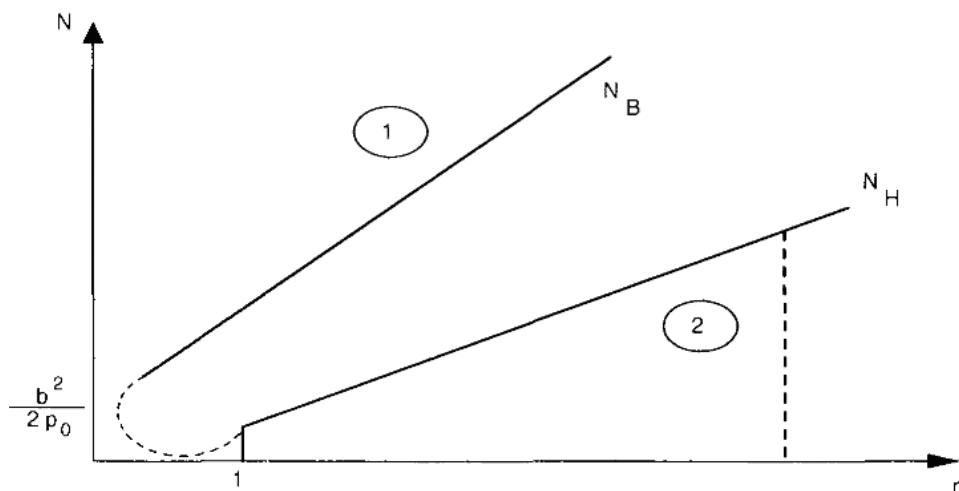


Рис. 3. Зависимость необходимого числа  $N$  от наблюдаемого числа  $n$

- 1) автоматизировать процесс проведения испытаний,
- 2) сократить время проведения испытаний,
- 3) возложить на программный комплекс весь процесс обработки результатов
- 4) создать единую систему показателей качества,
- 5) сформировать базу для сравнительного системного анализа однотипных сетевых элементов разных фирм-изготовителей.

Традиционная методика тестирования телекоммуникационных протоколов имеет очевидные недостатки: требует проведения одноэтапного, фиксированного и весьма значительного объема испытаний, не зависящего от качества

испытуемого устройства (сетевого элемента), а обратная связь между процессом и объемом испытаний отсутствует. Для оценки результатов испытаний в методике привлекается неадекватный математический аппарат (используется точечное оценивание вероятности потери вызова без определения меры точности этой оценки). В работе показаны математические модели сертификационных испытаний инфокоммуникационных протоколов, рассчитаны статистические оценки числа тестов в разных условиях. Определены ключевые вероятностно-временные характеристики процессов тестирования протоколов и выведены аналитические выражения для их расчета.

#### Литература:

1. Апостолова, Н.А., Гойхман В.Ю., Гольдштейн Б.С. Учрежденческие IP-PBX — прообраз эволюции технологий в СТС. //Вестник связи.—2003.— № 7. (в списке ВАК).
2. Глушков, В.М., Цейтлин Г.Е., Ющенко Е.Л. Алгебра. Языки. Программирование — 3-е изд., доп.— Киев: Наукова думка, 1989.
3. Гмурман, В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика.— М., 2008
4. Гойхман, В.Ю., Митошкин К.С. Организация мультисервисных сетей на основе программных коммутаторов. //Мир Lucent.— 2001.— № 9.

## Комплекс электронных лабораторных установок как информатизация учебного процесса и повышения качества обучения курсантов (студентов)

Онуфриенко Роман Владимирович, курсант  
Военная академия РВСН имени Петра Великого, филиал в г. Серпухове

**В**недрение в эксплуатацию комплекса электронных виртуальных лабораторных установок в сфере (военного) образования.

Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench — основа информатизации учебного процесса

В последние годы основные достижения в различных областях науки и техники неразрывно связаны с процессом совершенствования ПЭВМ. Сфера эксплуатации ПЭВМ — бурно развивающаяся отрасль человеческой практики, стимулирующая развитие новых теоретических

и прикладных направлений. Ресурсы современной информационно-вычислительной техники дают возможность ставить и решать математические задачи такой сложности, которые в недавнем прошлом казались нереализуемыми, например, создание прикладных вычислительных программ.

Формирование нового облика Вооруженных Сил Российской Федерации вызвало необходимость определить основы организации учебного процесса и научной деятельности.

Учеба является основным элементом повседневной деятельности военнослужащих высших военных заведений.

В рамках разработки методики обучения курсантов были определены учебные дисциплины и учебно-материальная база с учетом материальной обеспеченности военных заведений.

По замыслу методики обучения, каждый военнослужащий должен изучить общий курс дисциплин и дисциплины специального назначения — спец-предметы. Кроме того, каждый военнослужащий обязан получить практические навыки по применению и эксплуатации аппаратуры с которой ему предстоит взаимодействовать.

Нынешняя материальная база высших военных заведений (вузов) весьма объемна и широка, но не во всех регионах нашей необъятной Родины. Новейшая аппаратура очень дорогая, простыми словами — на настоящий момент УМБ не в полном объеме соответствует требованиям по причине дорогоизны отдельных элементов, в частности комплекс оборудования по электродинамики.

Предметом исследования являются электронные лабораторные работы в виртуальной среде программирования LabVIEW.

Комплекс электронных лабораторных установок (КЭЛУ) используется в системах сбора и обработки данных, а также для управления техническими объектами и технологическими процессами. Идеологически LabVIEW очень близка к SCADA-системам, но в отличие от них в большей степени ориентирована на решение задач не столько в области АСУ ТП, сколько в области АСИ.

Данный комплекс можно использовать для того, чтобы управлять различным оборудованием, таким, как, устройства сбора данных, различные датчики, устройства наблюдения, двигательные устройства (например, шаговые моторы) и тому подобное, а также GPIB, PXI, VXI, RS-232 и RS-484 устройства. Также в КЭЛУ имеются встроенные средства для подключения созданных программ к сети, используя LabVIEW Web Server и различные стандартные протоколы и средства, такие как TCP/IP и ActiveX.

Распространение LabVIEW за пределами лабораторий пошло по всем направлениям: вверх (на борту космических аппаратов), вниз (на подводных лодках) и по горизонтали (от буровых установок в Северном море до промышленных предприятий в Новой Зеландии). В связи с ростом возможностей Internet сфера применения LabVIEW стала расширяться не только в географическом, но и в виртуальном пространстве (cyberspace).

Все большее число разработчиков создает виртуальные приборы, допускающие удаленное управление и наблюдение через Internet. Измерительные системы на основе виртуальных приборов отличаются своей многофункциональностью, гибкостью и низкой стоимостью как с точки зрения оборудования, так и с точки зрения затрат времени на разработку.

Использование виртуальной программной среды LabVIEW при создании электронных виртуальных приборов, измерительных устройств, установок, легко и быстро реализовать следующие операции:

- создавать программы LabVIEW, именуемые виртуальными приборами (ВП); использовать разнообразные способы отладки программ;
- применять как встроенные функции LabVIEW, так и библиотечные VI
- создавать и сохранять собственные ВП, чтобы использовать их в качестве виртуальных подприборов — подпрограмм (ВПП);
- создавать оригинальные графические интерфейсы пользователя;
- сохранять свои данные в файлы и отображать их на графиках;
- создавать программы, применяющие интерфейсы канала общего пользования (GPIB) и последовательного порта RS-232;
- создавать приложения, использующие встраиваемые платы ввода/вывода {plug-in DAQ boards};
- использовать встроенные функции анализа для обработки данных;
- повышать скорость и эффективность ваших LabVIEW-программ;
- применять расширенные методики программирования с применением локальных и глобальных переменных и узлов свойств;
- публиковать данные в Internet с помощью HTML-публикации LabVIEW или технологии Data Socket;
- использовать LabVIEW для создания измерительных и управляющих приложений.

Планирование и контроль работ по реализации Концепции требует создания системы показателей, методов и средств их оценивания, а также создание системы статистики и сбора данных о ходе реализации. Основой для управления и контроля хода выполнения любой программы является интегрированная, сбалансированная система показателей, на базе которой оценивались бы следующие характеристики:

1. уровень (степень) достижения конечных и промежуточных целей программы;
2. социальный и научно-технический уровень результатов, которые должны быть получены в ходе выполнения программы;
3. экономическая эффективность проводимых работ.

С академической точки зрения система показателей, количественно оценивающая педагогическую, научную или любую другую деятельность, является подмноже-

ством давно устоявшейся области социальных или технико-экономических показателей, то есть вид статистических рядов, с помощью которых измеряется динамика в важнейших аспектах жизни общества.

Эффективность использования информационных технологий во многом определяется их качеством и доверием к ним пользователей. Качество изделий, процессов проектирования, производства и услуг является одной из узловых проблем определяющей уровень жизни человека и состояние народного хозяйства. Это полностью относится и к области информационных технологий. В информационные технологии входят следующие основные компоненты:

- аппаратные средства вычислительной техники (ACBT);
- аппаратные средства телекоммуникации (ACT);
- программные средства (ПС) реализации функций ИТ;
- базы данных (БД);
- документация, регламентирующая функции и применение всех компонент ИТ.

Переход на информатизацию — виртуальную форму обучения невозможен без предварительного перевода приборной базы на виртуальные, так как старые или обычные приборы не имеют цифровые интерфейсы и не могут управляться дистанционно на основе сетевых информационных технологий. Перевод учебного процесса на виртуальные приборы и дистанционное обучение дает следующие возможности:

1. Круглосуточная автоматическая работа комплекса электронных лабораторных работ. Достигается сокращение учебных площадей, оптимизация учебного расписания.

2. Индивидуализация и повышение качества обучения. Курсант (студент) самостоятельно вынужден будет выполнять лабораторную работу, а не группой в 3–4 человека за одной лабораторной установкой. Автоматически ведется допуск к работе, хронометраж работы с указанием календарного времени, а также записываются все действия курсанта (студента) на лабораторной установке. Преподаватель имеет возможность объективно оценить работу курсанта (студента) по результатам мониторинга. Появляются качественно новые возможности для самостоятельной работы курсантов (студентов).

В конечном счете, современные дистанционные технологии обучения создают основу общедоступности и демократизации высшего образования в гражданском обществе.

Организация лабораторного практикума по электродинамике сопряжена с рядом принципиальных трудностей. Это в первую очередь то, что человеческие органы чувств не воспринимают действие электромагнитного поля радиочастотного диапазона, а, значит, отсутствует наглядность экспериментов. Значительную трудность представляет разработка лабораторных установок, обладающих необходимой надежностью и работоспособных в пыльных, но неумелых руках курсантов (студентов). В настоящее время основным является теоретический подход к изучению электродинамики. Реальный эксперимент в учебной лаборатории электродинамики может лишь подтверждать некоторые моменты теоретических построений.

Таким образом, моделирование и разработка комплекса виртуальных приборов в среде LabVIEW позволяют провести виртуальный эксперимент с полнотой и наглядностью, недостижимой даже в самой современной и оснащенной научной лаборатории.

#### *Литература:*

1. Джейфри Тревис LabVIEW для всех: пер. с анг. Клушин Н. А. — М.: ДМК Пресс; ПрибороКомплект, 2005.
2. Евдокимов, Ю. К., Линдаль В. Р., Щербаков Г. И. LabVIEW 8 для радиоинженера. От виртуальной модели до реального прибора + CD.
3. Евдокимов, Ю. К.: LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. — М.: ДМК Пресс, 2007.

# АВТОМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА

## Метод снижения связности информационных графов параллельных программ для РВС, содержащих многоходовые мультиплексоры и демультиплексоры<sup>1</sup>

Гуленок Андрей Александрович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник  
Южный федеральный университет

Реконфигурируемые вычислительные системы (РВС) на базе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) находят своё применение при решении вычислительно трудоёмких задач из различных предметных областей. В настоящее время рост производительности кристаллов ПЛИС значительно опережает рост традиционных микропроцессоров. Так за пять лет с 2009 по 2014 гг. у фирмы Xilinx [1] вышли три поколения высокопроизводительных кристаллов ПЛИС: Virtex-6, Virtex-7 и Virtex UltraScale. При этом наблюдается более чем семикратное увеличение вычислительной ёмкости у кристаллов семейства Virtex UltraScale по сравнению с кристаллами семейства Virtex-6. В то же время, количество внешних пользовательских выводов у самых больших кристаллов семейства Virtex UltraScale по сравнению с кристаллами Virtex-6 выросло всего на 20%, и связано это лишь с увеличением физических размеров самой микросхемы. У кристаллов одного и того же физического размера при переходе от одного поколения к следующему наблюдается лишь снижение общего числа выводов доступных пользователю для организации информационных обменов. В связи с этим в современных РВС одним из

критических ресурсов являются физические линии связи между кристаллами ПЛИС.

В НИИ МВС ЮФУ в последние десять лет разрабатываются и развиваются инструментальные средства программирования, которые обеспечивают быструю разработку эффективных параллельных программ для РВС на языке высокого уровня [2]. При решении прикладной задачи данными средствами, выполняется автоматическое отображение вычислительной структуры параллельной программы на аппаратный ресурс РВС.

Зачастую, вычислительные структуры прикладных программ для РВС содержат сложные вычислительные блоки с большим числом входов и выходов. Примером могут служить многоходовые мультиплексоры («MX» на рис. 1) и демультиплексоры («DMX» на рис. 1). Подобные элементы вызывают проблемы, когда функциональные блоки с входных и выходных потоков распределяются по разным кристаллам ПЛИС, порождая множество внешних связей, которые необходимо трассировать от одного кристалла (к примеру, где разместился «MX» или «DMX») к множеству других кристаллов, где были размещены смежные вычислительные устройства.

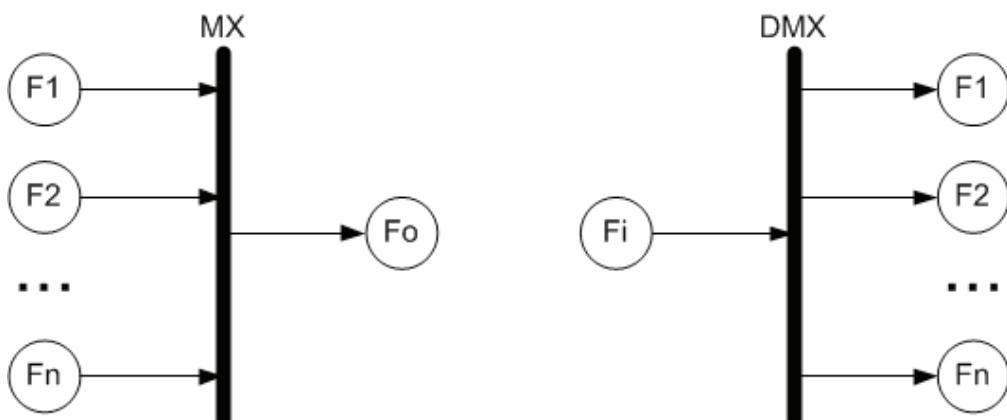


Рис. 1. Пример элементов с большим числом выводов

<sup>1</sup> Работа выполнена при финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, на 2016-2018 гг. (СП-173.2016.5).

На рисунке 2 представлен пример, где размещение мультиплексора «MX» в кристалле «ПЛИС1» порождает множество входных, выходных и транзитных связей. Даже

если переместить мультиплексор «MX» в данном примере в кристалл «ПЛИС2», то количество связей от «ПЛИС3» и «ПЛИС4» не изменится.

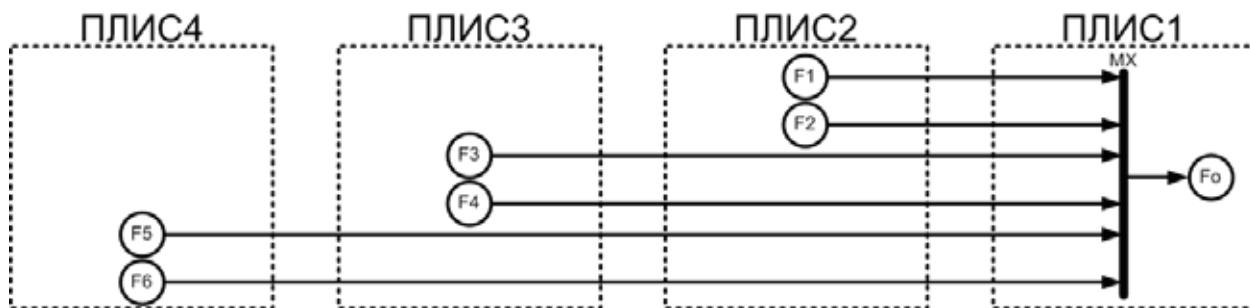


Рис. 2. Пример распределения вычислительной структуры

Очевидно, что в данном примере (рис. 2) мультиплексор «MX» может быть разбит на несколько отдельных мультиплексоров (см. рис. 3), которые будут распределены по

кристаллам, таким образом, чтобы число внешних связей было минимальным.

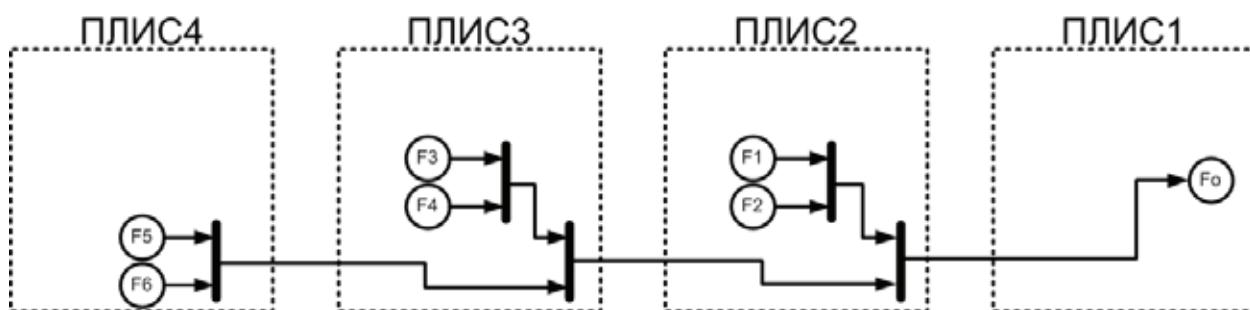


Рис. 3. Пример оптимизации вычислительной структуры

Чтобы подобная модернизация не нарушила функциональную эквивалентность новой вычислительной структуры к исходной необходимо отдельно переработать механизм управления новыми мультиплексорами на основе управления исходного мультиплексора. Данная задача является чисто технической и не вызывает особых проблем, поэтому в данной работе она не рассматривается.

При отображении вычислительной структуры параллельной программы на аппаратный ресурс РВС разработанными средствами программирования последовательно решаются три подзадачи:

- разбиение информационного графа, описывающего вычислительную структуру параллельной программы, на непересекающиеся фрагменты, каждый из которых будет размещён в отдельном кристалле ПЛИС;
- размещение сформированных подграфов по кристаллам ПЛИС РВС;
- трассировка внешних связей размещенных фрагментов вычислительной структуры параллельной программы, соответствующих сформированным подграфам.

Данные подзадачи связаны между собой и положительный результат каждой зависит от того насколько

эффективно решена своя часть задачи на предыдущих этапах. Поэтому подобную модификацию вычислительной структуры предлагается учитывать ещё на самом первом этапе — разбиении информационного графа.

Предлагаемый метод снижения связности информационных графов параллельных программ для РВС состоит из следующих этапов:

- удаление из информационного графа вершин, соответствующих многоходовым мультиплексорам и демультиплексорам;
- перераспределение рёбер инцидентных удалённым вершинам;
- дополнительный анализ полученных соединений при расчёте внешних связей фрагментов вычислительной структуры параллельной программы, описанных подграфами, формируемыми при разбиении информационных графов;
- дополнительный анализ полученных соединений при трассировке внешних связей фрагментов вычислительной структуры размещенных в кристаллы ПЛИС;
- расстановка дополнительных мультиплексоров и демультиплексоров взамен удалённым после этапа трассировки.

После удаления вершин, соответствующих многоходовым мультиплексорам и демультиплексорам, необходимо перераспределить инцидентные им рёбра непосредственно между вершинами смежными удалённым, как показано на рисунке 4, где пунктиром обозначены удалённые элементы.

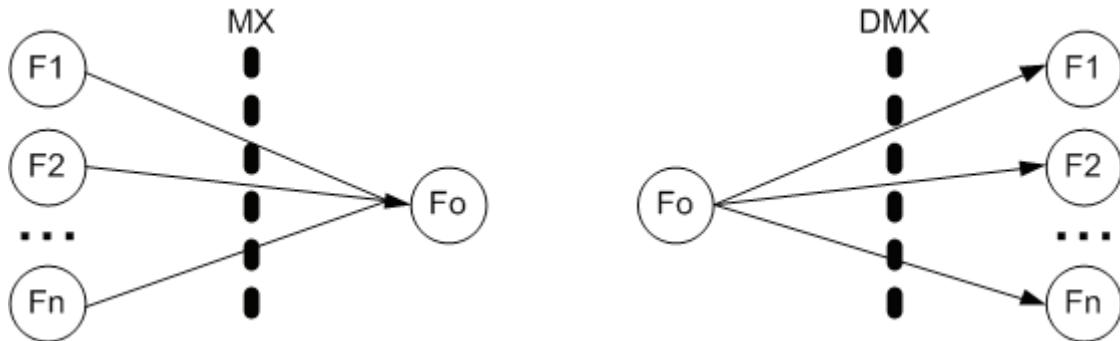


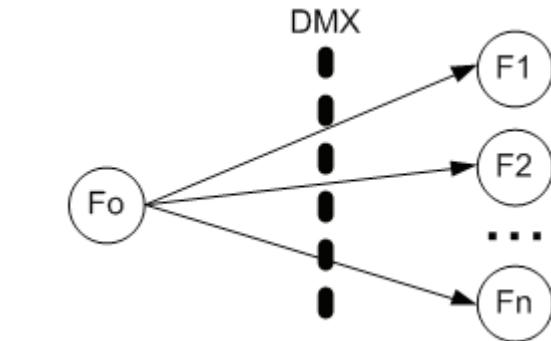
Рис. 4. Пример модернизации информационного графа

Связи типа «один-много» и так встречаются в вычислительных структурах параллельных программ и их анализ включён в ранее разработанные методы и алгоритмы отображения информационных графов на аппаратный ресурс РВС [3]. Для формируемых фрагментов вычислительной структуры входные и выходные внешние связи «один-много» от одного источника при расчёте общей суммы внешних связей анализируются на основании диапазона разрядов от источника, попавшие в данные связей. Например, если источник имеет разрядность «32» и все исходящие связи сформированных на основании полного его диапазона, то, сколько бы не было входных или выходных связей от данного источника у какого-либо фрагмента, их доля в общей сумме внешних связей фрагмента составляет «32». Также в ранее разработанных алгоритмах трассировки связи «один-много» учитываются таким образом, что они могут занимать одни и те же физические линии связи между кристаллами ПЛИС.

Появившийся после предлагаемой модификации тип связи «много-один» не имеет физического смысла для вычислительных структур параллельных программ, так как в один и тот же принимающий порт функционального блока может быть подан только один поток данных суммарной разрядностью равной разрядности самого порта. Поэтому анализ подобных связей не был предусмотрен в ранее разработанных методах и алгоритмах.

Введение нового типа связей «много-один» облегчит модификацию ранее разработанных алгоритмов раз-

Связи, соответствующие получившимся рёбрам, представляют собой типы «много-один» (много источников, один приёмник) для мультиплексора и «один-много» (один источник, много приёмников) для демультиплексоров.



биения информационных графов параллельных программ и трассировки внешних связей в коммутационной структуре РВС. Подобные связи будут анализироваться аналогично связям «один-много» и учитываться при расчёте суммарного числа внешних фрагментов вычислительной структуры параллельной программы и при их трассировке. Отличие заключается лишь в том, что будет анализироваться не общий источник, а общий приёмник.

Расстановка новых мультиплексоров и демультиплексоров взамен удалённых в модернизированной структуре будет выполняться уже после размещения сформированных фрагментов вычислительных структур параллельных программ и трассировки внешних связей, чтобы учесть проложенные транзитные связи через кристаллы ПЛИС.

Предлагаемый новый метод снижения связности информационных графов параллельных программ для РВС в общем случае не увеличит общее число трассируемых связей, а в некоторых случаях, при распределении многоходовых мультиплексоров/демультиплексоров и смежных им вычислительных блоков по разным кристаллам ПЛИС, позволит уменьшить их количество. Что особенно актуально для решения задачи отображения параллельных программ на реконфигурируемые вычислительные системы, построенные на современной элементной базе, из-за сложившейся тенденции уменьшения числа внешних пользовательских выводов кристаллов ПЛИС.

#### Литература:

1. [www.xilinx.com](http://www.xilinx.com).
2. Multi-level Programming of FPGA-based Computer Systems with Reconfigurable Macroobject Architecture, IFAC Proceedings Volumes, Programmable Devices and Embedded Systems, Volume № 12, part № 1, 2013, pp. 204–209.
3. Гуленок, А. А. Синтезатор структурных параллельных прикладных программ для многокристальных реконфигурируемых вычислителей: дис. канд. техн. наук / Гуленок А. А.— Таганрог, 2011.

## Адаптивная система управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси

Климова Оксана Леонидовна, аспирант;  
 Климов Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент;  
 Янаев Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, доцент  
 Сибирский федеральный университет

**П**остановка проблемы. Асфальтобетонное покрытие нынешних дорог подвержено различным эксплуатационным воздействиям — нагрузки автотранспортных средств, интенсивность движения, истирающее действие колес и т.п. При этом накапливающиеся внутренние напряжения и необратимые деформации, связанные с изменением структуры материала покрытия, способствуют появлению различных дефектов и повреждений (сдвиговые деформации, трещинообразование, выкрашивание и интенсивное изнашивание). Основным критерием повышения эксплуатационных качеств автомобильных дорог является их правильное строительство и ремонт с соблюдением всех технологических требований [1–4]. Но, как показывает практика формирование асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог, реконструкция дорожных одежд и ремонтные работы дорог осуществляются с грубыми нарушениями, т.е. выше перечисленные работы выполняются в неблагоприятные погодные условия с нарушением технологических требований, что снижает сохранность и эксплуатационные качества автомобильных дорог в 3–5 раз [5–9]. Поэтому строительство, эксплуатация и ремонт асфальтобетонных дорог требуют огромных инвестиций.

Цель научной работы. Разработать систему автоматического управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси для повышения качества асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог на основе результатов теоретических исследований по автоматизации основных процессов с применением современных информационных технологий.

В качестве прототипа принята система автоматического управления рабочего органа асфальтоукладчика, содержащая датчик углового положения с индикатором ошибки и переключателями задатчика стабилизируемого угла, датчик высотного положения с индикатором ошибки, блок управления, дискретные гидравлические приводы и тензометрический преобразователь усилия в металлоконструкции трамбующего бруса [10].

Недостатком прототипа является низкая эффективность системы автоматического цифрового управления, обусловленная тем, что степень уплотнения асфальтобетонной смеси в процессе ее уплотнения контролируется тензометрическим преобразователем усилия в металлоконструкции трамбующего бруса, кроме того, в системе отсутствует адаптивный (сенсорный) датчик на раме рабочего органа асфальтоукладчика для мгновенного реагирования на изменение какого-либо фактора окружающей среды и технологического процесса, блок фазификатор для перевода исходных данных с датчиков, контролирую-

ющих управляющий процесс, в значения лингвистических переменных, блок адаптивного управления для реализации процедуры нечеткого вывода на множестве производственных правил, составляющих базу знаний системы управления, в результате чего формируются выходные лингвистические значения, блок дефазификатор для перевода лингвистических значений в точные значения результатов вычислений и формирования управляющих воздействий, подаваемых на дискретные гидравлические приводы, что снижает точность автоматического цифрового управления и приводит к длительному процессу укладки дорожного полотна во времени, значительному сокращению срока службы асфальтобетонного покрытия и снижению производительности дорожно-строительных работ.

Задачей изобретения является повышение эффективности цифровой адаптивной системы управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси за счет применения сенсорного датчика на раме рабочего органа асфальтоукладчика, обеспечивающего мгновенное реагирование на изменение какого-либо фактора окружающей среды и технологического процесса, блока фазификатора, обеспечивающего перевод исходных данных с датчиков, контролирующих управляющий процесс, в значения лингвистических переменных, блока адаптивного управления, обеспечивающего реализацию процедуры нечеткого вывода на множестве производственных правил, составляющих базу знаний системы управления, в результате чего формируются выходные лингвистические значения, блока дефазификатора, обеспечивающего перевод лингвистических значений в точные значения результатов вычислений и формирование управляющих воздействий, подаваемых на дискретные гидравлические приводы, а также повышение точности цифрового адаптивного управления и значительное сокращение процесса укладки дорожного полотна во времени, увеличение срока службы асфальтобетонного покрытия и производительности дорожно-строительных работ.

Для решения поставленной задачи цифровая адаптивная система управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси содержит датчик углового положения 1, имеющий индикатор ошибки и переключателями задатчика стабилизируемого угла, датчик высотного положения 2, имеющий индикатор ошибки, тензометрический преобразователь усилия 3, сенсорный датчик 4, блок «фазификатор» 5, блок адаптивного управления 6, блок «дефазификатор» 7 и дискретные гидравлические приводы 8. Датчик углового положения 1 вырабатывает сигнал ошибки, пропорциональный величине

отклонения рабочего органа асфальтоукладчика от гравитационной вертикали. Сигнал ошибки поступает с выхода датчика углового положения 1 на первый вход блока «фазификатор» 5. Датчик высотного положения 2 вырабатывает сигнал ошибки, пропорциональный величине отклонения рабочего органа от положения, заданного копиром. Сигнал ошибки поступает с выхода датчика высотного положения 2 на второй вход блока «фазификатор» 5. Тензометрический преобразователь усилия 3 вырабатывает сигнал, пропорциональный усилию в металлоконструкции трамбующего бруса, который поступает с выхода тензометрического преобразователя усилия 3 на третий вход блока «фазификатор» 5. Сенсорный датчик 4, установленный на раме рабочего органа асфальтоукладчика, вырабатывает сигнал, пропорциональный изменению какого-либо фактора окружающей среды и технологического

процесса, который поступает с выхода сенсорного датчика 4 на четвертый вход блока «фазификатор» 5. Блок «фазификатор» 5 переводит исходные данные с датчиков, контролирующих управляющий процесс, в значения лингвистических переменных, для блока адаптивного управления 6. Блок адаптивного управления 6 реализует процедуры нечеткого вывода на множестве производственных правил, составляющих базу знаний системы управления, в результате чего формируются выходные лингвистические значения для блока «дефазификатор» 7. Блок «дефазификатор» 7 переводит лингвистические значения в точные значения результатов вычислений и формирует управляющие воздействия, подаваемые на дискретные гидравлические приводы 8 для сведения текущих ошибок к нулю. Длительность и частота управляющих сигналов зависит от величины ошибки [11].

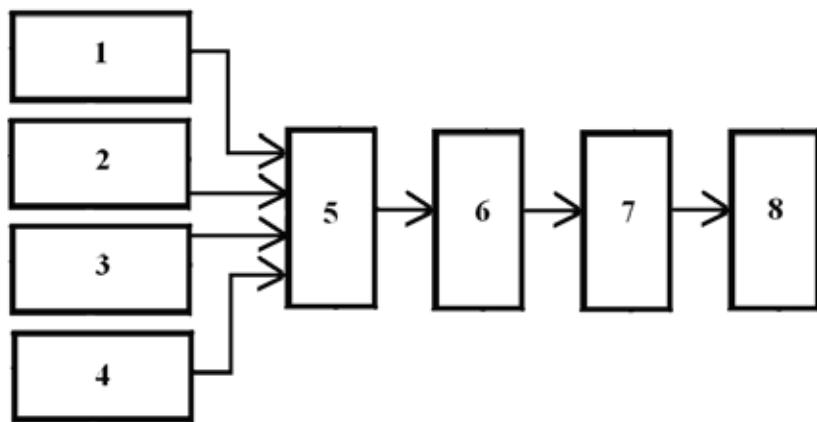


Рис. 1. Функциональная схема расположения блоков цифровой адаптивной системы управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси

На рисунке 1 приведена функциональная схема расположения блоков цифровой адаптивной системы управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси.

**Заключение.** Таким образом, преимущество нового технического решения заключается в повышении эффективности цифровой адаптивной системы управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси вследствие непрерывного процесса устройства дорожного полотна, за счет применения сенсорного датчика на раме рабочего органа асфальтоукладчика, обеспечивающего мгновенное реагирование на изменение какого-либо фактора окружающей среды и технологического процесса, блока «фазификатор», обеспечивающего перевод исходных данных с датчиков, контролирующих управляющий процесс, в значения

лингвистических переменных, блока адаптивного управления, обеспечивающего реализацию процедуры нечеткого вывода на множестве производственных правил, составляющих базу знаний системы управления, в результате чего формируются выходные лингвистические значения, блока «дефазификатор», обеспечивающего перевод лингвистических значений в точные значения результатов вычислений и формирование управляющих воздействий, подаваемых на дискретные гидравлические приводы, что в целом свидетельствует о повышении точности цифрового адаптивного управления и значительном сокращении процесса укладки дорожного полотна во времени, увеличение срока службы асфальтобетонного покрытия и производительности дорожно-строительных работ.

#### Литература:

1. Климов, А. С. Автоматизация процесса формирования асфальтобетонного покрытия дороги [Текст]: автореф. дис... канд. техн. наук: 05.13.06 / А. С. Климов; [Сибирский федеральный университет]. — Красноярск, 2010.— 21 с.
2. Климов, А. С. Автоматизация процесса формирования асфальтобетонного покрытия дороги [Текст]: дис... канд. техн. наук / А. С. Климов.— Красноярск, 2010.— 122 с.

3. Система автоматического управления винтового шнека асфальтоукладчика [Текст]: пат. 116507 Рос. Федерации: МПК Е 01C19/48 / Климов А. С., Климов С. С., Шилкин С. В.; заявитель и патентообладатель Красноярск, Сибирский федеральный университет. — № 2011154625/03; заявл. 30.12.2011; опубл. 27.05.2012, Бюл. № 15.— 6 с.
4. Система автоматического управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси [Текст]: пат. 119350 Рос. Федерации: МПК Е 01C23/07 / Климов А. С., Климов С. С.; заявитель и патентообладатель Красноярск, Сибирский федеральный университет. — № 2012109050/03; заявл. 11.03.2012; опубл. 20.08.2012, Бюл. № 23.— 8 с.
5. Климов, А. С. Совершенствование систем автоматического управления процессами формирования асфальтобетонной смеси [Текст] / А. С. Климов, О. Л. Климова, С. С. Климов // Строительные и дорожные машины. — Москва: Издательство технической литературы «СДМ-Пресс» — 2013. — № 12.— с. 38–42.
6. Система управления процессом формирования асфальтобетонной смеси [Текст]: материалы VII междунар. науч.—практ. конф. «Наука в современном информационном обществе, 09–10 ноября, 2015 North Charleston, USA/ CreateSpace. — North Charleston, USA: н. — и.ц. «Академический», 2015.— 246 с.
7. Климов, А. С. Повышение эффективности строительства внутрихозяйственных автомобильных дорог в сельскохозяйственных предприятиях и организациях [Текст] / А. С. Климов, О. Л. Климова и др.// Вестник КрасГАУ. — Красноярск, 2015.— Выпуск 4 (103).— с. 33–37.
8. Климов, А. С. Совершенствование устройства для нанесения разделительных полос и сложных изображений больших размеров на дорожное полотно [Текст] / А. С. Климов, О. Л. Климова // Механизация строительства. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательский дом «БИБЛИО-ГЛОБУС» — 2015.— № 12.— с. 16–18.
9. Климов, А. С. Реализация системы автоматического управления асфальтоукладчика для уплотнения асфальтобетонной смеси [Текст] / А. С. Климов, О. Л. Климова и др.// Механизация строительства. — Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательский дом «БИБЛИО-ГЛОБУС» — 2016.— № 4.— с. 48–51.
10. Система автоматического управления рабочего органа асфальтоукладчика [Текст]: пат. 95688 Рос. Федерации: МПК Е 02F9/20 / Климов А. С., Климов С. С. и др.; заявитель и патентообладатель Красноярск, Сибирский федеральный университет. — № 2010106464/22; заявл. 24.02.2010; опубл. 10.07.2010, Бюл. № 19.— 6 с.
11. Цифровая адаптивная система управления процессом уплотнения асфальтобетонной смеси [Текст]: пат. 2499095 Рос. Федерации: МПК Е 01C23/07 / Климов А. С., Климов С. С. и др.; заявитель и патентообладатель Красноярск, Сибирский федеральный университет. — № 2012114326/03; заявл. 11.04.2012; опубл. 20.11.2013, Бюл. № 32.— 8 с.

# ЭНЕРГЕТИКА

## Исследование параметров управляющего устройства двухдвигательного электропривода переменного тока

Джулаева Жазира Тулегеновна, магистр, старший преподаватель;  
 Касымова Айнур Есбергеновна, магистр, старший преподаватель;  
 Садвокасова Жадыра Джумагазиевна, магистр, старший преподаватель  
 Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М. Тынышпаева

*Рассматривается алгоритм синтеза параметров управляющего устройства асинхронного электропривода с системой преобразователь частоты — асинхронный двигатель на ЭВМ.*

*Ключевые слова:* асинхронный электропривод, преобразователь частоты, среда MATLAB, управляющее устройство, энергосберегающий электропривод, система управления

*An algorithm of synthesis of parameters of the control device of asynchronous electric drive with frequency Converter — the asynchronous engine computer*

**Key words:** Asynchronous electric drive, frequency Converter, MATLAB, control device, energy-saving electric drive, control system.

Пуск и торможение асинхронного электропривода переменного тока является одним из основных режимов работы асинхронного электропривода, в особенности для осуществления непрерывного технологического процесса многих производственных машин и установок. Плавный пуск и торможение асинхронного электропривода — одно из необходимых требований технологического процесса производственных машин [1,2,3]. При проектировании управляющего устройства возникает задача выбора его параметров, обеспечивающее плавный пуск движением электроприводом с системой преобразователь частоты — асинхронный двигатель (ПЧ — АД). Структурная схема двухдвигательного асинхронного электропривода с системой ПЧ — АД в среде MATLAB представлена на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, структурная схема состоит из двух идентичных однодвигательных асинхронных электроприводов, напряжения с датчиков скорости каждого двигателя суммируются ( $k\omega_1 + k\omega_2$ ).

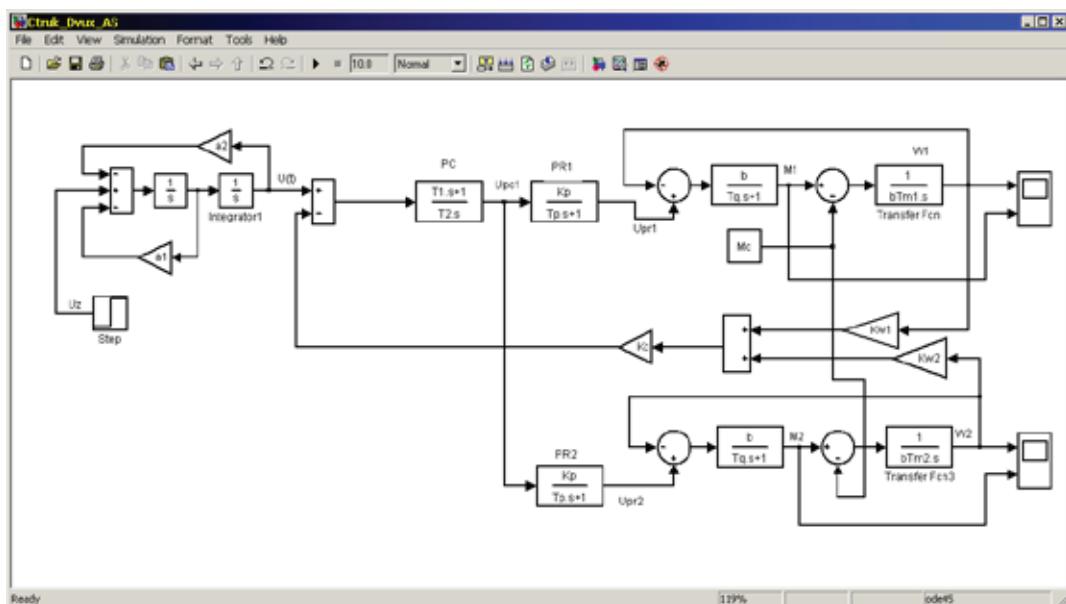


Рис. 1. Структурная схема двухдвигательного асинхронного электропривода с системой ПЧ – АД

В свою очередь сигнал с суммирующего звена подается вход звена с коэффициентом связи  $K_c$ , далее сигнал подается на вход суммирующего звена системы, где сравнивается с сигналом управления  $U(t)$ . Управляющее устройство, на структурной схеме, представлено двумя интегрирующими звенями с коэффициентами обратных связей  $a_1$  и  $a_2$ . Структурная схема двухдвигательного асинхронного электропривода составлена на основе линеаризованной системы однодвигательного асинхронного электропривода [3]. Математическая модель управляющего устройства описывается следующими дифференциальными уравнениями:

$$\begin{aligned} \frac{du}{dt} &= z, \\ \frac{dz}{dt} &= u_z - a_1 z - a_2 u, \end{aligned} \quad (1)$$

где  $u_z$  — задающее воздействие на входе устройства управления,  $u$  — управление системы. Численные значения параметров асинхронных двигателей и преобразователей частоты известны. Поэтому определению подлежат параметры управляющего устройства  $a_1$  и  $a_2$ , коэффициент связи  $K_c$  и постоянные времени регулятора скорости (РС)  $T_{pc1}$  и  $T_{pc2}$ . Указанные параметры должны быть рассчитаны таким образом, чтобы переходные процессы скоростей асинхронных двигателей с системой ПЧ — АД получались без перерегулирования и без колебаний, т. е. близкие к оптимальному процессу. Для решения задачи синтеза параметров регулятора скорости, коэффициента связи и параметров управляющего устройства, динамику замкнутого частотно — регулируемого двухдвигательного асинхронного электропривода представим следующей системой дифференциальных уравнений при  $M_c = 0$ :

$$\begin{aligned} \frac{d\Delta\omega_1}{dt} &= y_1; \\ \frac{dy_1}{dt} &= \frac{1}{T_s T_m} \Delta\omega_{01} - \frac{1}{T_s} y_1 - \frac{1}{T_s T_m} \Delta\omega_1; \\ \frac{d\Delta\omega_{01}}{dt} &= \frac{k_n}{T_n} \Delta U_{pc} - \frac{1}{T_n} \Delta\omega_{01}; \\ \frac{d\Delta\omega_2}{dt} &= y_2; \\ \frac{dy_2}{dt} &= \frac{1}{T_s T_m} \Delta\omega_{02} - \frac{1}{T_s} y_2 - \frac{1}{T_s T_m} \Delta\omega_2; \\ \frac{d\Delta\omega_{02}}{dt} &= \frac{k_n}{T_n} \Delta U_{pc} - \frac{1}{T_n} \Delta\omega_{02}; \\ \frac{d\Delta U_{pc}}{dt} &= \frac{1}{T_{pc2}} \cup + \frac{T_{pc1}}{T_{pc2}} z - \frac{T_{pc1} K_c}{T_{pc2}} (c_1 y_1 + c_2 y_2) - \frac{K_c}{T_{pc2}} (c_{1\Delta\omega_1} + c_2 \Delta\omega_2); \\ \frac{d\Delta\cup}{dt} &= z; \\ \frac{dZ}{dt} &= U_{sc} - b_1 z - b_2 \Delta\cup, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\Delta\omega_i$  — приращение скорости вращения двигателя;

$\Delta\omega_{0i}$  — приращение угловой скорости электромагнитного поля;

$\Delta U_{pc1}$  — приращение напряжения на выходе регулятора скорости;

$K_{nu}$  — передаточный коэффициент преобразователя частоты (ПЧ);

$T_{nu}$  — постоянная времени цепи управления ПЧ;

$T_s$  — эквивалентная электромагнитная постоянная времени цепи

статора и ротора АД;

$T_m$  — электромеханическая постоянная времени двигателя;

$T_{pc1}, T_{pc2}$  — постоянные времени регулятора скорости;

С целью удобства решения поставленной задачи систему уравнений (2) запишем в следующем виде:

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_2; \\ \frac{dx_2}{dt} &= a_1 x_3 - a_2 x_2 - a_3 x_1; \\ \frac{dx_3}{dt} &= a_4 x_7 - a_5 x_3; \end{aligned}$$

$$\frac{dx_4}{dt} = x_5; \quad (3)$$

$$\frac{dx_5}{dt} = a_6x_6 - a_7x_5 - a_8x_4;$$

$$\frac{dx_6}{dt} = a_9x_7 - a_{10}x_6;$$

$$\frac{dx_7}{dt} = \frac{1}{T_{pc2}} \cup + \frac{T_{pc1}}{T_{pc2}} z - \frac{T_{pc1}K_c}{T_{pc2}} (c_1x_2 + c_2x_5) - \frac{K_c}{T_{pc2}} (c_1x_1 + c_2x_4);$$

$$\frac{dx_8}{dt} = x_9;$$

$$\frac{dx_9}{dt} = U_{3,c} - b_1x_9 - b_2x_8,$$

здесь  $x_1 = \Delta\omega_1$ ;  $x_2 = y_1$ ;  $x_3 = \Delta\omega_{01}$ ;  $x_4 = \Delta\omega_2$ ;

$x_5 = y_2$ ;  $x_6 = \Delta\omega_{02}$ ;  $x_7 = \Delta u_{pc}$ .

Структурная схема алгоритма [4] синтеза параметров системы (3) приведена на рисунке 2.

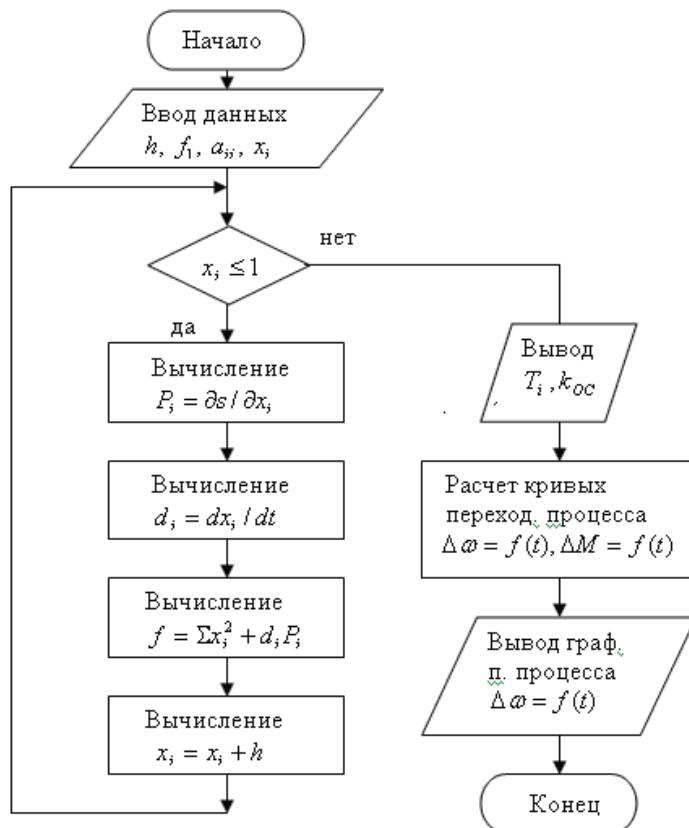


Рис. 2. Алгоритм синтеза параметров

Процедура вычислений заключается в следующем:

Вводятся исходные данные — величина шага  $h = \Delta x_i$  по каждой переменной  $x_i$ , вводится начальное приближение функции многих переменных  $f = 1e^{-9}$ , задаются случайные значения (с использованием датчика случайных величин) коэффициенты  $a_{ij}$  квадратичной формы функции  $S = \sum a_{ij} x_i x_j$ ;

Проверяется условие выполнения неравенства численного значения переменной  $x_i$ ;

Вычисляются частные производные квадратичной функции  $S$  по каждой переменной  $x_i$ ;

Вычисляются численные значения правой части системы дифференциальных уравнений (3)  $d_i = dx_i / dt$ ;

Вычисляется минимум функции многих переменных  $f$  методом сканирования, представляющая собой сумму функции Ляпунова  $V = \sum x_i^2$  и её полной производной  $dV/dt = (\partial S/\partial x_i)d_i$ ;

Вычисляются новые численные значения переменных  $x_i = x_i + h$  с передачей управления счета на проверку условия не превышения заданной верхней границы переменных  $x_i$ ;

В случае невыполнения условия выводятся численные значения постоянных времени регулятора скорости  $T_{pc1}$  и  $T_{pc2}$ , коэффициента связи  $k_C$  и коэффициентов устройства управления  $b_1$  и  $b_2$ .

При полученных численных значений выше указанных параметров системы осуществляется расчет кривых переходного процесса скорости по дифференциальным уравнениям методом Рунге — Кутта;

Для визуального наблюдения за качеством переходных процессов графики переходных процессов выводятся на экран дисплея.

Результаты расчетов, полученные при решении задачи синтеза параметров управляющего устройства и системы управления, приведены в таблице 1.

Таблица 1

$k_p$	$T_{pc1}$	$T_{pc2}$	$b_1$	$b_2$
5,93	0,11	0,54	5,6	5,4

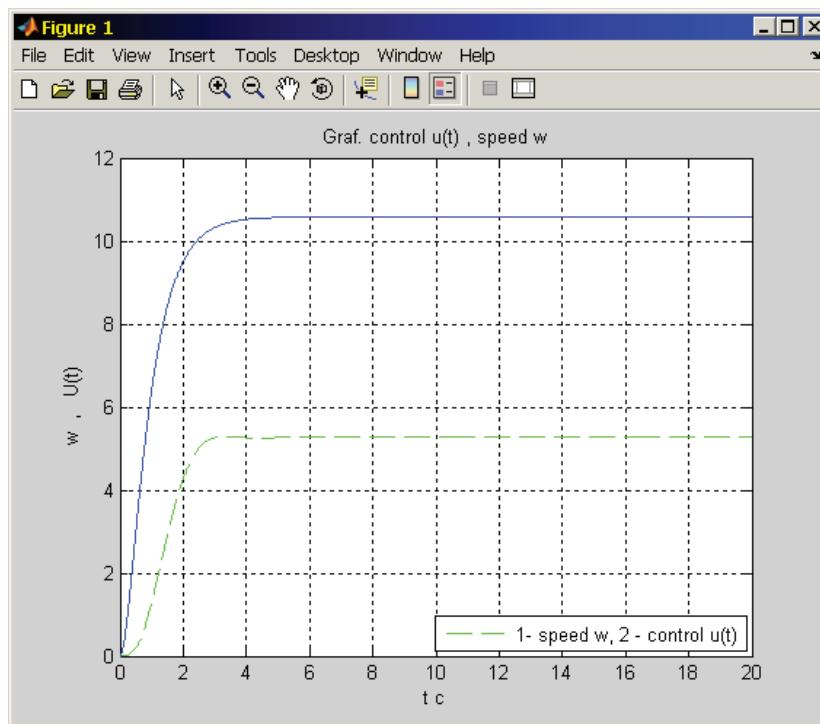


Рис. 3. Кривые переходных процессов управления  $U(t)$  и скорости асинхронного двигателя  $w$

### Выводы

1. Разработана система управления двухдвигательным асинхронным электроприводом с системой «преобразователь частоты — асинхронный двигатель».
2. Разработана методика расчета параметров управляющего устройства и системы управления двухдвигательным асинхронным электроприводом.

### Литература:

1. Браславский, И. Я., Ишматов З. Ш., Поляков В. Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. — М.: Издательский центр «Академия», 2004, с. 134—136.

2. Розанов, Ю.К., Соколова Е.М. Электронные устройства электромеханических систем.— М.: Издательский центр «Академия», 2004, с. 179–180.
3. Терехов, В.Н., Осипов О.И. Системы управления электроприводов.— М.: Издательский центр «Академия», 2008, с. 190–198.
4. Сагитов, П.И., Тергемес К.Т., Шадхин Ю.И. Параметрический синтез системы управления многодвигательного асинхронного электропривода //Вестник Алматинского университета энергетики и связи.— 2011.— № 2 (13). с. 63–66.

## Анализ передаточной функции структурной схемы вентильного двигателя с помощью системы MATLAB

Самсоненко Анатолий Иванович, инженер

Институт космической техники и технологий (Казахстан)

*В данной статье рассматриваются структурная схема вентильного электродвигателя, приведен алгоритм определения передаточной функции не по правилам преобразований структурных схем, а с помощью решения системы алгебраических уравнений в символьном виде методом Гаусса.*

**Ключевые слова:** передаточные функции, вентильный двигатель, линеаризованная структура, метод Гаусса, интегрирующая функция

*In the given paper are considered the block diagramme of the gate electric motor, the algorithm of definition of transmitting function not by rules of transformations of block diagrammes, and by means of the decision of system of the algebraic equations in a character aspect is reduced by a method of the Gauss.*

**Keywords:** Transfer function, the permanent magnet synchronous motor, linearized structure, Gaussian elimination, integrala the function.

Определение передаточной функции по структурной схеме вентильного двигателя возможно с помощью основных правил преобразования структурных схем [1, 2]. Применение основных правил преобразования структурных схем, для получения передаточной функции двигателя, вызывает определенные трудности, так как в структурной схеме двигателя имеются параллельная и обратные связи схемы. Однако если статический режим двигателя описать системой линейных алгебраических уравнений, на основе передаточных функций звеньев структурной схемы, то, решая эти уравнения с применением ЭВМ в среде MATLAB, получаем возможность определить передаточную функцию вентильного двигателя. Структурная схема вентильного двигателя в системе MATLAB представлена на рисунке 1.

В линеаризованной структурной схеме вентильного двигателя  $X_1$  является угловой скорость частоты вращения вала двигателя. Структурная схема двигателя и параметры её динамических звеньев выбраны в соответствии [3].

График переходного процесса скорости двигателя, полученный с помощью MATLAB, приведен на рисунку 2.

Как видно из рисунка 2 кривая переходного процесса скорости вентильного двигателя получается без перерегулирования и без колебаний. Как описывалось выше, образование передаточной функции вентильного двигателя

осуществляется по передаточным функциям динамических звеньев.

При этом для каждого динамического звена структурной схемы вентильного двигателя составляется линейное алгебраическое уравнение по передаточной функции этого звена без учета правил преобразований структурных схем [2]. Линейное алгебраическое уравнение, составленное на основе передаточной функции интегрирующего звена структурной схемы двигателя, можно записать в следующем виде:

$$x_1 - 0,1 * w1 * x_2 - 84,4 * w1 * x_3 = 0, \quad (1)$$

где  $w1(s) = 1/s$ ,  $s = d/dt$ .

Линейное алгебраическое уравнение второго звена структурной схемы двигателя с передаточной функцией  $w2(s) = 1/(0,0055s + 1)$  запишется в виде:

$$0,014 * w2 * x_1 - x_2 + 0,014 * w2 * x_3 = 0, \quad (2)$$

здесь  $w2 = 1/(0,0055p + 1)$ .

Линейное алгебраическое уравнение третьего звена структурной схемы двигателя с передаточной функцией  $w3 = 1/(0,0023p + 1)$  можно представить в следующем виде:

$$0,76 * x_1 + 0,032 * x_2 + (1/w3) * x_3 = u, \quad (3)$$

где  $u$  — напряжение источника питания вентильного двигателя.

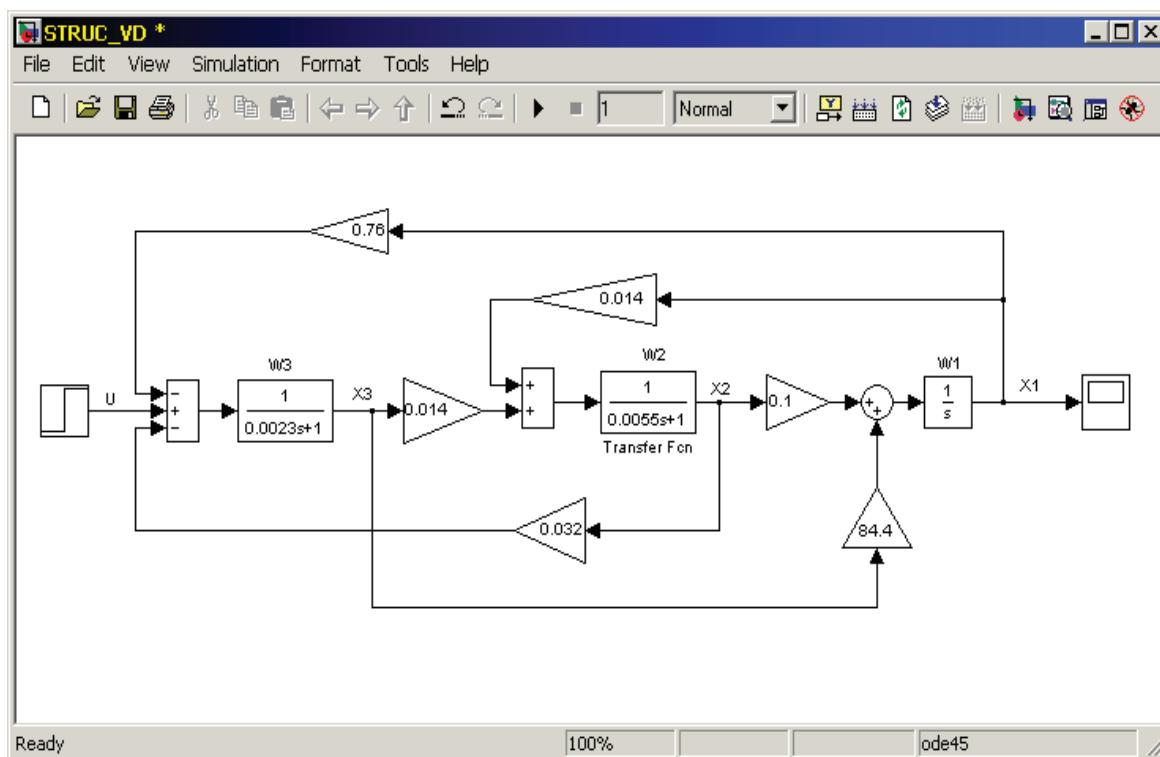


Рис. 1. Линеаризованная структурная схема вентильного двигателя

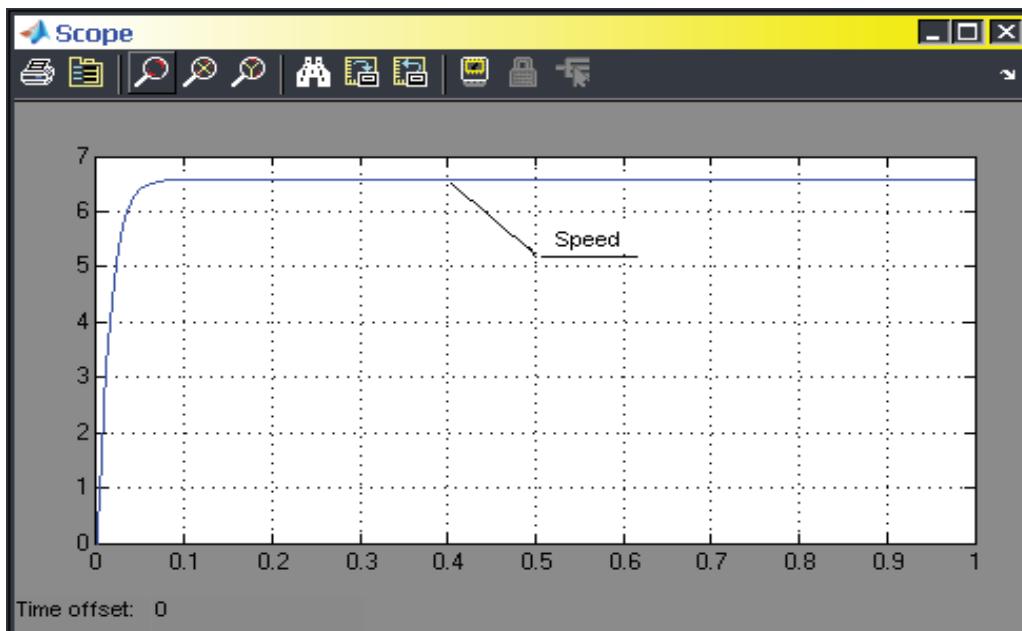


Рис. 2. График переходного процесса скорости двигателя

Определение передаточной функции вентильного двигателя осуществляется следующим образом. Создается программа решения системы алгебраических уравнений в символьном виде методом Гаусса для MATLAB [4,5]. При этом программа решения системы линейных алгебраических уравнений, представленная рисунке 3, имеет следующий вид:

В строке 2, полученной программы (рисунок 3), введена команда определения символьных переменных.

Кроме этого, в программе образования передаточной функции структурной схемы вентильного двигателя в строках 3–8 осуществляется решение системы алгебраических уравнений, для получения этой передаточной функции в символьном виде. В строках 10–12 программы вводятся процедуры образования передаточных функций звеньев структурной схемы вентильного двигателя. В результате счета программы передаточная функция структурной схемы вентильного двигателя имеет вид:

Transfer function:

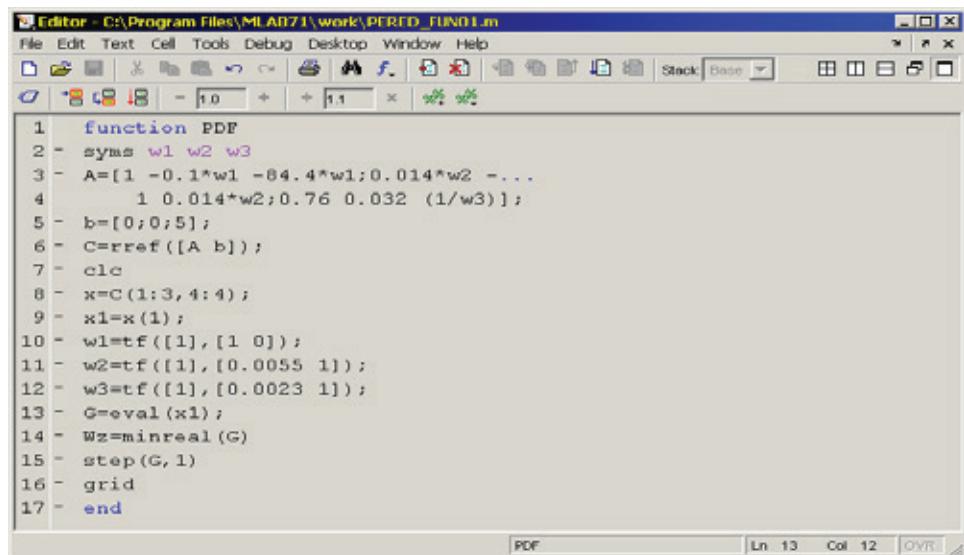
$$1.835e005s^4 + 1.334e008s^3 + 3.639e010s^2 + 4.411e012s + 2.005e014$$

$$s^6 + 1162s^5 + 5.425e005s^4 + 1.306e008s^3 + 1.708e010s^2 + 1.146e012s + 3.05e013$$

Полученная передаточная функция структурной схемы вентильного двигателя дает возможность, с помощью MATLAB, получать переходные и частотные характеристики, исследовать качество переходных процессов, что

особенно важно при проектировании системы управления для вентильного двигателя.

График переходного процесса скорости вентильного двигателя приведен на рисунке 4.



```

1 function PDF
2 % symbols w1 w2 w3
3 A=[1 -0.1*w1 -84.4*w1;0.014*w2 -...
4 1 0.014*w2;0.76 0.032 (1/w3)];
5 b=[0;0;5];
6 C=rref([A b]);
7 clc
8 x=C(1:3,4:4);
9 x1=x(1);
10 w1=tf([1],[1 0]);
11 w2=tf([1],[0.0055 1]);
12 w3=tf([1],[0.0023 1]);
13 G=eval(x1);
14 wz=minreal(G);
15 step(G,1)
16 grid
17 end

```

Рис. 3. Программа образования передаточной функции структурной схемы вентильного двигателя

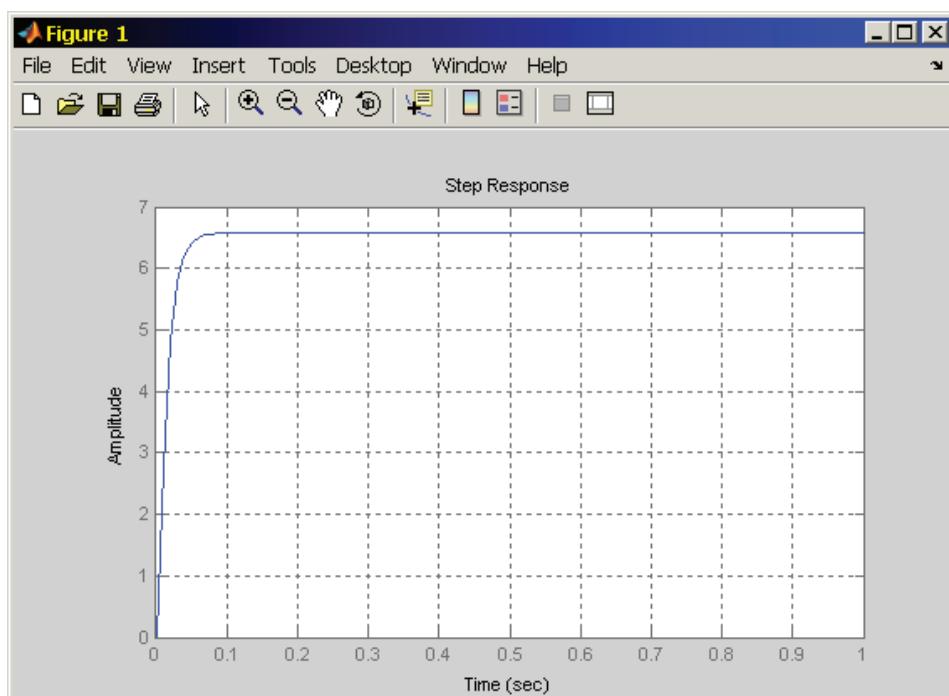


Рис. 4. График переходного процесса вентильного двигателя

**Выходы**

Сравнивая переходной процесс скорости двигателя, полученный на рисунке 2 и на рисунке 4, можно сделать вывод

об их полной идентичности, т.е. полученная в MATLAB, с помощью программы представленной на рисунке 3.

**Литература:**

1. Воронов, А.А. Основы теории автоматического управления.— М.— Л.: издательство «Энергия», 1965.— 396 с.
2. Бесекерский, В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления.— СПб.: Издательство «Профессия», 2004.— 752 с.
3. Герман — Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: — СПб.: КОРОНА прнт. 2007.—368 с.
4. Алексеев, Е.Р., Чеснокова О.В. MATLAB 7.— М.: НТ Пресс, 2006.— 464 с.
5. Ануфриев, И.Е., Смирнов А.Б., Смирнова Е.Н. MATLAB 7.— СПб.: БХВ — Петербург, 2005.— 1104 с.

# МАШИНОСТРОЕНИЕ

## Применение технологии обратного инжиниринга в машиностроении

Водин Дмитрий Владимирович, магистрант  
Тамбовский государственный технический университет

*Рассмотрено применение обратного инжиниринга в машиностроении как одного из перспективных методов, способствующих эффективному развитию производства.*

**Ключевые слова:** обратный инжиниринг, производство.

В настоящее время применение обратного инжиниринга как одного из перспективных методов становится одной из необходимых альтернатив стабильного развития предприятий в машиностроении.

Применение обратного инжиниринга достаточно широко, но наиболее часто оно применяется в машиностроении, автомобилестроении и электронике.

Обратный или реверс инжиниринг в машиностроении — это комплекс технологий, аппаратных и программных средств, необходимых для создания свойств объекта с внесением в него ряда доработок и когда проектировщик данного объекта не предоставил полную информацию о структуре и технологии создания.

Для данной технологии аппаратными средствами являются 3D сканеры, 3D-принтеры, компьютеры для сбора и обработки полученной информации и создания модели объекта. Применение аппаратных средств для использования технологии обратного инжиниринга показана на рис. 1.

Первоначально данный метод применялся в военной промышленности с целью копирования удачных образцов военной техники. Одним из примеров такого копирования и применения метода обратного инжиниринга во время Второй мировой войны являются:

— копирование и использование в американских и британских войсках немецких канистр для бензина;

— копирование и создание Ту-4 советского самолета с американского бомбардировщика B-29. Американские бомбардировщики B-29 совершая вылеты на территорию Японии были вынуждены садиться в СССР. Советские военные, у которых не было аналога таких бомбардировщиков, решили сделать копию B-29. Через несколько лет они создали Ту-4 аналог B-29. Однако двигатели, вооружение и радиоэлектронное оборудование Ту-4 было собственной разработкой, которой не было на B-29.

Применение в машиностроении обратного инжиниринга необходимо для:

— воссоздания утраченных или изношенных деталей, при исключении возможности закупки запчастей, при необходимости срочного ремонта;

— в случаях применения новых механизмов и деталей;

— воссоздание изделия, снятого с производства;

Основными преимуществами обратного инжиниринга являются:

— сокращение временных и иных затрат на этапе создания продукции;

— высокая производительность процесса;



Рис. 1

- экологичность;
- возможность внесения доработок и автоматизации процесса.

Основными недостатками обратного инжиниринга являются:

- при создании новых разработок возможно нарушение патентных и авторских прав;
- высокая стоимость оборудования;
- возможность раскрытия свойств того объекта, которого мы разработали и создания аналога конкурентами.

К основным этапам обратного инжиниринга относятся:

— первый этап. Это получение математической модели образца. Для этих целей применяется 3D сканирование и 3D проектирование;

— второй этап. Это этап когда из данных полученных от 3D модели образца в CAD системе создают и оформляют документацию на него;

— третий этап. Это этап самого изготовления образца на основе модели, но при копировании данный этап не проводится.

На рис.2. и рис.3. показан один из этапов обратного инжиниринга.

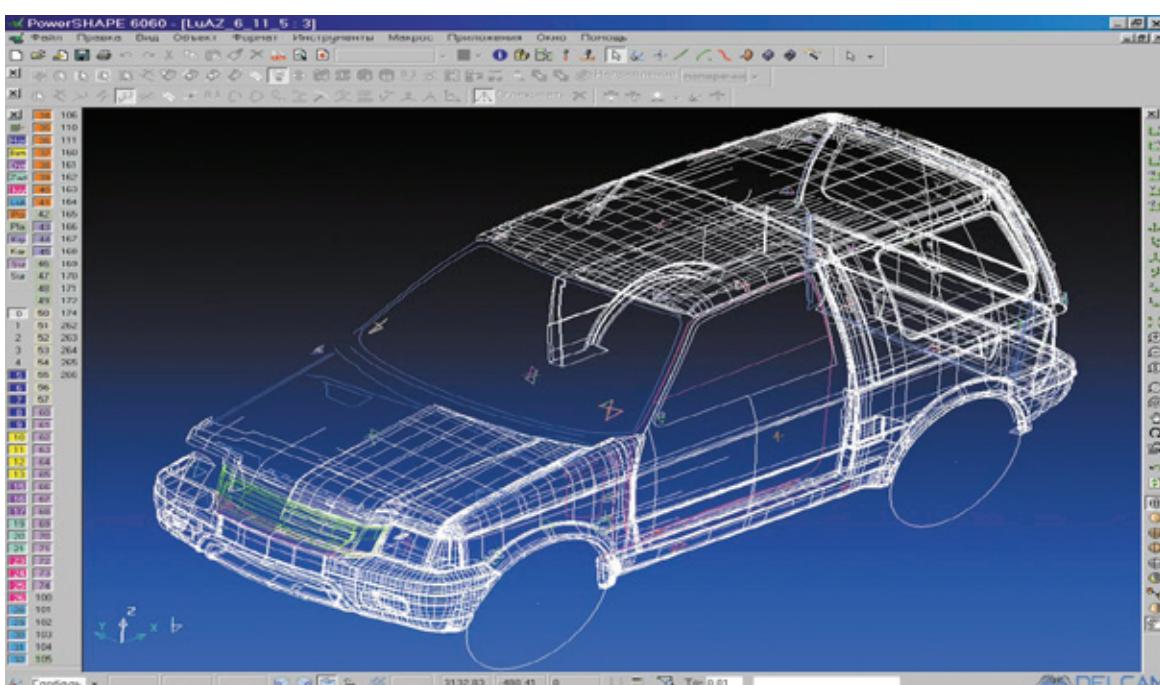


Рис. 2



Рис. 3

Создание новых объектов и технологических изделий — это очень трудный и трудоемкий процесс, облегчить который помогает применение новых технологий, таких как обратный инжиниринг и др. Такие процессы начинаются с разработки новой идеи, и заканчиваются производством продукции.

Достаточно часто обратный инжиниринг используют для создания дубликата станка, агрегата, механизма отечественного или иностранного производства. Для этого необходимо не простое копирование готового изделия, но и создание чертежа с учетом особенностей российского производства.

С точки зрения защиты интеллектуальной собственности обратный инжиниринг является спорным явлением. Так как создание точной копии устройства или программы нарушает авторские и патентные права то использование обратного инжиниринга в качестве анализа продукта, с последующим созданием нового, не повторяющим исследуемый объект, а лишь учитывающий детали и взаимосвязи в нем, не является нарушением прав, а способствует эффективному развитию технологий.

#### *Литература:*

1. Водин, Д.В., Соколов, М. В. Применение 3D принтеров и 3D печати для создания прототипа технических систем. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн: материалы II международной научно-практической конференции. — Вып. 2: в 2 т. / под общ. ред. В. А. Немтинова; ФГБОУ ВПО «ТГТУ». — Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2016.— Вып. 2.— Т. I.
2. [forum.astrakhan.ru/index.php?showtopic=101351](http://forum.astrakhan.ru/index.php?showtopic=101351);
3. [ru.wikipedia.org/wiki/Обратная\\_разработка.;](http://ru.wikipedia.org/wiki/Обратная_разработка.)
4. [www.ddmlab.ru/service/revers-inzhiniring/](http://www.ddmlab.ru/service/revers-inzhiniring/);
5. [dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/17172](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/17172);
6. [dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1070687](http://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/1070687);
7. Реверсный инжиниринг: нарушение прав или развитие технологии? Лю К. Е., главный специалист НОО УрО РАН, г. Екатеринбург;
8. ОАО «Туполев» — История создания самолета 68 (Ту-4)
9. IT консультант, Обратный инжиниринг [Электронный ресурс]. Режим доступа: режим доступа: <http://www.it-konsultant.ru/knowledge/19.html>
10. Обратный инжиниринг и коммерческая тайна, Milgrom & Associates, [Электронный ресурс]. Режим доступа: [http://usa-patent.ru/commercial\\_secret/revers\\_engineering.html](http://usa-patent.ru/commercial_secret/revers_engineering.html)
11. Алтунин, К. А. Концепция создания информационного обеспечения интеллектуальной системы автоматизированного проектирования процессов резания в технологии машиностроения: монография /К. А. Алтунин, М. В. Соколов — Тамбов: Студия печати Павла Золотова, 2015.— 112 с.;

## **Гидравлическая система летательных аппаратов: вертолета и самолета**

Корнеева Виктория Романовна, магистрант  
Донской государственный технический университет

*Гидравлические системы используются в качестве приводов летательных аппаратов. Их широкое применение объясняется рядом преимуществ по сравнению с электрическими и механическими приводами. В данной статье перечислены преимущества и недостатки гидроприводов, выявлены сходства и различия гидравлических систем вертолетов и самолетов.*

**Ключевые слова:** летательный аппарат, авиастроение, система управления, гидравлическая система (гидравлический привод), гидродвигатель, гидронасос, гидромотор, закон Паскаля, самолет, авиационное масло, вертолет.

Развитие современного общества, высокий темп жизни, большой поток информации требуют от человека своевременного принятия решений, быстрого перемещения в пространстве, рационального использования времени. В связи с этим совершенствуются изделия машиностроения, технические средства и оборудование.

#### **Проблемы современной авиации**

За последние 30–40 лет скорость полета летательных аппаратов (ЛА) изменилась до сверхзвуковой. Данное изменение вызвало существенные проблемы в управляемости воздушных судов (ВС), решение которых возможно

путем усовершенствования старых и внедрения новых средств механизации и автоматизации в гидравлическую систему.

### **Понятие гидравлического привода (гидравлической системы)**

Гидравлический привод представляет собой совокупность устройств, предназначенных для передачи механической энергии и преобразования движения посредством рабочей жидкости. Гидравлические приводы относятся к классу замкнутых гидросистем. [1, стр 140]

Основными составными частями гидропривода являются гидродвигатели и гидронасосы (либо гидромуфты), которые являются гидромашинами. Все агрегаты гидравлической системы соединяются посредством трубопроводов, по которым перемещается рабочая жидкость.

Гидромашины — это преобразователи механической энергии в энергию потока рабочей жидкости.

#### *Преимущества и недостатки*

Использование гидроприводов объясняется их преимуществами:

- во-первых, он универсален и прост при передачи энергии;
- во-вторых, у него малый вес и габариты агрегатов;
- в-третьих, он обладает высоким быстродействием и плавностью регулирования;
- в-четвертых, он экономичен и безопасен в использовании.

Учитывая все вышеперечисленные преимущества, конструкторы пришли к выводу, что применение гидравлической системы наиболее рационально в конструкции ЛА, для которой характерно использование агрегатов с меньшими габаритами и весом, обеспечивающих стабильную работу и высокую надежность.

Главный недостаток ГС — работа агрегатов системы под высоким давлением: здесь преобладает повышенный износ деталей, в результате которого происходит загрязнение рабочей жидкости, поэтому гидравлическая система должна подвергаться своевременному техническому обслуживанию.

### **Типы гидравлических систем (гидравлических приводов)**

Сегодня ученые многих научных организаций ведут исследования по усовершенствованию типов гидросистем (гидроприводов) и их регулирующих устройств. На данный момент в машиностроении часто используются два типа гидроприводов: объемный и гидродинамический.

Объемный представляет собой систему, в которой рабочий орган (гидронасос) и рабочая жидкость взаимодействуют между собой в герметичной рабочей камере, попаременно сообщающейся с входом и выходом гидромашины.

Динамический привод представляет собой систему, в которой рабочий орган (гидравлическая муфта) и ра-

бочая жидкость взаимодействуют между собой в проточной полости, постоянно сообщенной с входом и выходом гидромашины.

Для летательных аппаратов характерно использование объемного типа гидропривода, принцип действия которого основан на законе Паскаля: всякое изменение давления в какой-либо точке покоящейся капельной жидкости, не нарушающее ее равновесия, передается в другие точки без изменения. [2, стр. 11]

Гидросистема летательных аппаратов включает гидравлические насосы, гидравлические двигатели, трубопроводы с рабочей жидкостью, дроссельные и регулирующие устройства, различные предохранительные клапаны, гидроусилители и другие вспомогательные гидроагрегаты, которые объединяют в гидроблоки.

На современных ЛА устанавливают ротативные поршневые насосы и гидромоторы с радиальным и осевым расположением цилиндров. Чаще всего используется осевой тип расположения цилиндров, в котором поршни движутся в пространстве при больших скоростях и малых крутящих моментах. Детали таких моторов и насосов являются телами вращения, просты в изготовлении и работают при высоких давлениях.

При использовании электродвигателя в качестве привода насоса повышается надежность гидросистемы и в случае неисправности авиационного двигателя, ее выход из строя невозможен.

Изучая гидросистемы летательных аппаратов (ЛА), мы сравнили гидравлические системы вертолетов и самолетов, выявили их конструктивные сходства и различия, полученные данные внесли в таблицу 1 (см. Таблицу 1)

Гидравлический привод самолета (см. Рис.2) предназначен для управления механизмами и системами, которые отвечают за безопасность полета.

Гидросистема самолета состоит из сетей источников давления и потребителей [4].

Сеть источников давления создает и регулирует рабочее давление, распределяет и размещает по потребителям запас жидкости.

Сеть потребителей состоит из компонентов, предназначенных для запуска определенного механизма.

Гидросистема самолета состоит из нескольких систем, имеющих резервные источники питания — гидротрансформаторы. При выходе из строя одной гидросистемы потребитель без проблем продолжает питаться ресурсами другой.

Гидротрансформатор — резервный агрегат, который состоит из двух нерегулируемых моторов-насосов. Во время его работы один из моторов-насосов работает в качестве гидромотора и вращает второй, создающий давление рабочей жидкости в системе питания.

На самолетах используют гидросистемы с насосами постоянной или переменной производительностью. Последний тип производительности применяется гораздо чаще. Здесь жидкость может двигаться одновременно в двух направлениях, что невозможно в насосах с посто-

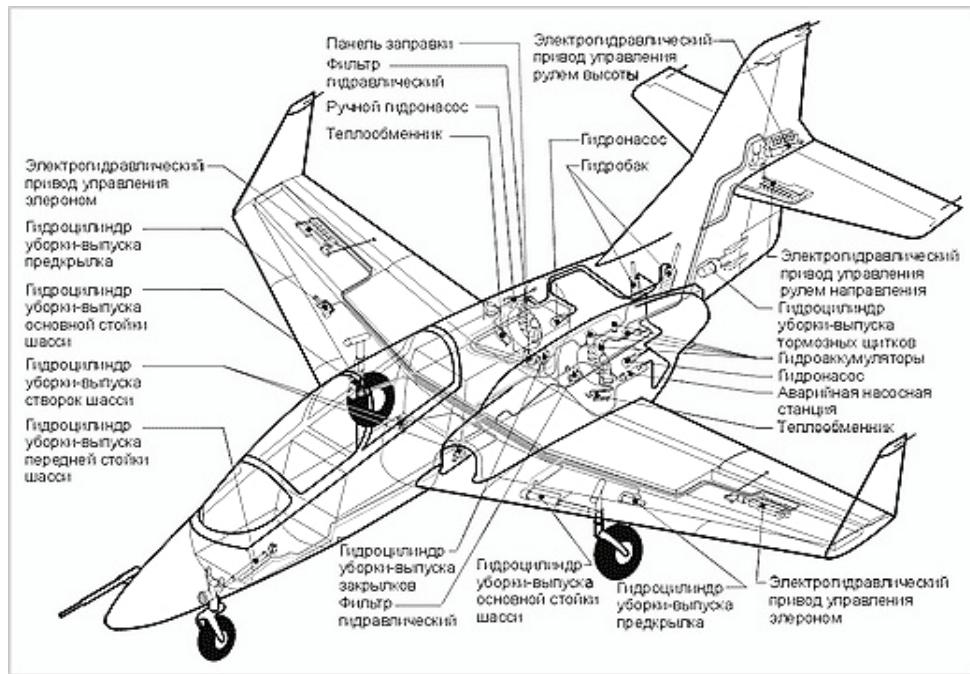


Рис. 1. Гидравлическая система самолета

янной производительностью, а увеличение давления происходит за счет аксиально-плунжерных насосов.

В большинстве случаев на самолетах в качестве рабочей жидкости используют авиационное масло АМГ-10. Но на таких самолетах как Ил-86, Ил-96, Ил-114, Ту-204, Ту-214 применяется другое авиационное масло — НГЖ-5У. Во многом характер работы системы зависит именно от свойств рабочей жидкости.

Гидравлический привод вертолета [3] предназначен для облегчения управления вертолетом и состоит из основной, дублирующей и вспомогательной систем.

Основная гидросистема обеспечивает работу комбинированных агрегатов управления, установленных в про-

дольном, поперечном, путевом управлении и в управлении общим шагом.

Дублирующая гидросистема выполняет функции основной гидросистемы и включается в работу автоматически при отказе основной гидросистемы.

В энергетическую часть гидросистемы входят: насос переменной производительности; гидроблоки; насосная станция; гидроаккумуляторы; воздушно-масляный теплообменник; клапаны; гидравлический редуктор; трубопроводы и др.

Большая часть агрегатов гидравлической системы размещена в редукторном отсеке. Насосы переменной производительности установлены на приводах главного редуктора, что

Таблица 1

№ п/п	Данные по гидравлической системе	Летательный аппарат	
		Самолет	Вертолет
1.	Наличие гидравлической системы	+	+
2.	Наличие дублирующей системы	+	+
3.	Назначение	Предназначена для облегчения управления	Предназначена для облегчения управления
4.	Рабочая жидкость	АМГ-10, НГЖ-5У	АМГ-10
5.	Тип гидросистемы	Объемный	Объемный
6.	Энергетическая часть ГС	Гидронасос, гидромотор, бак с рабочей жидкостью, фильтры, гасители удара, клапаны, трубопроводы, гидротрансформаторы	Гидронасос, гидромотор, бак с рабочей жидкостью, фильтры, гасители удара, клапаны, трубопроводы, гидроаккумуляторы
7.	Масса гидросистемы от взлетной массы ЛА	До 3%	1–2%
8.	Производительность насоса	Постоянная	Переменная

обеспечивает их нормальную работу в случае отказа двигателей и перехода вертолета на режим автогенерации.

Гидроблоки предназначены для питания насосов и подачи рабочей жидкости под давлением к гидроприводам. Они расположены сзади главного редуктора, в непосредственной близости от насосов. В баках гидроблоков содержится рабочая жидкость, предназначенная для питания гидросистемы. Между собой баки гидроблоков соединены трубопроводами [3, стр 43].

В качестве рабочей жидкости используется авиационное масло АМГ-10 (ГОСТ 6794—75), которое работает в интервале температур окружающей среды от  $-60$  до  $+55^{\circ}\text{C}$ . Данное масло применяется в гидросистемах вертолетов Ми-8, Ми-26, Ми-35, Ка-26 [5].

Из таблицы 1 видно, что принцип работы гидросистемы на самолете и вертолете одинаковый и основан на законе Паскаля.

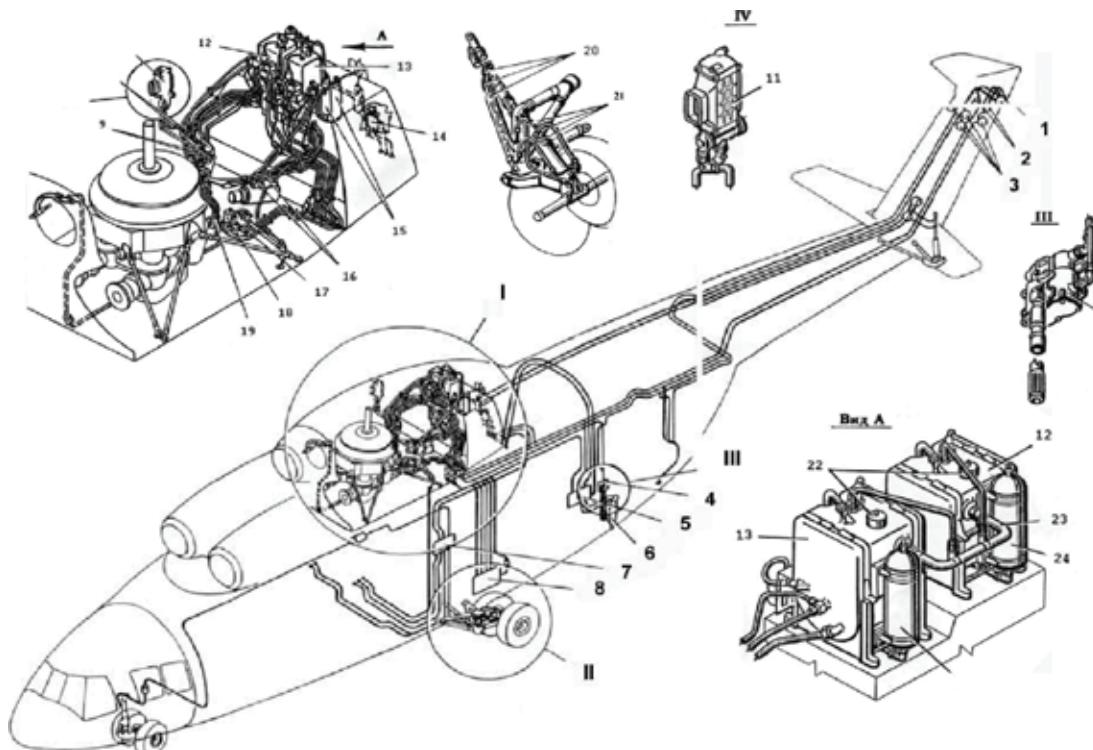


Рис. 2. Схема гидравлической системы вертолета:

1 — Гидравлический комбинированный агрегат путевого (ножного) управления; 2 — Фильтры тонкой очистки; 3 — Гасители пульсации; 4 — Ручной насос; 5 — Гидропанель управления трапом; 6 — Силовой цилиндр трапа; 7 — Гидропанель внешней подвески и клиренса; 8 — Гидропанель бортовая; 9 — Плунжерные насосы основной системы; 10 — Гасители пульсации; 11 — Воздушно-масляный теплообменник; 12 — Гидроблок БГ-16; 13 — Гидроблок БГ-17; 14 — Панель агрегатов вспомогательной системы; 15 — Гидроаккумуляторы вспомогательной системы; 16 — Плунжерные насосы дублирующей и вспомогательной систем; 17 — Гидравлический редуктор; 18 — Насосная станция; 19 — Гидравлические комбинированные агрегаты продольного и поперечного управления и управления общим шагом; 20 — Трубопроводы; 21 — Рукава фторопластовые; 22 — Заливные горловины; 23 — Переливная труба; 24 — Гидроаккумулятор основной системы; 25 — Гидроаккумулятор дублирующей системы

### Заключение

Гидравлическая система предназначена для управления отдельными агрегатами и подсистемами лета-

тельных аппаратов. Ее применение в управлении делает воздушное судно более устойчивым и управляемым, а также стабильным и надежным в работе.

### Литература:

1. Альдшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинамика: учебник // А.Д. Альдшуль. — М: 1987. — 416с.
2. Башта, Т.М. Гидравлические приводы летательных аппаратов: учебник // Т.М. Башта. — 4-е издание, перераб. и доп. — М: изд. «Машиностроение», 1967—495с

3. Сорокин, А. В. Конструкция вертолетов: учебное пособие // А. В. Сорокин — Ростов-на-Дону: кафедра «Авиастроение», 2010—153с
4. [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.avia.pro/>- Гидравлическая система самолета.— (31.03.2016)
5. [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www/bibliotekar.ru> (31.03.2016)

# СТРОИТЕЛЬСТВО

## Особенности расчета сборно-монолитных перекрытий каркасных зданий с несъемной железобетонной опалубкой

Богачева Светлана Валерьевна, аспирант

Белгородский государственный технологический университет имени В.Г. Шухова

*В работе рассматриваются вопросы расчета предлагаемого конструктивного решения сборно-монолитного перекрытия с несъемной железобетонной предварительно напряженной опалубкой на воздействие массы бетона омоноличивания до приобретения им заданной прочности.*

**Ключевые слова:** сборно-монолитное перекрытие, несъемный элемент опалубки

Применение несъемной железобетонной опалубки в сборно-монолитном каркасном домостроении приводит к сокращению сроков и себестоимости строительства за счет отказа от использования трудоемкой и дорогостоящей опалубки и переноса части строительных процессов на высокоэффективное заводское производство. Железобетонные плиты несъемной опалубки выступают составной частью сборно-монолитного перекрытия, включают в себя необходимую продольную растянутую арматуру нижнего армирования и выполняют роль несущего основания для монолитного бетона, содержащего элементы армирования. Они должны быть индустриальными и экономичными и отвечать требованиям по прочности, жесткости и трещиностойкости на стадиях изготовления, транспортирования, монтажа и эксплуатации. В целях типизации сборных несъемных элементов опалубки, в зависимости от их местоположения в каркасе, их изготовление следует выполнять в двух вариантах: надколонном и пролетном. Причем, ширина таких плит будет равна половине расстояния между разбивочными осями в продольном направлении (шаг колонн), а длина — расстоянию между разбивочными осями в поперечном направлении (пролет здания). Т. е. надколонные плиты несъемной опалубки опираются непосредственно на колонны, а их стык с пролетными плитами находится на расстоянии 0,25 шага колонн от разбивочной оси.

Каркас здания с сборно-монолитным перекрытием представляет собой многократно статически неопределенную систему. Для его расчета рекомендуется использовать дискретные модели, рассчитываемые методом конечных элементов. Согласно нормативным документам расчет сборно-монолитных железобетонных перекрытий выполняют для двух стадий: на воздействие массы бетона омоноличивания до приобретения им заданной прочности и после ее приобретения на эксплуатационные нагрузки.

Целью работы является установление усилий (значений изгибающих моментов и поперечных сил) в несъемных элементах опалубки от воспринимаемых ими внешних воздействий и определение минимальной толщины и армирования по прочности для первой стадии.

Расчет произведен в пространственной постановке для трехпролетного каркаса в поперечном направлении с размерами ячейки 6,0x6,0 м с бесконсольными колоннами сечением 40x40 см. Для обеспечения выполнения требований, предъявляемых к минимальной толщине защитного слоя бетона для предварительно напряженных элементов на длине зоны передачи напряжений (не менее 40 мм для стержневой арматуры) толщина несъемных элементов опалубки принята равной 60 мм. Толщина бетона омоноличивания — 100 мм. Для армирования несъемных элементов опалубки предполагается использовать горячекатаную напрягаемую стержневую арматуру периодического профиля и ненапрягаемую холоднотянутую проволоку в виде сварной сетки и арматурных каркасов. Класс бетона по прочности на сжатие принимается не ниже B20 в зависимости от класса напрягаемой арматуры. Рассматриваются различные варианты применения напрягаемой арматуры классов A600, A800, A1000 и бетона классов B20, B30 и B40. Предварительное напряжение арматуры составляет  $0,9R_s$ ,  $n$ , где  $R_s$ ,  $n$  — нормативное значение сопротивления арматуры растяжению для предельных состояний первой группы. Метод натяжения рабочей арматуры — электротермический. Длина натягиваемых стержней равна длине элемента несъемной опалубки. Для определения требуемой площади сечения напрягаемой арматуры в первом приближении полные суммарные потери предварительного напряжения приняты равными 100 МПа.

Дискретизация расчетной схемы произведена с помощью оболочечных и стержневых конечных элементов, применяемых в ПК ЛИРА САПР. На рис. 1

представлены фрагмент ячейки каркаса и расчетная конечно-элементная модель. Выпуски арматурных каркасов на рис. 1, а условно не показаны. В расчетной модели колонны напрягаемые стержни рабочей продольной арматуры выполнены универсальными пространственными стержневыми конечными элементами (КЭ 10), а плитные элементы несъемной опалубки — изгибающе-плосконапряженными конечными элементами плоской оболочки (КЭ 41). Плитные элементы несъемной опалубки в процессе укладки верхнего слоя бетона омоноличивания поддерживаются специальной опорной конструкцией, состоящей из инвентарных телескопических стоек и балок, и рассматриваются на этапе монтажа как двухпролетные свободно опертые и работающие в одном направлении. Сопряжение сборных опалубочных элементов между собой осуществляется с помощью объединения пере-

мещений и моделирования шарниров в пластинах при помощи расшивки схемы по соответствующей линии узлов.

Так, согласно монтажной схеме, представленной на рис. 2, опирание элементов несъемной опалубки на опорную конструкцию в виде деревянной балки (тип сопряжения А) создается с помощью объединения всех линейных и угловых перемещений за исключением угловой связи UX, что моделирует шарнир вокруг оси X. Сопряжение плитных элементов опалубки между собой (тип сопряжения В) выполняется исключением угловой связи UY.

Предварительное напряжение арматуры оказывает влияние на значения как предельного изгибающего момента, т.е. на несущую способность, так и на величину прогиба несъемного элемента опалубки. Для учета этого влияния в расчетной модели создание предварительного напряжения выполнялось при помощи задания на арма-

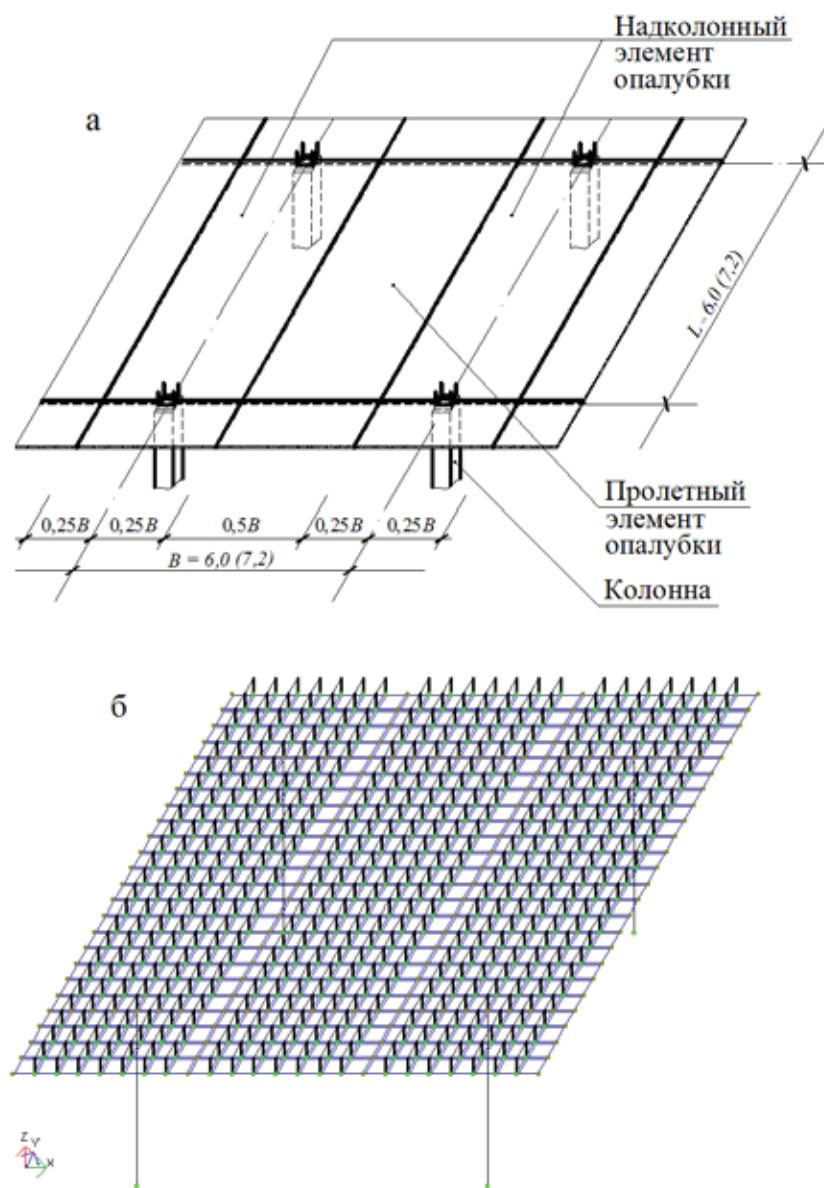


Рис. 1. Принципиальная схема фрагмента сборно-монолитного перекрытия:  
а – фрагмент ячейки каркаса; б – расчетная конечно-элементная модель

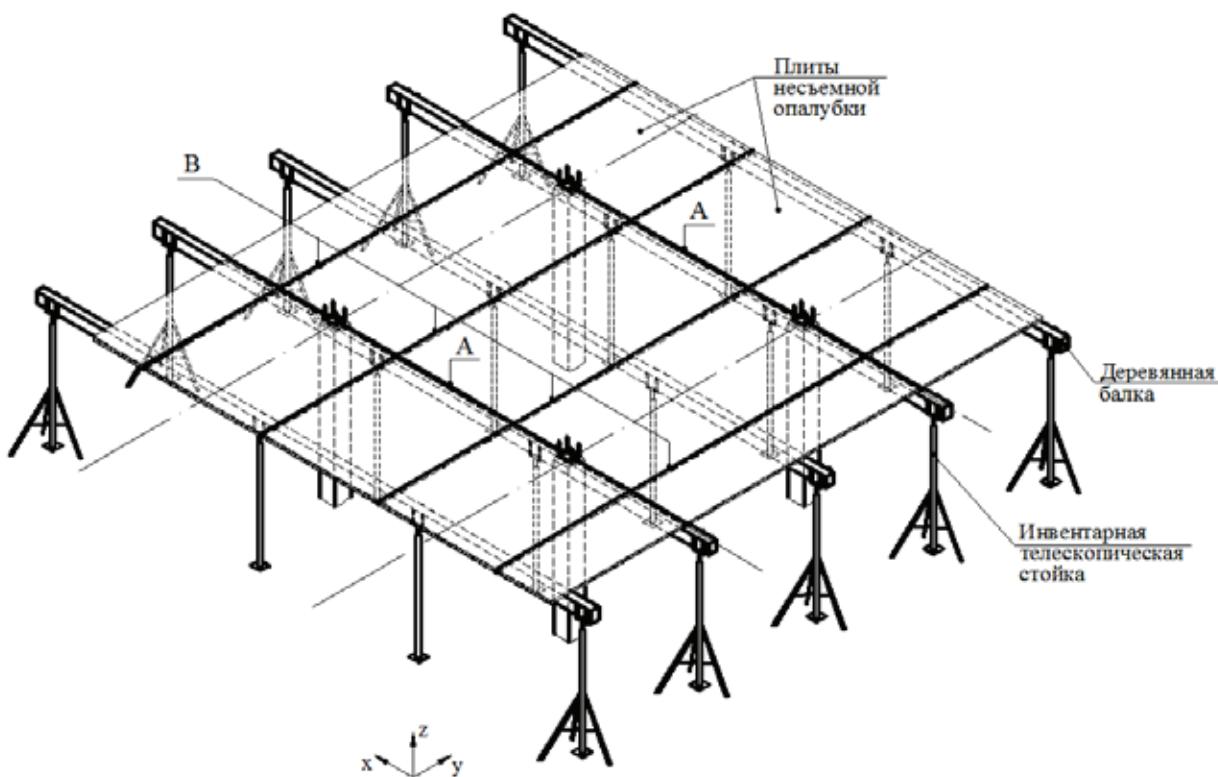


Рис. 2. Монтажная схема сборно-монолитного перекрытия: А, В – типы сопряжения сборных элементов опалубки

турные стержни температурного воздействия, вызывающего эквивалентные деформации, равного:

$$t_1 - t_2 = -\frac{\varepsilon_0}{\alpha}, \quad (1)$$

где  $t_1 - t_2$  — эквивалентная разница температур;

$\varepsilon_0$  — деформации, вызванные предварительным напряжением с учетом всех потерь к моменту приложения нагрузки от бетона омоноличивания;

$\alpha$  — коэффициент линейного расширения арматурной стали.

Принимая деформации в арматуре:

$$\varepsilon_0 = \frac{\gamma_{sp}(\sigma_{sp} - \Delta\sigma_{sp(2)})}{E_s}, \quad (2)$$

где  $\gamma_{sp}$  — коэффициент, учитывающий возможные отклонения предварительного напряжения;

$\Delta\sigma_{sp(2)}$  — полные потери предварительного напряжения арматуры;

$E_s$  — модуль упругости арматуры,

Были определены значения эквивалентного температурного воздействия для соответствующего класса арматуры.

Для объединения перемещений стержневых элементов и элементов плоской оболочки, моделирующих опалубочный элемент, использованы абсолютно жесткие вставки, длина которых равна расстоянию от центра тяжести сечения до растянутой арматуры.

В результате приложения эквивалентного температурного воздействия моделируется растяжение стержней рабочей арматуры и нецентренное сжатие поперечных сечений опалубочного элемента, к которому после приложения внешней нагрузки добавляются изгибные напряжения. В качестве внешней нагрузки рассматривался собственный вес несъемных элементов опалубки и вес бетона омоноличивания. Результаты расчета сведены в табл. 1.

Результаты расчета

Таблица 1

Класс бетона	Класс напрягаемой арматуры	Предварительное напряжение $\sigma_{sp}$ с учетом полных потерь, МПа	Температурное воздействие $t_1 - t_2$ , вызывающее эквивалентные деформации от предварительного напряжения, °C	M (в пролете), кН·м	M (на опоре), кН·м
B20	A600	396	-180	+2,81	-3,60
B20	A800	558	-253,6	+2,94	-3,72
B30	A1000	720	-327,3	+3,07	-3,83
B40	A1000	720	-327,3	+3,1	-3,86

По установленным значениям изгибающих моментов может быть произведен окончательный расчет требуемого

армирования и потерь предварительного напряжения из условий, приведенных в нормативной литературе [1].

#### *Литература:*

1. СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52–01–2003.— М.: Минрегион России, 2012 г.
2. Богачёва, С. В. Опалубочный элемент сборно-монолитного перекрытия с безригельным каркасом // Молодой ученый.— 2015.— № 18.— с. 120–123.
3. Никулин, А. И. Особенности расчета сборно-монолитных железобетонных каркасов многоэтажных зданий с учетом технологии их возведения // Расчеты и проектирование пространственных конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности: Тезисы докл. научн. сессии.— М.: МОО «Пространственные конструкции», 2004.— с. 54–55.

## **Совершенствование методов расчета и новые конструктивные формы мембранны-стержневых и вантовых сооружений**

Ким Алексей Юрьевич, доктор технических наук, профессор;

Лоренц Александр Александрович, студент;

Яковлев Михаил Юрьевич, студент

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

**С**татья посвящена разработке новых форм быстро-возводимых предварительно напряжённых мембрально-стержневых и вантовых сооружений многоцелевого назначения. Предлагаемые системы изготовлены из алюминия или стали, поэтому являются капитальными сооружениями, отличающимися высокими технико-экономическими показателями при пролетах до 100 метров.

Студенты 4 курса Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А. под руководством профессора кафедры ТСК Кима Алексея Юрьевича разработали несколько вариантов мембрально-стержневых и вантовых покрытий быстро-возводимых сооружений универсального назначения. Публикаций в нашей стране на данную тему очень мало, поэтому данная тема является актуальной.

В области теории сооружений последние пятьдесят лет в СССР, а потом Российской Федерации интенсивно развивались теоретические и экспериментальные исследования по выявлению действительной работы металлических сооружений. Они складывались из следующих разделов: методы расчета по предельным состояниям с использованием теории вероятности; методы статического и динамического расчета конструкций с учетом нелинейных факторов; развитие и разработка новых математических методов исследования облегченных металлических конструкций с использованием ЭВМ. [1, с. 48]

Совершенствование методов расчета — одна из необходимых предпосылок эффективности строительства. Необходим учет пространственной работы сооружения, выбор расчетной модели с учетом физической, геометрической и конструктивной нелинейности системы, анализ нелинейной упругости, ползучести и релаксации матери-

алов и т.д. Надо исследовать всё то, что сказывается на экономичности, надежности и долговечности сооружений. Расчет авторы данного сооружения вели с помощью программного комплекса Лира-Сапр. [2, с. 3]

Разработанное авторами статьи пространственное предварительно напряженное сооружение содержит внешнее опорное кольцо и облегченное мембрально-стержневое покрытие с нижней вогнутой и верхней выпуклой мембранами. Мембранны закреплены во внешнем опорном кольце и усиленными канатами, соединенными между собой распорками (См. рис. 1). [3, с.9].

Опорное кольцо покрытия сооружения выполнено сквозным в виде шарнирно-стержневой фермы, опёртой на внутренние колонны и имеющей прямоугольное или шестиугольное очертание в плане.

Предварительно напряженное мембрально-стержневое покрытие сооружения, с целью повышения жесткости мембран и их долговечности, может быть усилено за счёт пневматического эффекта. В этом случае сооружение снабжено воздухонагнетательным вентилятором с воздуховодами и датчиками давления воздуха. Сооружение имеет мембрально-стержневое покрытие с нижней вогнутой и верхней выпуклой мембранами, закрепленными во внешнем опорном кольце. Мембранны соединены между собой распорками, которые образуют герметически замкнутую полость с избыточным давлением воздуха. [5, с. 9]

В случае, когда мембрально-стержневое покрытие сооружения выполнено пневматическим, необходимое предварительное напряжение его может быть достигнуто за счёт избыточного давления воздуха пневмолинзы и число распорок в двухпоясном покрытии может быть умень-

шено. Наибольший экономический эффект достигается тогда, когда распорки в пневматическом покрытии вообще отсутствуют (См. рис. 2). [4, с.197]

В отличие от воздухоопорных сооружений, линзообразные пневматические сооружения не требуют герметизации внутреннего помещения и устройства шлюзов.

На рис. 3 показано сооружение с оконным витражом, расположенным по внешнему контуру покрытия, на рис. 4 — интерьер внутреннего помещения.

Научным руководителем авторов статьи разработан алгоритм расчёта пространственных предварительно напряжённых линзообразных покрытий сооружений больших пролётов шаговым методом последовательных

нагружений с поэтапным применением метода конечных элементов [6, с. 276].

Относительно низкая материалоемкость и стоимость сооружения в сочетании с надежностью и долговечностью конструкций обеспечивают высокую экономическую эффективность сооружения.

За рубежом построено более 100 тысяч мембранных-пневматических сооружений различного типа благодаря их низкой себестоимости.

Расход стали в капитальных сооружениях со стальным мембранным-пневматическим покрытием при пролетах порядка 70 м обычно в несколько раз меньше, чем в сооружениях с традиционным покрытием. При этом, чем

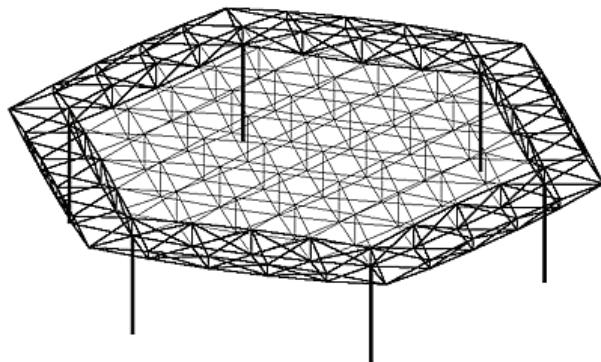


Рис. 1. Расчетная схема мембранны-стержневого сооружения

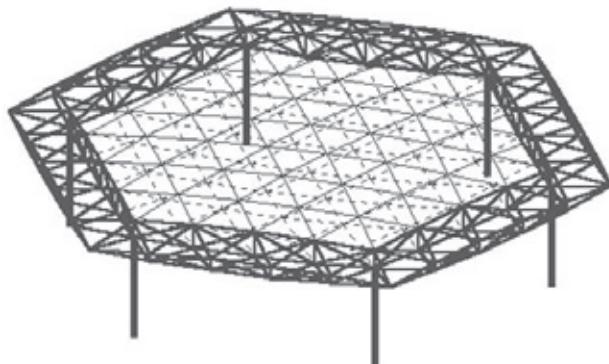


Рис. 2. Расчетная схема мембранны-канатного сооружения

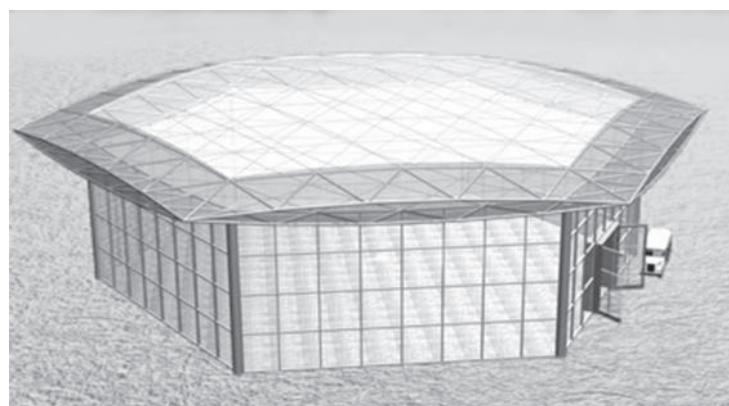


Рис. 3. Быстроустанавливаемое мембранны-пневматическое сооружение, усиленное канатами



Рис. 4. Внутренний интерьер мембранны-пневматического сооружения

больше пролет покрытия, тем меньше материоемкость мембранны-пневматических сооружений по сравнению с традиционными. (См. рис. 3)

Алгоритм расчёта позволяет учитывать геометрическую и конструктивную нелинейность системы. На каждом шаге приращения параметров системы применяется итерационная процедура Эйлера-Коши третьего порядка точности.

Достаточную для инженерных расчётов точность результатов можно получить итерационным расчётом уже при одном шаге нагружения. В тех случаях, когда канаты могут временно выключаться из работы, осуществляется многошаговый процесс расчёта системы. [7, с. 208]

Авторы статьи надеются, что разработанные сооружения найдут достойное применение в современной инфраструктуре Российской Федерации.

#### *Литература:*

1. Ермолов, В. В. Воздухоопорные здания и сооружения/В. В. Ермолов М.: Стройиздат, 1980.— 304 с.
2. Ким, А. Ю. Мембранны-каркасное воздухоопорное сооружение/А. Ю. Ким Саратовский межотраслевой территориальный центр научно-технической информации и пропаганды. Саратов. 1997.— 4 с.
3. Ким, А. Ю. Мембранны-каркасное воздухоопорное сооружение средних пролетов/А. Ю. Ким. СГАУ. Саратов. 1995.— 12 с. Библиограф. 3 названия. Рукопись депонирована в ВИНИТИ РАН 09.08. 95, № 2410 — В95.
4. Ким, А. Ю., Нургазиев Р. Б. Расчёт пространственных мембранны-стержневых систем/А. Ю. Ким, Р.Б. Нургазиев. СГАУ. Саратов. 2001.— 201 с. Монография депонирована в ВИНИТИ РАН 31.08.01 № 1916 — В2001.
5. Ким, А. Ю. Патент РФ № 2095534 на изобретение «Мембранны-каркасное воздухоопорное сооружение»/А. Ю. Ким. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений 10 ноября 1997 г.— 12 с.
6. Ким, А. Ю. Статический и динамический расчёт воздухоопорных и линзообразных мембранны-пневматических систем/А. Ю. Ким Саратовский государственный аграрный университет им. Н. И. Вавилова. Монография деп. в ВИНИТИ РАН № 909 В2003 от 12.05.03.— 308 с.
7. Ким, А. Ю. Численное исследование нелинейных мембранны-пневматических систем/А. Ю. Ким. СГАУ. Саратов, 2001.— 263 с. Монография депонирована в ВИНИТИ РАН 28.04.01 № 1122 — В2001.

## Проектирование и расчет мембранны-стержневых предварительно напряжённых сооружений

Ким Алексей Юрьевич, доктор технических наук, профессор;

Лоренц Александр Александрович, студент

Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

Данная работа посвящена разработке новых мембранны-стержневых предварительно напряжённых сооружений многоцелевого назначения.

Студенты 4 курса Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.В. под руководством профессора кафедры ТСК Кима Алексея

Юревича разработали несколько вариантов мембранны-стержневых предварительно напряженных быстро-возводимых сооружений универсального назначения.

Предлагаемые сооружения при пролетах до 100 метров отличаются высокими технико-экономическими показателями и могут быть успешно применены не только в промышленно-гражданском, но и в транспортном строительстве, например, при строительстве городских пешеходных мостов. Сооружение при этом состоит из ряда мембранны-стержневых перекрытий линейно-протяжённых и прямоугольных в плане. Но если в покрытиях зданий больших пролётов стальные мембранны могут иметь толщину, равную 1–2 мм, то в пешеходных мостах, где нагрузка в несколько раз больше, мембранны должны составлять не менее 5 мм, а в автодорожных мостах — 10 мм и более. [2, с. 11]

Пространственное предварительно напряжённое сооружение содержит внешний опорный контур и облегчённое мембранны-стержневое перекрытие с нижней вогнутой и верхней выпуклой мембранныами. Мембранны закреплены во внешнем опорном контуре и усилены канатами, соединёнными между собой распорками. Опорный контур сооружения выполнен в виде шарнирно стерж-

невой фермы, опёртой на колонны, и имеет прямоугольное или шестиугольное очертание в плане (См. рис. 1,2).

Предварительно напряжённое мембранны-стержневое перекрытие сооружения, с целью повышения жесткости мембран и их долговечности, может быть усилено за счёт пневматического эффекта. В этом случае сооружение снабжается воздухонагнетательным вентилятором с воздуховодами и датчиками давления воздуха. Мембранны-стержневое перекрытие сооружения содержит нижнюю вогнутую и верхнюю выпуклую мембранны. Мембранны соединены между собой распорками и образуют герметически замкнутую полость с избыточным давлением воздуха. Мембранны перекрытия выполняются из металла или синтетических полупрозрачных плёнок в зависимости от назначения сооружения.

В отличие от воздухоопорных сооружений, линзообразные пневматические сооружения не требуют герметизации гибких оболочек и устройства шлюзов [1, с.4].

Уклон покрытия за счёт выпуклого очертания верхней мембранны обеспечивает необходимый водоотвод естественных осадков. Удаление снега с покрытия можно осуществлять подачей нагретого воздуха в пневмолинзу.

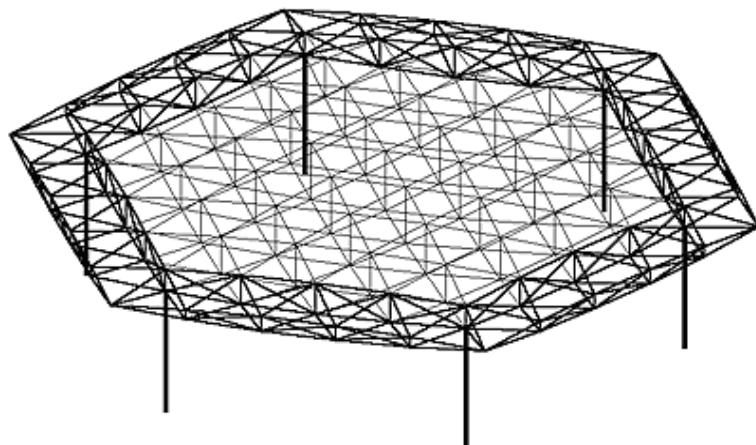


Рис. 1. Опорный контур сооружения в виде стержневой фермы

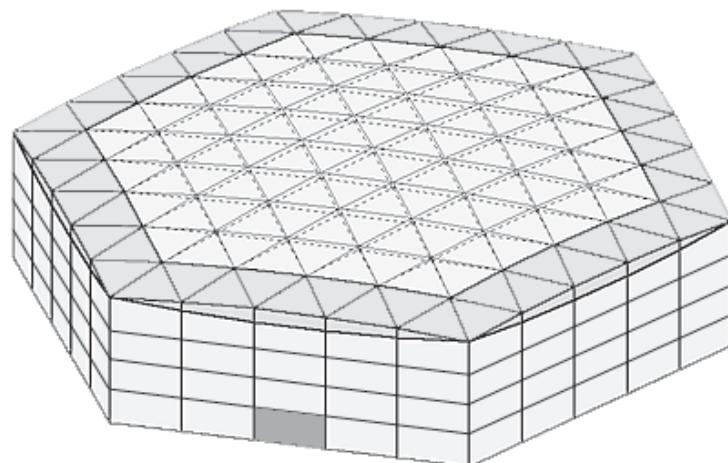


Рис. 2. Расчетная схема сооружения, выполненного из металлических мембран

Относительно низкая материалоемкость и стоимость сооружения в сочетании с надежностью и долговечностью конструкций обеспечивают высокую экономическую эф-

фективность сооружения. За рубежом построено более 100 тысяч мембранных-пневматических сооружений различного типа благодаря их низкой себестоимости. (См. рис.3)

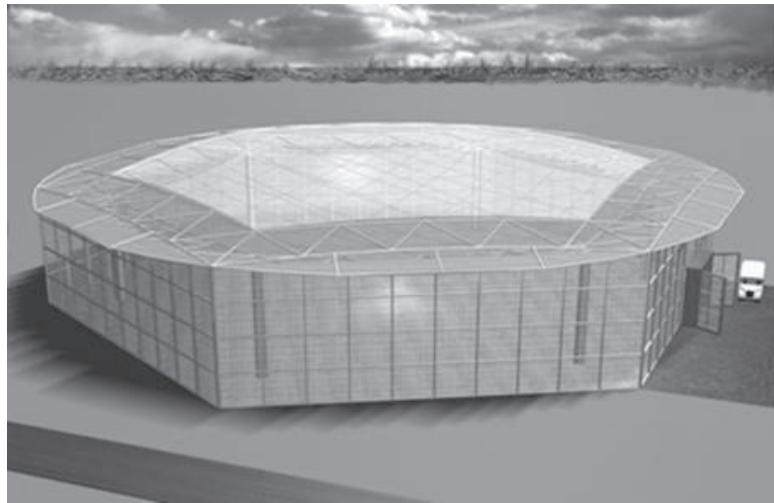


Рис. 3. Мембранный стержневой сооружение

Расход стали в капитальных сооружениях со стальным мембранным-пневматическим перекрытием при пролетах порядка 60 м составляет в среднем 50 кг / кв. м., что в 3–4 раза меньше, чем в капитальных сооружениях традиционного типа. При этом, чем больше пролет перекрытия, тем меньше относительная материалоемкость мембранных-пневматических сооружений по сравнению с традиционными. [3, с.9]

Авторами разработан алгоритм расчёта пространственных предварительно напряжённых линзообразных перекрытий сооружений больших пролётов шаговым методом последовательных нагрузений с поэтапным применением метода конечных элементов [5, с.334].

Алгоритм расчёта позволяет учитывать геометрическую и конструктивную нелинейность системы. На каждом шаге приращения параметров системы применяется итерационная процедура Эйлера-Коши третьего порядка точности. Достаточную для инженерных расчётов точность результатов можно получить итерационным расчётом уже при одном шаге нагружения. В тех же случаях, когда канаты могут временно выключаться из работы, требуется многошаговый процесс расчёта системы. Расчёты выполнены на ЭВМ типа ПК по программе на языке «Visual Basic». [4, с.68]

Приведём пример статического расчёта системы с диаметром 60 м. Стержни фермы — стальные трубы диаметром 20 см, диаметр канатов — 50 мм, распорки двухпоясных систем — трубы диаметром 15 см. Общее число узлов K=194, усилие в верхнем канате — 270 кН, усилие в нижнем канате — 420 кН. Высота сооружения H=16.087 м.

Толщина стальных мембран — 1,4 (мм). Модуль упругости стальных элементов всех групп ES = 2,1E+05 (МПа).

Коэффициент температурного расширения стали ALT = 1,2E-05.

Силовая нагрузка — снеговая нагрузка q = 100 (кН/м<sup>2</sup>) по всей площади покрытия в виде сосредоточенных в верхних узлах сил P = 27000 (Н).

Исходные данные:

Внешний диаметр покрытия D = 60 (м).

Длина пролета системы L=42 (м).

Высота сооружения H=16.087 (м).

Длина панели LP=6 (м).

Число групп стержней GR=8; число узлов системы K=194.

Число узлов, имеющих искомое перемещение KН=176.

Номер первого промежуточного узла K1=177.

Площади поперечных сечений стержней соответствующих групп:

FS (1) = 5.97E-04 (м<sup>2</sup>); FS (2) = 5.97E-04 (м<sup>2</sup>);

FS (3) = 5.97E-04 (м<sup>2</sup>);

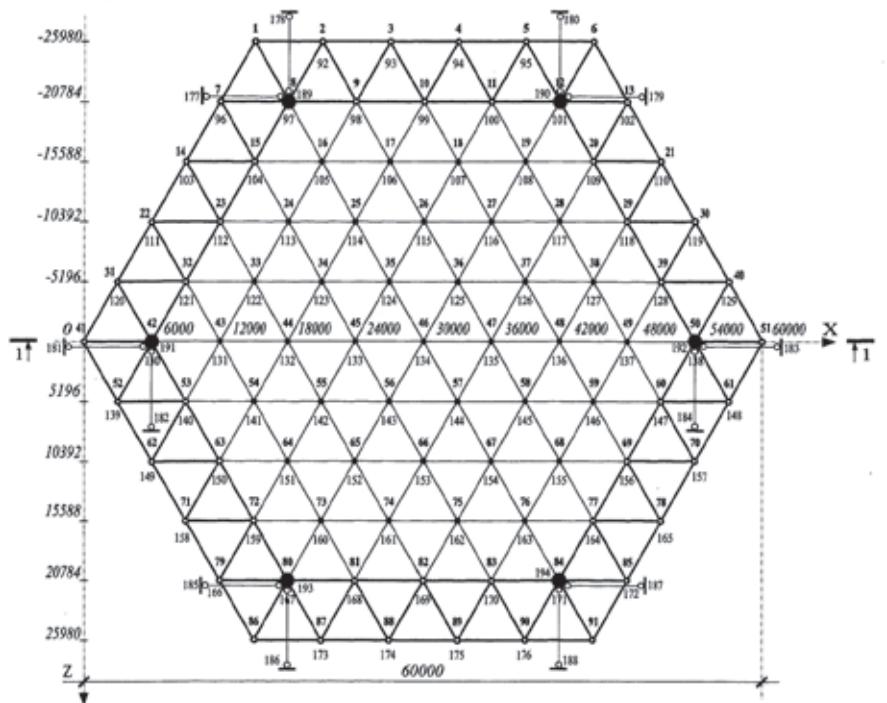
FS (4) = 2.34E-03 (м<sup>2</sup>); FS (5) = 3.88E-05 (м<sup>2</sup>);

FS (6) = 4.9E-02 (м<sup>2</sup>);

FS (7) = 4.4E-03 (м<sup>2</sup>); FS (8) = 1.96E-03 (м<sup>2</sup>).

В случае, когда мембранный стержневой перекрытие сооружения выполнено пневматическим, необходимое предварительное напряжение перекрытия может быть достигнуто за счёт избыточного давления воздуха пневмоподушки, и число распорок в двухпоясном перекрытии может быть уменьшено. Наибольший экономический эффект достигается тогда, когда распорки в мембранных-пневматических перекрытиях вообще отсутствуют. Перекрытие при этом становится наиболее лёгким, материалоёмкость сооружения снижается, но появляется зависимость несущей способности перекрытия от технического состояния специального оборудования, а именно вентилятора и щелочного аккумулятора. (См. рис. 4)

## РАСЧЁТНАЯ СХЕМА ПОКРЫТИЯ



1-1

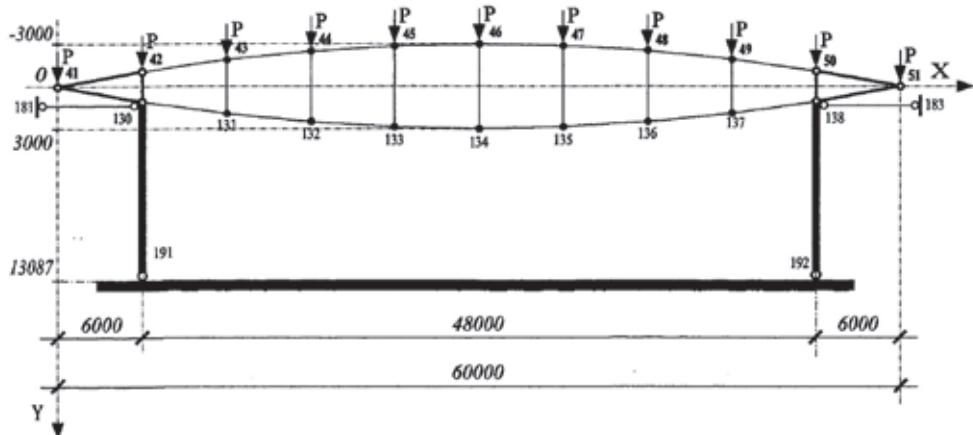


Рис. 4. Расчетная схема шестиугольного мембранны-стержневого сооружения

При равномерно распределённой по покрытию снежной нагрузке  $q = 100 \text{ кг/м}^2$  прогиб в середине покрытия составил  $0,047 \text{ м}$ . Канаты из работы не выключ-

чаются. На рис. 2 пунктирными линиями показана эпюра прогибов узлов верхних канатов. При этом введён повышающий масштабный коэффициент, равный 5. (См. рис.5)

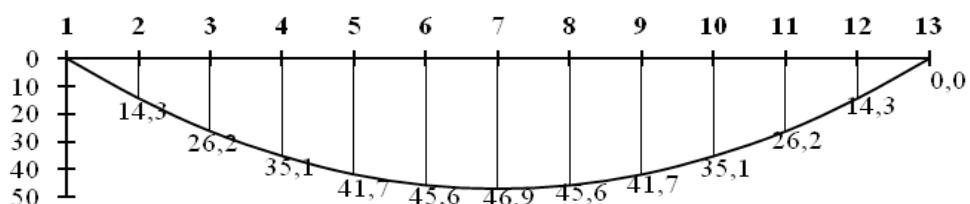


Рис. 5. Эпюра прогибов узлов верхнего пояса сооружения

Авторы данного доклада надеются, что материалы их исследований заинтересуют ученых во многих странах Европы и данные виды сооружений займут достойное

место при капитальном строительстве спортивных комплексов и сооружений культурно-развлекательного назначения.

#### *Литература:*

1. Ким, А. Ю., Нургазиев Р. Б. Экспериментальное исследование статической работы линзообразного мембрально-пневматического покрытия на модели. Саратовский гос. агронженерный ун-т, Саратов, 1997. — 12 с. Депонирована в ВИНИТИ РАН 09.09.97, № 2826 — В97.
2. Ким, А. Ю., Нургазиев Р. Б. Проектирование мембрально-пневматических сооружений с использованием новых компьютерных технологий. Рекламный проспект. Изд-во Саратовского ЦНТИ, Саратов, 1998—15 с.
3. Ким, А. Ю., Нургазиев Р. Б. и др. Моделирование статической работы цилиндрических воздухоопорных систем. Саратовский государственный агронженерный университет, Саратов, 1998—8с., Депонирована в ВИНИТИ РАН 28.07.98, № 2436 — В98.
4. Петров, В. В. Метод последовательных нагрузжений в нелинейной теории пластиинок и оболочек. — Саратов: Изд-во СГУ, 1975.— 118 с.
5. Хауг, Э. Проектирование и расчет пневматических конструкций с использованием метода конечных элементов.— В кн.: Пневматические строительные конструкции / В. В. Ермолов, У. Бэрд, Э. Бубнер и др. Под ред. В. В. Ермолова — М.: Стройиздат, 1983, с. 333—361.

## **Применение численных методов и программного комплекса «Пневматика» для расчета нелинейного линзообразного пневматического сооружения**

Ким Алексей Юрьевич, доктор технических наук, профессор;  
Лоренц Александр Александрович, студент  
Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина

Студентами 4 курса СГТУ имени Гагарина Ю.А. под руководством профессора кафедры ТСК Кима А.Ю., разработана многопролетная линзообразная мембрально-пневматическая система перекрытия больших пролетов. (См. рис. 1.)

За последние пятьдесят лет в СССР, а потом России выполнен большой объем научно-исследовательских и экспериментальных работ в области расчёта проектирования облегчённых металлических конструкций. Интенсивно развивалась общая теория сооружений. [2]

Совершенствование методов расчетов — важная составляющая повышения эффективности строительства. Необходим учет пространственной работы сооружения, а также использование расчетной модели с учетом геометрической и конструктивной нелинейности системы и т.д.

Линзообразные конструкции — это двухпоясные покрытия. Их часто называют пневмолинзами, если они перекрывают круглый, овальный или многоугольный план, или пневмоподушками, если план прямоугольный.

Разработанное для нужд среднего бизнеса России многопролетное мембрально-пневматическое сооружение относится к воздухонесовым мембрально-пневматическим системам. Данное сооружение содержит воздухонагнетательный вентилятор с воздуховодами и датчиками давления воздуха. Сооружение является капитальным, мембранные покрытия металлические. [5]

Профессором кафедры ТСК Кимом А.Ю. для расчета такого вида сооружений применена математическая теория, которая позволяет наиболее точно произвести их расчет. Математическая теория для расчета мембрально-пневматических систем отличается наиболее строгим подходом. Ее цель — определение напряженно-деформированного состояния мембран сооружения с учетом нелинейных связей как между деформациями и усилиями (физическая нелинейность), так и между деформациями и перемещениями (геометрическая нелинейность). Теорию отличает сложность уравнений, которая существенно возрастает при дальнейших уточнениях расчетной схемы, например, при учете изменений нагрузок при формоизменениях оболочки или при больших её деформациях.

Частным случаем математической теории является так называемая деформационная теория. Более осторожная линеаризация нелинейных уравнений, как правило, с применением численной процедуры метода Рунге-Кутта второго порядка точности, позволяет учесть влияние геометрической нелинейности на искомые результаты расчёта при сохранении принципа линейности систем.

Математическая теория мягких оболочек до настоящего времени развивалась в основном на базе гипотезы о линейно-упругой работе материала. Несмотря на то, что при этом исключались трудности, связанные с физической нелинейностью материала, задачи её оставались

сложными. Достижения математической теории ограничиваются пока решением узкого круга задач.

Известные методики статического расчёта простейших мембранных-пневматических систем основаны на применении как линейной, так и нелинейной системы интегро-дифференциальных уравнений равновесия покрытия, но предполагают постоянство давления воздуха в полости при нагружении, т.е.  $p = \text{const}$  или, другими словами, предполагают, что в уравнениях  $V = \text{const.}$ , где  $V$  — объём замкнутой полости покрытия. В то же время расчётная величина давления, постоянного в процессе нагружения системы, в необходимых случаях принималась с учётом температуры окружающей среды согласно закону Шарля, т.е. учитывалось, что при  $T = 273$  о К:

$$\Delta P = \frac{P_0}{T_0} \Delta T \text{ или } p = p_0 \left[ 1 + \frac{P_0}{T_0} \Delta T \right]$$

где  $\Delta P = p - p_0$ ;  $\Delta T = T - T_0$ ,  $T = 293$  о К — температура “замыкания” полости.

По известным методикам расчёта конструкций методом конечных элементов разработаны программные комплексы расчёта конструкций на ЭВМ как в России, так и за рубежом. К таким комплексам относятся, например, “Супер”, “Лира”, “Мираж”, “Cosmos” и многие другие. Однако, эти комплексы не создавались для расчёта систем, в которых герметичные полости существенно изменяются в объёме от действия нагрузок и уже поэтому не могут быть применены для расчёта гибких мембранных-пневматических систем. Разумеется, некоторые из ранее созданных программных комплексов, например, американская программа “Космос”, учитывают зависимость давления газа в герметичной полости от температуры. Однако известно, что, согласно закону Бойля-Мариотта, давление воздуха в замкнутой полости зависит также от объёма полости по формуле:

$$P = \frac{P_0 V_0}{V} \text{ при } T = \text{Const.}$$

где, а  $V_0$  — объём замкнутой полости покрытия при нормальном давлении  $p_0$  и нормальной температуре.

Математическая теория расчета позволяет учитывать зависимость приращения давления воздуха в пневмополости от всех факторов, характеризующих состояние воздуха, а именно от температуры, объёма полости и от самого давления, т.е. было принято  $\Delta P = f(V, T, P)$ . С физической точки зрения, учитывается нелинейно-упругая работа воздуха пневмополости покрытия на основе

$$\text{универсального уравнения } A = \int_V (P + (P)) dV$$

состояния газа. Однако, с математической точки зрения, необходимость в непосредственном вычислении работы воздуха не возникает, поскольку для решения задачи используется не энергетический подход, а уравнения равновесия исследуемой системы.

В сооружениях данного типа наличие воздуходувной машины обязательно. Обычно это центробежный вентилятор, совмещенный с теплогенератором. Воздуходувный вентилятор служит для подкачки воздуха в герметически замкнутую полость мембранных-пневматического покрытия и обогрева внутренних помещений [1].

В отличие от воздухоопорных сооружений, в которых избыточное давление воздуха создается в помещении между оболочкой и полом, воздухонесомые сооружения не требуют герметизации внутреннего помещения и устройства шлюзов.

Положительный эффект предлагаемого сооружения состоит в улучшении технологических качеств, уменьшении материоемкости внешних опорных устройств и снижении стоимости сооружения.

На рис. 2 показано предлагаемое сооружение, вид в плане и разрез сооружения.

Многопролетное мембранные-пневматическое сооружение, содержит воздухонагнетательный вентилятор 1 с воздуховодами 2 и датчиками давления воздуха 3, внешние 4 и внутренние 5 опорные устройства. Сооружение имеет мембранные-пневматическое покрытие 6 с многопролетной нижней 7 и выпуклой на длине всех пролетов верхней 8



Рис. 1. Внутренний интерьер многопролетного мембранных-пневматического сооружения

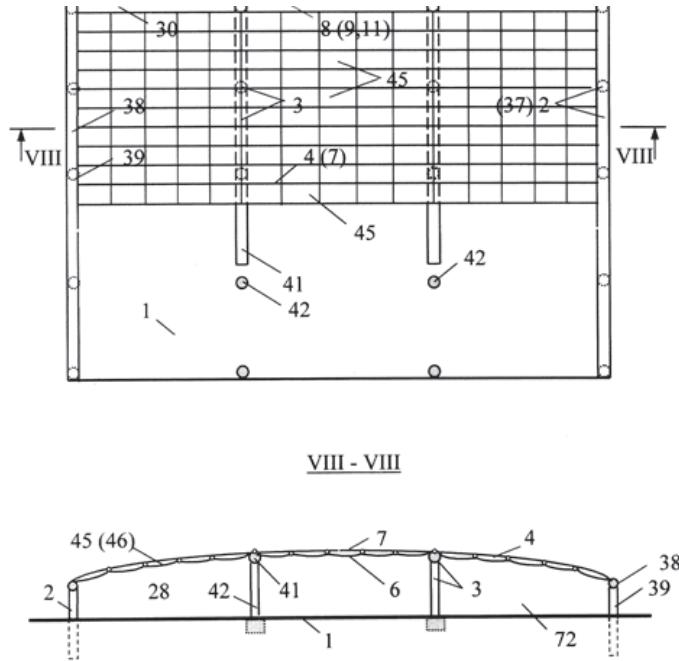


Рис. 2. Мембранный-пневматическое сооружение вид в плане

мембранными, которые закреплены во внешних опорных устройствах 4. Мембранны соединены между собой по периметру сооружения и образуют герметически замкнутую полость 9 с избыточным давлением воздуха.

Сооружение выполнено в плане прямоугольным. Каждое внешнее опорное устройство 4 имеет ригель 10, объединенный с колоннами 11 и расположенный в плане перпендикулярно пролетам. Внутреннее опорное устройство 5 имеет ригель 12, объединенный с колоннами 13 и расположенный в плане перпендикулярно пролетам. Мембранны соединены между собой над ригелями 10, 12 опорных устройств 4, 5 и по длине пролетов образуют несколько линзообразных пролетных строений 14, опирающихся на ригели 10, 12. Линзообразные пролетные строения 14 снабжены расположенными по торцам покрытия 6 вертикальными мембранны-стержневыми панелями 15, соединяющими нижнюю 7 и верхнюю 8 мембранны. В случае, когда колонны 11 выполнены наклонными, внешнее опорное устройство 4 включает вертикальную стенку 16, закрепленную в фундаменте 17.

Вертикальная мембранны-стержневая панель 15 представляет собой жесткую ферму (в частности безраскосную), снаружи которой по контуру каждой ячейки герметично прикреплена мембра.

Линзообразные герметически замкнутые полости 9 каждого пролетного строения 14 в частном случае могут быть не герметичны между собой, и тогда изменение давления воздуха в одной из них повлечет за собой изменение давления воздуха в других.

В плане сооружение выполнено прямоугольным с верхней выпуклой на длине всех пролетов мембраной, очерченной по цилиндрической поверхности. При этом внутреннее опорное устройство (одно или несколько в за-

висимости от числа пролетов) имеет ригель, объединенный с вертикальными колоннами и расположенный в плане перпендикулярно пролетам и торцам сооружения.

Монтаж сооружения производится на фундамент. Сначала в фундаменты устанавливают колонны 13 и на них крепят ригели 12. Одновременно монтируют каждое внешнее опорное устройство 4, включающее ригель 10, объединенный с наклонными колоннами 11, и стенку 16, закрепленную в фундаменте 17. Нижнюю 7 и верхнюю 8 мембранны укладывают рядом с сооружением в виде заранее изготовленных монтажных полотнищ, которые затем с помощью полиспастов, лебедок и талрепов натягивают на ригели 10 и 12 и скрепляют их между собой, с ригелями 10 внешних опорных устройств 4 и торцевыми панелями 15.

Разработанное мембранный-пневматическое сооружение относится к воздухонесовым сооружениям с низким избыточным давлением воздуха в пневмолинзах. Избыточное давление воздуха в пневмолинзах предварительно напрягает несущую и напрягающую мембранны и придает покрытию несущую способность, достаточную для восприятия разнообразных нагрузок.

Пневмолинзы работают в режиме периодической подкачки воздуха, регулируемой датчиками давления воздуха. А поскольку обеспечение герметичности пневматического покрытия с мембранными, выполненными из металла (в частности из нержавеющей сварной стали или алюминиевых сплавов) сейчас возможно, то подкачка воздуха в пневмолинзы вентилятором будет происходить периодически с достаточно большими интервалами, а значит в экономичном и безопасном для сооружения режиме. [3]

Снижение же материоемкости внешних опорных устройств существенно снижает общую стоимость сооружения.

Увеличение полезной площади сооружения за счет многопролетности покрытия может быть многократным. Так, при предельном пролете в 60 м для мембран, выполненных из нержавеющей стали толщиной (1–1,5) мм, ширина здания может быть увеличена до 180 м и более. Длина здания может быть произвольной.

Снижение материалоемкости и стоимости сооружения, приходящихся на один квадратный метр полезной пло-

щади, повышает экономическую эффективность сооружения. [4]

Разработанное сооружение размерами 24 на 48 метров бригада монтажников может собрать на готовый фундамент за две недели, и его стоимость будет примерно в три раза дешевле традиционного сооружения.

Авторы статьи надеются, что новые пневматические системы сооружений займут достойное место в современной инфраструктуре РФ.

### Литература:

1. Ермолов, В. В. Воздухоопорные здания и сооружения/В. В. Ермолов. М.: Стройиздат, 1980.— 304 с.
2. Ким, А. Ю. Расчет воздухоопорных, линзообразных и комбинированных пневматических систем сооружений с учетом упругих свойств воздуха/А. Ю. Ким. СГАУ. Саратов.— 12с. Депонированная рукопись в ВИНИТИ № 77-В200625.01.2006 г.
3. Ким, А. Ю. Расчет пневматических систем с учетом нелинейных факторов/А. Ю. Ким. Депонированная рукопись в ВИНИТИ № 1547-В200029.05.2000 г.
4. Ким, А. Ю. Расчет пространственных мембрально-стержневых систем с использованием пакета прикладных программ «Статика»/А. Ю. Ким. Депонированная рукопись в ВИНИТИ № 76-В200625.01.2006.
5. Ким, А. Ю. Статический и динамический расчет воздухоопорных и линзообразных мембрально-пневматических систем/А. Ю. Ким. Депонированная рукопись в ВИНИТИ № 909-В200312.05.2003.

## Особенности схем тепловых пунктов систем теплоснабжения

Рафальская Татьяна Анатольевна, кандидат технических наук, доцент  
Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)

*Проведён анализ основных особенностей существующих схем, автоматизации, степени централизации тепловых пунктов систем централизованного теплоснабжения.*

**Ключевые слова:** система централизованного теплоснабжения, тепловая сеть, тепловой пункт

Тепловой пункт — это промежуточное звено между тепловой сетью и потребителями теплоты, которое обеспечивает связь между тепловой сетью и местными системами отопления, вентиляции и горячего водоснабжения, включая управление ими. Тепловые пункты (ТП) подразделяются на центральные — ЦТП, от которых снабжаются одновременно несколько зданий-потребителей теплоты, и индивидуальные — ИТП, к которым присоединяются системы отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и технологические теплоиспользующие установки одного здания [1]. Устройство ИТП обязательно для каждого здания независимо от наличия ЦТП, при этом в ИТП предусматриваются только те функции, которые необходимы для присоединения систем потребления теплоты данного здания, но не предусмотренные в ЦТП [1, п. 1.5]. Как показано в работах [2, 3, 4, 5, 6], существует оптимальная степень централизации ТП. В настоящее время в связи с появлением малогабаритных бесшумных насосов (которые можно устанавливать на трубопроводах непосредственно в подвалах зданий), компактных теплообменников и бесшумных регулирующих

клапанов преимущество отдаётся схемам с ИТП [4], поскольку в этом случае производится индивидуальное регулирование систем теплопотребления каждого здания и сокращается металлоёмкость квартальной тепловой сети (тепловая сеть двухтрубная). Однако, в [2] отмечается, что при устройстве ЦТП распределение теплоносителя производится проще, быстрее и точнее из-за наличия меньшего количества точек распределения, что увеличивает гидравлическую устойчивость и, следовательно, надёжность тепловой сети. Кроме того, заметным преимуществом ЦТП является значительное снижение количества необходимых авторегуляторов. Иногда высказывалось мнение [4, 7, 8], что вариант с ЦТП обязательно приводит к перерасходу теплоты за счет увеличения тепловых потерь в разводящих сетях после ЦТП (четырёхтрубные квартальные сети), а также вследствие того, что каждый городской микрорайон кроме жилых имеет общественные здания, режим потребления тепла в которых заметно отличается от режима потребления в жилых. Однако, как отмечается в [2], наличие общего для квартала режима отопления, не исключает возможности дополни-

тельного местного регулирования на вводе в здания, а на-оборот, облегчает схемы и конструкции авторегуляторов. Устройство ИТП в каждом здании позволяет применять пофасадные системы отопления в жилых зданиях или, что более эффективно, индивидуальные регуляторы у отопительных приборов, за счет чего может быть получена экономия теплоты. Разделение режима магистральных и распределительных сетей возможно при устройстве контрольно-распределительных пунктов (КРП), которые могут быть районными (РТП) или групповыми (ГТП) [5]. Основным назначением КРП является поддержание гидравлического режима и защиты распределительных тепловых сетей.

В [3] произведено экономическое сравнение эксплуатационных расходов вариантов схем, имеющих и не имеющих ЦТП и сделан вывод о целесообразности сооружения одного ЦТП на квартал с нагрузкой 15–25 Гкал/час (20–30 МВт) и совмещение его с КРП, что повышает надёжность и маневренность системы теплоснабжения. Система теплоснабжения, имеющая несколько меньших ЦТП на квартал менее экономична за счет увеличения суммарной стоимости ЦТП. Сооружение более крупных ЦТП нецелесообразно, поскольку резко возрастает стоимость прокладки трубопроводов ГВС из-за появления распределительных сетей диаметром до 300–350 мм.

Таким образом, необходимость выбора системы с ЦТП или ИТП должна решаться в каждом случае индивидуально, в зависимости от мощности системы теплоснабжения, рельефа местности и соответственно, гидравлического режима работы тепловой сети, наличия общественных и производственных зданий, имеющихся приборов и средств авторегулирования.

Цель автоматизации ТП состоит в наиболее эффективном решении задачи теплоснабжения — подачи потребителям теплоты (воды) необходимого качества и количества без непосредственного вмешательства человека.

Задачи автоматизации ТП в соответствии с [1] состоят в следующем:

- регулирование отпуска теплоты на отопление и вентиляцию в зависимости от температуры наружного воздуха;
- обеспечение заданной температуры воды в системе горячего водоснабжения;
- автоматическое снижение давления на входе в ТП;
- рассечка сети на две гидравлически изолированные зоны в статических условиях при остановке подкачивающих насосов, в случае недопустимых статических условий, поддержание гидравлического режима в сетях за ЦТП;
- снижение давления на всасывающем патрубке смесительно-подкачивающих насосов;
- включение резервного насоса при остановке одного из работающих;
- при водоразборе автоматическое включение сетевого насоса горячего водоснабжения и отключение циркуляционного насоса;

- при отсутствии водоразбора отключение насоса горячей воды и включение циркуляционного насоса;
- отключение подкачивающих насосов системы отопления при падении давления в подающем трубопроводе;
- прекращение подачи воды в баки-аккумуляторы при достижении верхнего уровня воды в баках; при достижении нижнего уровня — отключение насосов горячей воды;
- регулирование подпитки систем отопления — в ЦТП с независимым присоединением систем отопления;
- измерение параметров теплоносителя и учет расхода теплоты.

#### Выходы.

Указанные особенности работы современных систем автоматизации ТП позволяют сформулировать общие выводы по рассмотренным системам группового и местного авторегулирования отопительной нагрузки.

1. Регулирование отпуска теплоты на отопление может производиться по:

- усреднённой температуре наружного воздуха за сравнительно длительный период времени 6–12 ч;
- усреднённой внутренней температуре представительных помещений;
- внутренней температуре устройства, моделирующего тепловой режим зданий;

Выбор каждого из указанных параметров имеет свои достоинства и недостатки. Регулирование параметров теплоносителя только по наружной температуре  $t_{\text{н}}$  упрощает систему регулирования, но не позволяет учитывать бытовые тепловыделения в зданиях  $Q_{\text{быт}}$ , что, однако учитывается при расчете системы отопления и определении её тепловой мощности  $Q_o$  в соответствии с СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Регулирование  $Q_o$  только по температуре внутреннего воздуха  $t_b$  значительно усложняет систему автоматизации из-за необходимости большого количества датчиков и линий связи, а кроме того, как отмечается в [6], может привести к перерасходу теплоты — при отоплении с открытыми форточками. Оптимальными являются системы комбинированного регулирования с поддержанием заданного графика температуры воды в системе отопления с коррекцией по температуре внутреннего воздуха.

2. В схемах с ограничением расхода сетевой воды, особенно при повышенном температурном графике необходимо местное количественное регулирование отпуска теплоты в систему отопления.

3. У абонентов с нагрузкой отопления и горячего водоснабжения система автоматического регулирования (САР) не должна допускать увеличения суммарного расхода сетевой воды выше заданной величины. В противном случае может быть нарушен гидравлический режим сети, вследствие чего удалённые абоненты не будут получать теплоту. Должна быть исключена возможность компенсации недотпуска теплоты на отопление за счет дополнительного (сверх расчетного) расхода сетевой воды на

ТП при максимальной нагрузке горячего водоснабжения при температуре сетевой воды не соответствующей требуемой температуре по графику центрального регулирования. Как показали результаты моделирования режимов

ТП [9, 10], необходимо отключать подогреватель II ступени при наружной температуре ниже расчётной, или ограничивать расход воды на вторую ступень подогревателя горячего водоснабжения.

#### Литература:

1. СП 41–101–95. Правила по проектированию и строительству тепловых пунктов / Минстрой России.— М.: ГУП ЦПП, 1997.— 78 с.
2. Громов, Н.К. Какие тепловые пункты строить — центральные или индивидуальные / Н. К. Громов // Водоснабжение и санитарная техника.— 1974.— № 12.— с. 17–22.
3. Громов, Н. К. Технико-экономические основы применения контрольно-распределительных пунктов в крупных тепловых сетях при закрытой системе теплоснабжения / Н. К. Громов // Теплоэнергетика.— 1980.— № 2.— с. 18–22.
4. Ливчак, В. И. За оптимальное сочетание автоматизации регулирования подачи и учета тепла / В. И. Ливчак // АВОК.— 1998.— № 4.— с. 44–50.
5. Ливчак, В. И. Оптимальная степень централизации тепловых пунктов в закрытых системах централизованного теплоснабжения / В. И. Ливчак // Водоснабжение и санитарная техника.— 1975.— № 8.— с. 26–31.
6. Соколов, Е. Я. О схемах автоматизации абонентских установок крупных городских систем централизованного теплоснабжения / Е. Я. Соколов, Н. М. Зингер // Водоснабжение и санитарная техника.— 1980.— № 10.— с. 17–18.
7. Ливчак, В. И. Улучшение работы ЦТП — реальный путь повышения качества и экономичности теплоснабжения жилых микрорайонов / В. И. Ливчак, Н. Н. Чистяков // Водоснабжение и санитарная техника.— 1976.— № 4.— с. 20–25.
8. Математическое обеспечение оптимального выбора оборудования тепловых пунктов // Новости теплоснабжения.— 2001.— № 12.— с. 46–48.
9. Рафальская, Т. А. Моделирование и компьютеризация тепловых и гидравлических режимов систем теплоснабжения / Т. А. Рафальская, А. С. Басин // Энергетика: экология, надежность, безопасность: Материалы докладов седьмой всероссийской научно-технической конференции.— Томск: Изд-во ТПУ, 2001. Т. 1.— С.133–136.
10. Рафальская, Т. А. Тепловые и гидравлические режимы систем централизованного теплоснабжения / Т. А. Рафальская // Актуальные вопросы технических наук: теоретический и практический аспекты: коллективная монография [под. ред. И. А. Григорьева].— Уфа: Аэттерна, 2016.— с. 116–171.

# ТРАНСПОРТ

## Анализ преимуществ и недостатков видов легкого электротранспорта

Варзаносов Павел Викторович, студент

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Автомобиль — популярное средство передвижения в настоящее время. Но, несмотря на свою популярность и огромное количество положительных сторон, они имеют ряд существенных недостатков. Например, загрязнение окружающей среды, в виде выбросов в атмосферу выхлопных газов, являющихся результатом сгорания углеводородного топлива. Рост цен на бензин приводит к увеличению стоимости использования транспорта с бензиновым двигателем. Эти недостатки привели к тому, что ведущие страны стали разрабатывать более экологичные автомобили. Россия не является исключением. О перспективах развития транспорта, использующего электрическую энергию, в частности, электромобиля и гибридных автомобилей, будет рассказано в этой статье.

Для того чтобы понять, что же такое электромобиль и чем он отличается от гибридных автомобилей рассмотрим их определения. Электромобиль — это автомобиль, который приводится в движение не двигателем внутреннего сгорания, а одним или несколькими электродвигателями, питающимися от аккумуляторов или топливных элементов [1]. Гибридным автомобилем называется транспортное средство, приводимое в движение с помощью гибридной силовой установки. Отличительной особенностью гибридной силовой установки является использование двух и более источников энергии и соответствующим им двигателей, преобразующих энергию в механическую работу [2].

Начиная с 1880 г., развитие электромобилей происходило параллельно с автомобилем. В эти годы автомобили с ДВС еще не являлись серьезным конкурентом электромобилям. Это было обусловлено тем, что конструкция электромобилей была проще и они (как и автомобили) использовались только в городах и осуществляли передвижение в радиусе 10–15 км. Скорость таких экипажей не превышала 20 км/ч. [3].

История же гибридных автомобилей насчитывает чуть больше 100 лет. Первые гибридные автомобили появились приблизительно в одно и то же время в нескольких странах, но, несмотря на вышесказанное, многие признают, что одним из первых кто изобрёл и, главное, сумел наладить массовое производство гибридных автомобилей был великий немецкий конструктор, сыгравший большую роль в общем развитии автомобилестроения, Фердинанд Порше. В 1898 году Порше создал

автомобиль, в котором электродвигатель не приводил ведущие колёса автомобиля, а приводил в движение электрический генератор, преобразовывающий механическую энергию, выработанную ДВС, в электрическую. После второй мировой по советским улицам ездил автобус — ЗИС-154. В его хвостовой части находился дизельный 110-сильный агрегат, работающий в паре с генератором постоянного тока. В 60–70 годы советский ученый Нурбей Гулиа проводил множество испытаний с маховичными гибридными двигателями, благодаря которым удавалось почти на половину снизить расход дизельного топлива [4].

В настоящее время на российском рынке можно приобрести такие гибридные автомобили, как: Audi Q5 Hybrid, BMW ActiveHybrid X6, Lexus CT200h, Mercedes-Benz S400 Hybrid, Porsche Cayenne S Hybrid, Toyota Prius, Volkswagen Touareg Hybrid и другие.

Наиболее известными серийно выпускаемыми моделями электромобилей, которые можно купить в России, являются: Toyota RAV4 EV, Tesla Model S, Mitsubishi i-MiEV, BMW i3, Citroen Berlingo First Electric, Renault серия Z. E., Nissan LEAF, Lada Ellada. Что же касается Tesla Model S, то ее можно приобрести только у серых дилеров.

### Преимущества и недостатки электрокаров. Сравнение с гибридными автомобилями

#### Преимущества электромобилей:

- Низкие расходы на топливо. Стоимость энергии, необходимой для поездки на электромобиле, меньше, чем стоимость энергии, потребляемой при поездке на автомобиле, работающем на ископаемом топливе, на то же расстояние.
- Снижение загрязнения окружающей среды. Двигатель электромобиля не производит выхлопных газов и, соответственно, не ухудшает экологическую обстановку.
- Снижение шума. Разгон электромобиля производится плавно и тихо
- Постепенное снижение стоимости. При росте производства батарей для электрокаров уменьшается их стоимость.
- Надежность. Из-за меньшего количества деталей и узлов, повышается надежность электромобиля [5].

### Недостатки электромобилей:

– Малое количество станций для подзарядки. Правительство Москвы в лице замглавы Дептранса Дмитрия Пронина сообщило, что в течение года в столице устанавливают 250 станций «Московский транспорт», с учётом станций МОЭСК их количество достигнет 280 единиц [6]. Но на данный момент инфраструктура находится на начальном этапе развития.

– Короткий пробег и ограниченная скорость. Максимальный пробег электрокара меньше, чем пробег автомобиля с полным баком горючего до его опустошения.

– Длительное время перезарядки. Для полной зарядки электромобиля требуется около 8 часов. Хотя некоторые компании, в частности Tesla, предлагают экспресс-зарядки Tesla Supercharger Station, которые позволяют зарядить аккумулятор до 80 процентов за 40 минут.

– Необходимость замены батареи через каждые 3–10 лет.

– В зимнее время расход энергии аккумулятора повышен из-за обогрева салона. Поэтому пробег осенью, зимой и весной сокращается на 20–50% по сравнению с летним периодом.

Что же касается безопасности. Все автомобили проходят одинаковые процедуры тестирования. В случае столкновения, в электромобиле сработают подушки безопасности, датчики столкновения отключат аккумуляторы. Например, электромобиль Tesla Model S в 2013 году получил наивысший рейтинг безопасности из всех автомобилей, когда-либо протестированных в США [7]. Но все тот же электромобиль Tesla Model S может быстро воспламеняться при ДТП, также были отмечены случаи возгорания, причины которых еще не выяснены. Примечательно, что потушить электрокар намного сложнее из-за литиевых аккумуляторов, которые нельзя тушить водой, так как литий бурно взаимодействует с водой.

В то время, пока развивается инфраструктура и дорабатываются модели электромобилей можно обратить внимание на гибриды электрокаров, которые могут нивелировать недостатки чисто электрических моделей.

Преимущество гибридных автомобилей перед электромобилями одно: запас хода не ограничен емкостью батареи. При разрядке батареи автомобиль использует другое топливо. Этот факт является существенным плюсом в российских реалиях, так как широкие просторы нашей страны требуют дальних переездов и, зачастую, нет возможности зарядить батареи. Минусом же является использование углеводородов в качестве основного топлива, то есть происходит выброс выхлопных газов, но в меньшем размере, чем в бензиновом автомобиле.

### **Конструктивные особенности гибридных автомобилей и электромобилей**

Основными конструктивными элементами электрооснащения автомобиля являются: аккумуляторная ба-

тарея, электродвигатель, трансмиссия, бортовое зарядное устройство, электронная система управления.

Тяговая аккумуляторная батарея обеспечивает питание электродвигателя. Зачастую используются различные вариации литий-ионных батарей. Электродвигатель — главная система, создающая крутящий момент. Электродвигатель работает благодаря принципу электромагнитной индукции, коэффициент преобразования электрической энергии в механическую составляет 80–95%. Трансмиссия в отличие от автомобилей с двигателем ДВС проста, используется одноступенчатый зубчатый редуктор. Заряжать батарею от бытовой электрической сети позволяет бортовое зарядное устройство. Электронная система управления выполняет несколько функций, направленных на обеспечение комфорта и безопасности пассажиров.

Отличие гибридов от электромобилей заключается в том, какая роль отведена электромотору. В зависимости от этого гибриды делятся на умеренные и полные. У первых электромотор служит помощником двигателю внутреннего сгорания: помогает снизить потребление топлива и используется для запуска двигателя. Вторые способны проехать некоторое расстояние на одной электротяге. По типу совмещения ДВС и электромотора полные гибриды можно разделить на гибриды с последовательной силовой установкой, в которой ДВС вращает генератор, а электродвигатель передает крутящий момент на колеса, и параллельной, в которой ДВС и электромотор могут работать параллельно. Следует отметить, что сложная организация гибридных силовых установок усложняет ремонт и эксплуатацию автомобилей с такой системой.

На сегодняшний день в мире существуют три основных способа зарядки электромобилей:

– Способ зарядки аккумуляторных батарей электромобиля от бытовой электрической сети называется медленной зарядкой и длится около 8 часов.

– Быстрая зарядка — способ зарядки на специально оборудованных станциях. В течение 20–30 минут аккумуляторная батарея заряжается более чем на 90 процентов.

– «Горячая» замена батареи — замена батареи на полностью заряженную. «Горячая» замена батареи осуществляется только на зарядных станциях Tesla Supercharger, которую можно произвести за 2 минуты. [6]

Основная проблема использования электрокаров в России заключается в недостаточном количестве зарядных станций и высокой стоимости как гибридных автомобилей, так и электромобилей. Поэтому для того чтобы решить эти вопросы, необходимы определенные льготы. В 2015 году процесс начал развиваться более активно — страны, входящие в ЕАЭС, одобрили проект плана поддержки электромобильного сегмента в период 2015–2017 годов. План предусматривает снижение пошлин на импорт комплектующих для электромобилей с 5–10% до нуля. По примеру Норвегии ЕАЭС тоже решил давать владельцам электромобилей права на бесплатный проезд по выделенным полосам для общественного транспорта, платным дорогам, а также бесплатную парковку. Пред-

усмотрены льготы и для юридических лиц, размещающих на своей территории зарядные станции для электромобилей [7]. Еще дальше в решении проблем развития электротранспорта пошло правительство Москвы, которое собирается выделять специальные парковочные места для «зеленых» автомобилей. Также планируется существенное увеличение количества зарядных станций, как в Москве, так и в других крупных городах.

В масштабах России является уникальным опытом использования отечественного электрокара EL LADA. Первые пять электромобилей были поставлены таксопарку в Кисловодске в 2013 году. Вновь же крупной проблемой стало отсутствие зарядных станций, на весь Кисловодск их только три, построенных в партнерстве с фирмой Ensto. К 2016 году электрокары, используемые как такси, проехали свыше 70 тыс. км.

Для России, с ее широкими просторами, на данный момент, целесообразно развивать рынок гибридного

транспорта и параллельно расширять сеть зарядных станций с последующим полным переходом на электромобили. Для развития электротранспорта необходимы субсидии и льготы со стороны государства как для производителей электрокаров и гибридов, так и для пользователей. Льготы для производителей могут быть представлены в виде налоговых льгот и государственных субсидий. Для потребителей необходимы: государственные субсидии на покупку и освобождение от транспортного налога.

Отрасль производства электромобилей и гибридов в России слабо развита в настоящее время и уступает развитым странам, таким как Япония, США, Германия, Норвегия и др. Российские ученые уже занимаются разработкой отечественного электротранспорта, и они дают надежду на создание образцов, по качеству сопоставимые с импортными аналогами. Создание новых технических решений способствует модернизации производства и стремительному росту экономики.

#### *Литература:*

1. <http://www.kolbasers.ru/hq/elektromobil.php>
2. <http://systemsauto.ru/engine/hybrid.html>
3. <http://www.electrolibrary.info/history/electromobi.htm>
4. <http://autology.jimdo.com>
5. <http://nature-time.ru/2014/08/preimushhestva-elektromobilya-i-ego-nedostatki>
6. <http://fundamental-research.ru/en/article/view?id=39606>
7. <http://peretok.ru/innovations/elektromobili-v-rossii-vy-ne-videli-moyu-zaryadku.html>
8. [http://www.zr.ru/content/news/567354-tesla\\_model\\_s\\_poluchila\\_vysshie\\_rejtingi\\_bezopasnosti/](http://www.zr.ru/content/news/567354-tesla_model_s_poluchila_vysshie_rejtingi_bezopasnosti/).

## **Влияние цетаноповышающих присадок на работу двигателей, работающих на дизельных топливах**

Коротких Юлия Сергеевна, ассистент;

Пуляев Николай Николаевич, кандидат технических наук, доцент

Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К.А. Тимирязева

*В статье изложено влияние применения цетаноповышающих присадок на работу дизельных двигателей внутреннего сгорания.*

**Ключевые слова:** Евро-6, Евро-5, вредные вещества, дизельные топлива, цетановое число, цетаноповышающие присадки, промоторы воспламенения.

## **Technopolises influence of additives on the operation of engines operating on diesel fuels**

Yu.S. Korotkikh

Russian Timiryazev State Agrarian University

*The article describes the impact of the application technopolises of additives on the diesel engines.*

**Keywords:** Euro-6, Euro-5, hazardous substances, diesel fuel, cetane number, additives cyanopolyne

С развитием автомобилестроения и ужесточением экологических требований к транспортным средствам про-

изводство современных дизельных топлив становится невозможно без применения разнообразного количества

присадок с целью обеспечения требуемого уровня их эксплуатационных свойств [1].

Так, с 1 января 2016 года в Евросоюзе действует топливный стандарт Евро-6, требования которого ужесточают содержание вредных веществ в отработавших газах (таблица 1).

Россия отстает от Евросоюза с введением нормы Евро-6, так как в данный момент проходит внедрение Евро-5, который номинально введен в нашей стране с 1 января 2014 года, а обязательным стал лишь с 1 января 2016 года [2].

Таблица 1  
Требования к качественным показателям дизельного топлива

Характеристика дизельного топлива	Единица измерения	Нормы в отношении			
		Класс 2	Класс 3	Класс 4	Класс 5
Массовая доля серы, не более	мг/кг (ppm)	500	350	50	10
Массовая доля полициклических ароматических УВ, не более	%	-	11	11	8
Цетановое число, не менее	-	45	51	51	51
Цетановое число для холодного и арктического климата, не менее	-	-	47	47	47
Предельная температура фильтруемости, не выше	для холодного климата	-20	-20	-20	-20
	для арктического климата	-38	-38	-38	-38
Смазывающая способность, (диаметр пятна износа), не более	мкм	460	460	460	460

Высокооборотные дизельные двигатели современных автомобилей, рассчитаны на топливо с цетановым числом 51–55 единиц, то есть на горючее, соответствующее стандарту «ЕВРО». Однако мощности отечественных нефтеперерабатывающих заводов не позволяют изготавливать топливо с таким цетановым числом.

В таблице 2 приведены значения цетановых чисел дизельных топлив, которые производятся на ряде нефтеперерабатывающих заводов РФ [3, 4].

Из таблицы следует, что значения цетановых чисел дизельных топлив, производимых в настоящее время нефтеперерабатывающими заводами, не отвечают требованиям Европейского стандарта EN-590, согласно которому значение цетанового числа не должно быть менее 51,0 ед.

«Недостаток» цетанового числа по всем заводам страны в среднем составляет 2–3 ед. Его повышение на 2 ед. достигается введением в топливо до 0,1% масс. промотора воспламенения.

В связи с этим, для дизельных топлив большое значение имеют присадки, повышающие их цетановое число.

Цетаноповышающие присадки или промоторы воспламенения — вещества органического происхождения, по-

зволяющие уменьшить период задержки самовоспламенения топливной смеси [5].

В РФ разрешены к применению импортные цетаноповышающие присадки Kerobrisol EHN, Paradine-668, DII-3, Dodicet 5073, ADX 743, а также отечественные 25 присадки Миакрон-2000, Цетамикс и ЦГН [6]. Основным действующим веществом этих присадок является нитраты.

В настоящее время на рынке представлен достаточно широкий ассортимент цетаноповышающих присадок, основу которых составляют пероксиды и нитраты алифатических или циклических спиртов, а также парафины [6]. Присадки на основе пероксидов имеют, как правило, высокую стоимость, но при этом являются более экологичными и безопасными в отличие от использования нитратов. Эффективность присадок на основе нитратов и пероксидов практически одинакова, хотя пероксиды по эффективности уступают нитратам. Недостатками присадок на основе пероксидов являются присущая им невысокая стабильность и повышенное смолообразование содержащих их топлив [6].

Увеличение цетанового числа с 45 до 51 единицы привело к изменениям в топливной системе дизельного дви-

Значения цетановых чисел дизельных топлив некоторых НПЗ РФ

Производитель	Цетановое число
ОАО «Уфимский НПЗ»	50
ОАО «Куйбышевский НПЗ»	50
ОАО «Новокуйбышевский НПЗ»	48
ЗАО «Рязанская НПК»	48
ОАО «Орскнефтеоргсинтез»	48

Таблица 2

гателя одновременно с уменьшением выброса вредных веществ за счет более полного сгорания горючей смеси. Увеличение цетанового числа также поддерживает более мягкое горение и снижение дымности отработанных газов [5].

Цетаноповышающие присадки действуют на начальных стадиях процесса горения за счет легкого распада их молекул. При распаде молекул, входящих в состав промоторов воспламенения нитратов или пероксидов, по связям O-O и O-N с энергией активации около 150 кДж/моль, образуются свободные радикалы, которые инициируют воспламенение топлива.

Однако, на основании результатов проведенных исследований, при добавлении промоторов воспламенения в дизельное топливо может увеличиваться значение диаметра пятна износа на 15–24% [6], то есть происходит ухудшение смазывающей способности дизельного топлива.

Этот эффект объясняется тем, что цетаноповыщающая присадка обладает повышенными окислительными свойствами, которые уменьшают период задержки воспламенения топлива. Попадая в зону трения продукты реакции окисления вызывают повышенный износ пары трения [7]. В связи с этим, для улучшения противоизносных свойств дизельного топлива необходимо введение противоизносной присадки [6].

Для производства дизельного топлива ЕВРО по ГОСТ Р 52368 на российских НПЗ используются как отечественные, так и зарубежные противоизносные и цетаноповыщающие присадки. Нередко в одном пакете содержатся присадки разных фирм. Поэтому вопросы их совместимости в топливе также имеют большое зна-

чение [8]. В состав дизельного топлива рекомендуется вводить цетаноповыщающие и противоизносные присадки в количестве 0,1–0,3% масс [8].

При добавке алкилнитратов повышение цетанового числа составляет 2–3 единицы на каждые 0,1% добавки и тем выше, чем выше цетановое число исходного топлива [9].

Однако повышение цетанового числа не может быть безгранично, так как при его увеличении больше 60 снижается полнота сгорания топлива, возрастает расход топлива и дымность выхлопных газов.

В состав присадок к дизельному топливу могут входить вещества, опасные свойства которых для окружающей среды недостаточно изучены, поэтому важным аспектом использования присадок является их непосредственное влияние на окружающую среду. Это получило свое отражение в специальной технической документации, сопровождающей присадки при их реализации: паспортах качества и паспортах безопасности. С целью безопасного обращения при производстве, транспортировке, хранении компонентов, входящих в состав присадок, самих присадок и дизельных топлив, содержащих эти присадки, в паспорте безопасности в числе прочих присутствуют разделы «Информация по экологии» («Экотоксичность») и «Указания по утилизации».

При всем при этом цетановое число должно отвечать требованиям двигателя. Необходимо учитывать его быстроходность, конструкции камеры сгорания, степень сжатия и размер цилиндров. Несоответствие цетанового числа приводит к снижению надежной работы двигателя, его быстрому износу.

#### Литература:

1. Лунева, В. В., Пуляев Н. Н. и др. Исследование химической стабильности современных дизельных топлив с улучшенными экологическими характеристиками // Международный технико-экономический журнал.— 2015.— № 5.— с. 84–88.
2. Коротких, Ю. С. Экологический стандарт Евро-6 в Европе и России. // Управление рисками в АПК. 2016. № 1. [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://www.agrorisk.ru/#!korotkikh-1/lsuyi>
3. Митусова, Т. Н. Современное состояние производства дизельных топлив. Требования к качеству // Мир нефтепродуктов.— 2009.— № 9–10.— с. 6–16.
4. Влияние присадок на показатели качества дизельного топлива. [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://smu.rusoil.net/pages/7081/apnt12.pdf>.
5. Буров, Е. А. Исследование эффективности действия функциональных присадок в дизельных топливах различного углеводородного состава: дисс. ... канд. хим. наук: 02.00.13. Защищена 2015.— Москва, 2015.
6. Минибаева, Л. К. Разработка цетаноповыщающей присадки для дизельных топлив: дисс. ... канд. техн. наук: 05.17.07. Защищена 2015.— Уфа, 2015.
7. Недайборщ, А. С., Любименко В. А., Митусова Т. Н. Метод компьютерного моделирования в изучении механизма действия присадок к дизельным топливам // Труды Российского гос. ун-та нефти и газа им. И. М. Губкина.— 2015.— № 2.— с. 87–98.
8. Митусова, Т. Н., Калинина М. В., Недайборщ А. С., Капитонов И. В. Особенности испытаний дизельных топлив ЕВРО // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний.— 2013.— № 8.— с. 24–25.
9. Цетаноповыщающие присадки в дизельные топлива. [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://chimservice.ru/stati/1610>.

## Кластеры как новая форма организации транспортно-логистической деятельности

Макарова Эвелина Сергеевна, аспирант

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

**В**первые идею кластера в 1990-м году озвучил М. Портер, определяя его как «сконцентрированные по географическому признаку группы компаний, специализированных поставщиков, поставщиков услуг, фирм в родственных отраслях, а также связанных с их деятельностью организаций, в определенных областях конкурирующих, но при этом ведущих совместную работу» [1]. В дальнейшем по мере изменений, происходящих в современном обществе, под влиянием глобализации и интеграции, данное понятие видоизменялось, уточнялось и применялось для решения различных задач.

Кластеризация, призванная повысить конкурентоспособность отрасли, региона или целой страны, представляет собой далеко нетривиальную задачу.

Кластер можно классифицировать и идентифицировать по различным признакам, в данной статье остановимся на одном факторе классификации: по сфере формирования. По данному признаку рассмотрим промышленный кластер, как наиболее часто встречающийся в практике, и инновационный транспортно-логистический, как имеющий неоднозначный статус и структуру.

Производственный кластер формируется на базе промышленных районов: вокруг крупных промышленных центров начинают развиваться вспомогательные хозяйства. Данной концепцией занимались такие исследователи как А. Маршалл, Дж. Бекатини, Ф. Перру.

А. Маршалл сделал вывод о взаимосвязи между совместным расположением фирм и их экономической эффективностью, назвав это индустриальными районами.

Дж. Бекатини и его сторонники понимали под индустриальным районом географически сконцентрированную группу одноотраслевых организаций, связанных друг с другом конкуренцией и сотрудничеством, составляя социально-экономические сети.

Ф. Перру в своей работе «Экономическое пространство: теория и применение» впервые упомянул о «полюсах роста». Под «полюсами роста» Перру имел ввиду движущие отрасли или фирмы, которые фокусировали экономические ресурсы и обеспечивали наиболее эффективное их использование.

Т. Андерсон пишет: «Промышленный кластер фокусируется на конкуренции внутри экономического сектора. Он, как правило, пространственно не привязан к определенной урбанизированной области. В противоположность другому типу кластеров (региональному) он обладает тенденцией иметь более широкие границы, возможно, охватывая весь регион или страну» [1].

А. Праздничных наиболее близко и полно определил ядро производственного кластера, которым и является промышленное предприятие вокруг которого и концентрируются остальные участники кластера.

Первоначальные подходы ограничивались территориально-производственным определением и связаны были с понятием «комплекса». Следующим закономерным этапом было бы появление некой системы, в число элементов которой включаются отношения, качества, свойства. Данная система впоследствии будет определена как кластер.

Однако существуют качественные различия между понятиями территориально-производственного комплекса и кластера. Территориально-производственный комплекс, в основе которого лежит комплексность хозяйственного развития экономического района, базируется на имеющемся природно-ресурсном потенциале, а также на сочетании предприятий, имеющих технологическую связь на основе вертикальной интеграции. Кластер же, представляющий собой концентрированную группу различных компаний и структур, имеет помимо прочего отличительную особенность: наличие конкуренции внутренней и внешней.

Промышленный кластер — совокупность географически сконцентрированных производств, из которых одновременно является лидером; имеющие особую форму взаимодействия, а также технологическую взаимосвязанность отраслей, представленных не только основной деятельностью, но и вспомогательными хозяйствами.

Вариант структуры промышленного кластера представлен ниже:

- производственные предприятия, одно из которых — предприятие-лидер;
- сервисные компании;
- специализированные институты: финансовые, маркетинговые, консалтинговые;
- образовательные учреждения.

Переход от индустриальных к постиндустриальным технологиям, развитие контейнеризации и логистики дали мощный толчок для развития различных современных тенденций в транспортных системах, а также появлению транспортно-логистических кластеров как новой формы деятельности.

Логистика позволила объединить все стадии производства, и сбыта продукции в единый процесс движения и трансформации продукта, и дала возможность предприятиям получить конкурентное преимущество в виде сокращения транспортных расходов и оптимизации управления цепями поставок.

Транспортно-логистический кластер определяется как группа географически локализованных взаимосвязанных компаний, специализирующихся на хранении, сопровождении и доставке грузов и пассажиров, а также организаций, обслуживающих объекты инфраструктуры и других организаций, взаимодополняющих и усиливающих сильные стороны друг друга и реализующих конкурентные преимущества данной территории.

Таблица 1

Теоретические аспекты, предшествующие формированию понятия промышленного «кластера»

Автор	Определение	Формулировка
А. А. Маршалл, 1890	Эффекты окружения, эффекты синергии	Концентрация некоторого количества схожих фирм (бизнесов) в определенном месте и появление незапланированных выгод и случайных побочных продуктов деятельности — эффекты синергии.
Дж. Бекаттини, 1970-е годы	Индустриальный район	Совместная деятельность концентрированной группы одноотраслевых организаций, формирующих культурную среду и связанных между собой конкуренцией и сотрудничеством. Особенностью является наличие закрытых социально-экономических отношений между взаимодействующими организациями.
Ф. Перрь, Ж. Будвиль, Х. Р. Ласуэн, серед. XX века	«Полюса роста», «движущие отрасли»	Цепная реакция возникновения и роста промышленных центров вокруг компактно размещенных и динамично развивающихся отраслей или предприятий. Отличительные черты «полюса роста»: географическая агломерация экономической активности; комплекс быстроразвивающихся производств; передача импульса роста второстепенным отраслям.
П. Потье	«Оси развития»	Создание осей (коридоров) развития благодаря увеличению грузопотоков, распространению инноваций и развитию инфраструктуры на территориях, расположенных между полюсами роста и обеспечивающие транспортную связь.
Н. Н. Колосовский, 1920–1940-е гг.	Территориально-производственный комплекс (ТПК); «энергопроизводственный цикл»	Специализированная территория, такая как экономический район, объединяющая трудовые и природные ресурсы, а также промышленные предприятия и региональную инфраструктуру понимается как территориально-производственный комплекс. «Энергопроизводственный цикл» представляет собой производственный процесс, который в основе своей имеет требование приближения производства к источникам сырья и комплексного использования всех компонентов сырьевых и энергетических ресурсов данного типа. В ТПК преимущество отдается той отрасли, которая может наиболее выгодно и полно развиться для обеспечения экономического благополучия региона.
Ю. Г. Саушкин	Территориально-производственный комплекс (ТПК)	ТПК становится «ядром» сервисного района, организованного вокруг сетевых структур и его комплексность представляет собой тесное сопряжение основных агентов местной экономики в единую коммуникационную сеть [5].
А. Г. Гранберг	Территориально-производственный комплекс (ТПК)	ТПК представляет собой сочетание различных технологически связанных производств с общими объектами производственной и социальной инфраструктуры, имеющее производственную специализацию [3]. Характерные черты: технологическая взаимосвязь; специализация, кооперирование и комбинирование; рациональное развитие инфраструктуры.

Примерная структура транспортно-логистического кластера [4]:

- фирмы — посредники транспортно-логистической деятельности: складская подсистема; подсистема управления; подсистемы страхования и охраны материального потока;
- транспортная подсистема, включающая перевозчиков и транспортную инфраструктуру;
- научно-техническое и кадровое обеспечение;

— подсистема информационного обеспечения.

Самыми главными отличиями транспортно-логистического кластера от производственного будет, наличие у второго «якорного» предприятия, которое выступит главным образующим звеном для всего объединения и конечный продукт.

В табл. 2 предложены отличительные особенности рассматриваемых кластеров.

Таблица 2

## Отличительные характеристики кластеров

Параметр	Транспортно-логистический кластер	Производственный кластер
Цель создания	Объединение фирм и вспомогательных субъектов для организации полного цикла транспортно-логистических услуг, включая различные дополнительные услуги.	Объединение различных фирм и субъектов вокруг производственных лидеров для создания высококонкурентной продукции.
Конечный продукт	Услуги	Материально-технические ценности
Характеристика отрасли	Инфраструктурная	Производящая
Принцип формирования кластера	Создание структуры, позволяющей объединить остальные предприятия	Строгая иерархия в соответствии со специализацией
Число якорных предприятий	Одно	Одно или несколько

Так или иначе, оба кластера сводятся к единому знаменателю — региональному развитию территории с использованием кластерных образований.

*Литература:*

1. Портер, М. Е. Конкуренция: учеб. Пособие: пер. с англ. / М. Э. Портер. М.: Изд. дом «Вильямс», 2000. с. 205.
2. Andersson, T., Schwaag-Serger S., Sorvik J., Hansson E. W. The cluster Policies Whitebook. IKED, 2004.
3. Гранберг, А. Г., Основы региональной экономики: учебник для вузов. 2-е изд. / А. Г. Гранберг. М.: ГУ ВШЭ, 2001. с. 90.
4. Меньшенина, И. Г. Кластерообразование в региональной экономике: монография / И. Г. Меньшенина, Л. М. Капустина; Федер. агентство по образованию, Урал. гос. экон. ун-т.— Екатеринбург: Изд-во Урал. гос. экон. ун-та, 2008.— 154 с.
5. Социально-экономическая география: история, теория, методы, практика: Сборник научных статей.— Смоленск: Универсум, 2011.— 608 с.

**Рационализация структуры управления автотранспортной службой ФСИН России**

Подзоров Александр Викторович, сотрудник  
Федеральная служба исполнения наказаний России

*В статье рассматривается структура управления автотранспортной службы на уровне аппарата управления ФСИН России и региона.*

**Ключевые слова:** управление, структура, автотранспортная служба, автомобильный транспорт

Развитие автомобильного транспорта (АТ) Федеральной службы исполнения наказаний (ФСИН) России, как и развитие любого ведомства, неразрывно связано с необходимостью совершенствования форм и методов управления им, так как их недостатки являются одной из основных причин неэффективного управления технико-эксплуатационными показателями. Задача совершенствования и развития организационной структуры управления ФСИН России становится особенно важной и актуальной в связи с организацией управления АТ несколькими управлениями и/или службами ФСИН России

Среди различных путей совершенствования управления автотранспортной службы ФСИН России особое внимание уделяется рационализации организационных форм управления. Ввиду отсутствия общепринятых норм организации управления, рассмотрим организационные структуры управления, полученные в системе автомобильного транспорта общего пользования (АТОП), применительно для автотранспортной службы ФСИН России.

В настоящее время в АТОП применяют структуры управления: линейно-функциональную, линейно-штабную, дивизионную, бригадную, проектную и другие структуры. Каждая из таких структур имеет свои

преимущества и недостатки [1, 2]. Из перечисленных структур управления для автотранспортной службы ФСИН России характерна линейно-функциональная структура, на основе которой рассмотрим гипотезу к построению структуры управления для автотранспортной службы ФСИН России.

Для совершенствования структуры управления, необходимо знать, в чем состоят недостатки применяемой структуры. Главный недостаток заключается в нарушении общепринятых управленческих норм, разделенных между следующими управлениями, подразделениями и службами ФСИН России:

1. Структурным подразделением управления тылового обеспечения ФСИН России, в которое входит отдел автобронетехники, плавсредств и горюче-смазочных материалов, осуществляющим свою деятельность непосредственно в составе управления и через учреждения и органы ФСИН России.

2. Структурным подразделением Федеральным казенным учреждением «Управлением автомобильного транспорта» ФСИН России, которое обеспечивает АТ центральный аппарат ФСИН России. Также, в данное подразделение входит отдел обеспечения безопасности дорожного движения и ведения документации и контроля за транспортом ведомства, которое осуществляет организацию безопасности дорожного движения учреждений непосредственно подчиненные ФСИН России и регионов.

3. Структурным подразделением автотранспортной службы, которая осуществляет только эксплуатацию АТ, непосредственно подчиненная ФСИН России.

4. В составе ФСИН России входит 80 территориальных органов, в которых созданы:

1) Отделы (отделения, группы) транспорта, главного механика и энергетика (инженера) (О (ОГ) ТГМ и Э) аппарата управления территориального органа ФСИН России;

2) Федеральное казенное учреждение «База материально-технического и военного снабжения» (БМТ и ВС) территориального органа ФСИН России.

В зависимости от местонахождения региона, количества подведомственных учреждений, наличием и оснащением производственной и автомобильной баз (гаражей), функции управления АТ могут возлагаться на одну службу либо на две, каждая из которой, отвечает за определенное направление деятельности в обеспечении и эксплуатации АТ в подведомственных учреждениях региона.

Подразделение БМТ и ВС обслуживает АТ, как правило, аппарат управления, при этом в ряде регионов автомобильная база (гараж) привлекается для обслуживания и ремонта автотранспортных средств (АТС) подведомственных учреждений территориального органа ФСИН России, находящиеся на расстоянии не более 100 км от подразделения.

5. В Федеральных казенных учреждениях «Уголовно-исполнительных инспекциях», «Управление (отдел) по конвоированию» территориальных органов ФСИН

России, АТ состоит на балансе подразделений. При этом, эксплуатация и проведение технического обслуживания (ТО) и текущего ремонта (ТР) возложена на сотрудников данных подразделений. Осуществление общего контроля за подразделениями возложено на сотрудников О (ОГ) ТГМ и Э территориального органа ФСИН России.

6. В ряде учебных заведений непосредственно подчиненных ФСИН России созданы автомобильные службы. При этом, эксплуатация и проведение ТО и ТР возложена на сотрудников данного подразделения.

7. В подведомственных учреждениях (ИК, ВК, КП, СИЗО, Т, ЛП и ЛИУ) территориальных органов ФСИН России автотранспортная служба отсутствует. За АТ отвечает заместитель начальника курирующего тыловое обеспечение, начальник (инспектор или инженер) отдела хозяйственного и интендантского обеспечения учреждения.

Рассмотрев структуры управления различными управлениями, подразделениями и службами ФСИН России, можно сказать, что принцип общей принятой управляемости не соблюдается. Основное нарушение состоит в том, что существуют структурные разрывы между уровнями управления, заключающиеся в отсутствие механизма согласования управляющих воздействий на разных иерархических уровнях системы управления. Например, приказы, распоряжения и указания, не всегда удается поддержать соответствующими воздействиями на водителя, в том числе руководителей учреждений и территориальных органов ФСИН России.

На основе проведенного анализа, предложим разработанную структуру управления автотранспортной службы на уровне аппарата ФСИН России, см. рис. 1.

Как видно из рисунка, данная структура управления автотранспортной службы ФСИН России предусматривает на уровне аппарата ФСИН России [3]:

- централизацию функций оперативного управления;
- обеспечение единства руководства автотранспортной службы на каждом иерархическом уровне;
- сокращение пути и времени прохождения информации и уменьшение времени её обработки.

Далее рассмотрим структуру управления на уровне территориального органа ФСИН России, которая примет вид, см. рис. 2.

Структура управления автотранспортной службы ФСИН России на региональном уровне предусматривает [там же]:

- устранение дублирования управленческой деятельности;
- перегруженности верхних уровней управления оперативной работой;
- соблюдение принципа четкого разграничения функций, прав и ответственности между сотрудниками автотранспортной службы;
- минимизация потребностей в административно-управленческом персонале.



Рис. 1. Структура управления автотранспортной службы ФСИН России

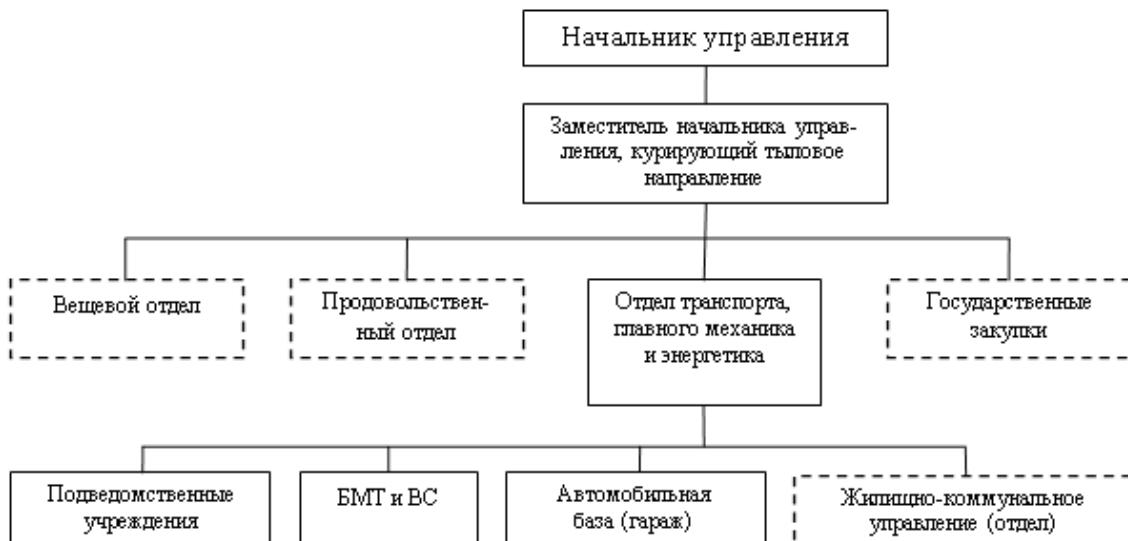


Рис. 2. Структура управления автотранспортной службы в территориальном органе ФСИН России

Предлагаемые структуры управления автотранспортной службы ФСИН России позволяют повысить оперативность и гибкость системы управления, значительно

улучшить технико-эксплуатационные показатели использования автомобильного парка ФСИН России.

#### Литература:

1. Быкова, А. А. Организационные структуры управления / Быкова А. А. — М.: ОЛМА-ПРЕСС Инвест: Институт экономических стратегий, 2003 г. — 160 с.
2. Кабушкин, Н. И. Основы менеджмента / Кабушкин Н. И. — учеб. пособие 11-е изд., испр. — М.: Новое издание, 2009 г. — 336 с.
3. Совершенствование управления и экономической деятельности на автомобильном транспорте / Сб. науч. тр./ Гос. НИИ автомоб. трансп. (НИИАТ) — М., 1985 г. — 203 с.

## Дефекты программного обеспечения системы управления движением судов

Тюфанова Анастасия Александровна, кандидат технических наук, доцент  
Государственный морской университет имени адмирала Ф.Ф. Ушакова

*Рассмотрены дефекты программного обеспечения и их последствия на примере системы управления движением судов.*

**Ключевые слова:** дефект, программное обеспечение, отказ, система управления движением судов

Согласно ГОСТам и другим нормативно-правовым документам РФ отдельного понятия для программной ошибки, программного дефекта или уязвимости в программном коде не существует, однако в [1] дефект или ошибка определяется как каждое отдельное несоответствие продукции установленным к ней требованиям. Помимо этого, этот же документ определяет термин тестирование. Тестирование — деятельность, направленная на обнаружение дефектов в программном обеспечении.

Под дефектом или ошибкой безопасности ПО следует понимать каждое отдельное несоответствие ПО установленным требованиям к безопасности. В свою очередь, под уязвимостью в ПО будем понимать ошибку, обуславливающую возможность реализации угроз безопасности к обрабатываемой в ПО защищаемой информации.

Защищаемая информация — информация, являющаяся предметом собственности и подлежащая защите в соответствии с требованиями правовых документов или требованиями, устанавливаемыми собственником информации [2].

Различают два основных уровня, на которых происходит диагностика структуры ПО: анализ исходного и бинарного (исполняемого) кодов.

Каждый уровень диагностики обладает своими преимуществами и недостатками. Однако в основном дефекты возникают вследствие того, что разработчики ПО не могут учсть всех особенностей исполняемого кода программы, возникающих из-за использования оптимизирующих компиляторов и бинарных трансляторов.

Согласно приведенным определениям, дефекты ПО можно разделить на:

- уязвимости (критические ошибки), приводящие к нарушению работоспособности, отказу в обслуживании, изменению защищенности информационных ресурсов;

- ошибки (некритические), влияющие лишь на качество программной системы (например, программа использует больше памяти для работы, чем необходимо, из-за утечек памяти при работе с ней) (рис. 1).

Наибольший интерес представляет поиск критических ошибок, однако некритические ошибки также скаживаются на процессе эксплуатации ПО, поэтому современные системы диагностики направлены на идентификацию обоих типов дефектов [3].

Актуальная общепринятая классификация дефектов по типам представлена в базе Common Weakness Enumeration [4], список зарегистрированных дефектов — в базе Common Vulnerabilities and Exposures организации MITRE [5]. Наиболее распространенными типами дефектов являются:

- переполнение буфера возникает в том случае, если программа позволяет записать больше данных в буфер меньшего размера или тогда, когда программа позволяет записать данные за границы выделенного буфера;
- ошибки при работе с динамической памятью (утечка памяти, разыменование нулевых указателей и др.);
- ошибки обработки пользовательских данных;
- ошибки форматных строк;
- ошибки синхронизации (взаимные блокировки, отсутствующие блокировки и т.п.);
- утечки памяти и других ресурсов системы;
- некорректная работа с временными файлами и другими интерфейсами ОС;
- уязвимости безопасности (слабое шифрование, хранение пароля в явном виде и т.п.), не вытекающие непосредственно из дефектов, можно выделить в отдельный класс уязвимостей.



Рис. 1. Классификация дефектов ПО

Уязвимости могут быть классифицированы с помощью различных подходов. Dowd и другие в своей работе [6] выделили уязвимости в три базовых класса в зависимости от этапа разработки:

- Уязвимости в архитектуре. Возникают вследствие неправильной реализации требований по безопасности на уровне архитектуры будущего программного средства или неправильной идентификации потенциальных угроз. Тривиальным примером может служить отсутствие механизма проверки длины пользовательских данных при их обработке на сервере.

- Уязвимости в реализации. Возникают вследствие некорректной реализации программного продукта. Продолжая предыдущий пример, такой уязвимостью может являться некорректно реализованная проверка длины пользовательских данных, когда для хранения этой длины используется тип данных слишком маленького размера.

- Уязвимости на этапе эксплуатации, которые возникают не из-за ошибок в коде программного продукта, а по ряду других причин, связанных со средой выполнения или ошибок конфигурации. Например, пользуясь предыдущим примером, уязвимость, возникающая при отключении в настройках проверки пользовательских данных на сервере.

Рассмотрим последствия дефектов программного обеспечения на примере системы управления движением судов (СУДС).

СУДС работает согласно международным и национальным правовым и нормативным актам, над повышением уровня безопасности мореплавания путем сбора, обработки информации и выдачи ее на суда, оказание помощи в судовождении и организации движения объектов по акватории, которая оборудована современными средствами радиолокации, связи, телевидения и программно-аппаратными комплексами [7]. Под программно-аппаратными комплексами (ПАК) понимаем программное обеспечение, вычислительную технику и локальную вычислительную сеть. Программное обеспечение (ПО) — совокупность программ для управления процессом работы компьютера. В него входят: операционная система и вспомогательные программы.

На основании Приказа Министерства транспорта РФ от 23 июля 2015 г. № 226 «Об утверждении Требований к радиолокационным системам управления движением судов, объектам инфраструктуры морского порта, необходимым для функционирования Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности, объектам и средствам автоматической информационной системы, службе контроля судоходства и управления судоходством», программное обеспечение, используемое в СУДС, должно иметь свидетельство об одобрении типа аппаратуры, выданное Федеральным агентством речного и морского транспорта РФ [8].

На сегодняшний день в России функционируют 16 СУДС, программное обеспечение которых представлено в таблице 1 (рис. 2).

Для СУДС целесообразно выделять две стороны программного обеспечения: программную надежность объекта — свойство объекта выполнять заданные функции, обусловленное качеством программного обеспечения; надежность программного обеспечения — свойство программного обеспечения выполнять предписанные ему требования [9].

Программная надежность объекта проявляется при совместной работе аппаратуры и программы и характеризует способность объекта выполнять заданные функции при условии, что программа будет находиться в том или ином состоянии. Для ее обеспечения необходимо, чтобы программа была правильной, надежной, т.е. не содержала ошибок.

Так, например, в процессе эксплуатации ПАК СУДС порта Новороссийск, возникали следующие виды отказов (рис. 3) [7]:

- программные, вызванные дефектами ПО, несовместимостью системного и другого программного обеспечения;

- программно-аппаратные отказы, которые происходят из-за нестабильной работы аппаратного комплекса Заказчика (сбои электропитания, сбои в локальной вычислительной сети, сбои в работе сервера базы данных и рабочих станций) или недостатка аппаратных ресурсов (недостаток дискового пространства на сервере базы данных, недостаток оперативной памяти, несоответствие прочих имеющихся аппаратных ресурсов поставленной задаче);

- сбои при исполнении программ — кратковременное нарушение работоспособности системы, после которого работоспособность восстанавливается оператором без проведения ремонта или самовосстанавливается.

Последствиями таких отказов стали:

- сброс целей на оперативно-дисплейном модуле (ОДМ) продолжительностью от 5 мин. до 2ч. 34мин.;

- фиксирование береговыми радиолокационными станциями (БРЛС) «ложных целей»;

- БРЛС не осуществляла захват целей, т.е. не выдавала их координат;

- автоматическая идентификационная система (АИС) не захватывала цели, т.е. не выдавала их координат;

- отсутствие информации о местонахождении судов из-за отказа интегратора;

- сбой при исполнении программ. Под сбоем понимаем кратковременное нарушение работоспособности системы, после которого работоспособность восстанавливается оператором без проведения ремонта или самовосстанавливается (перезагрузка компьютера по причине «подвисания») длительностью 3–20 мин. (в момент перезагрузки компьютера данных о судах нет).

В процессе обработки данных от БРЛС и АИС приоритетными являются данные от БРЛС, поэтому любой отказ в программном обеспечении БРЛС приведет к «записанию» сервера данных СУДС, т.о., некоторое время информация о целях будет отсутствовать, что не позволит

Таблица 1

Местонахождения СУДС	Наименование программного обеспечения									
	Балтика	Sea Track	Navi Harbour, версия							
			3.71	3.97	4.20	4.22	4.30	4.31		
порт Архангельск	+									
порт Туапсе							+			
порт Калининград				+						
порт Высоцк								+		
порт Ванино								+		
Большой порт Санкт-Петербург					+					
порт Оля					+					
порт Астрахань					+					
порт Кавказ						+				
порт Владивосток						+				
порт Посьет						+				
порт Зарубино						+				
порт Усть-Луга							+			
СУДС Кольского залива	+							+		
Прибрежная СУДС восточной части Финского залива					+					
порт Сочи					+					
порт Тамань								+		
порт Нахodka							+			
порт Восточный							+			
порт Приморск					+					
порт Магадан		+								
порт Темрюк						+				
порт Таганрог					+					
порт Азов					+					
порт Махачкала			+							
порт Новороссийск					+					
ИТОГО:	2	1	1	1	4	5	2	6	3	2

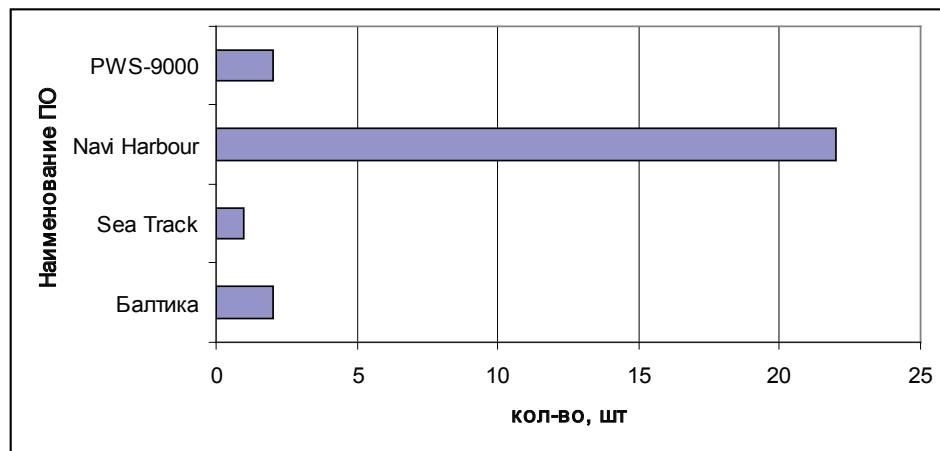


Рис. 2. Статистика используемого программного обеспечения СУДС в РФ

контролировать и оперативно принимать решение о судоходной обстановке в районе действия СУДС.

Т.о., программные и программно-аппаратные отказы влияют на передачу интегрированных данных и могут при-

вести к потере работоспособности СУДС в процессе эксплуатации, в тоже время, дефекты ПО могут проявляться случайным образом в случайные моменты времени и иметь последствия, аналогичные последствиям, вызванным от-

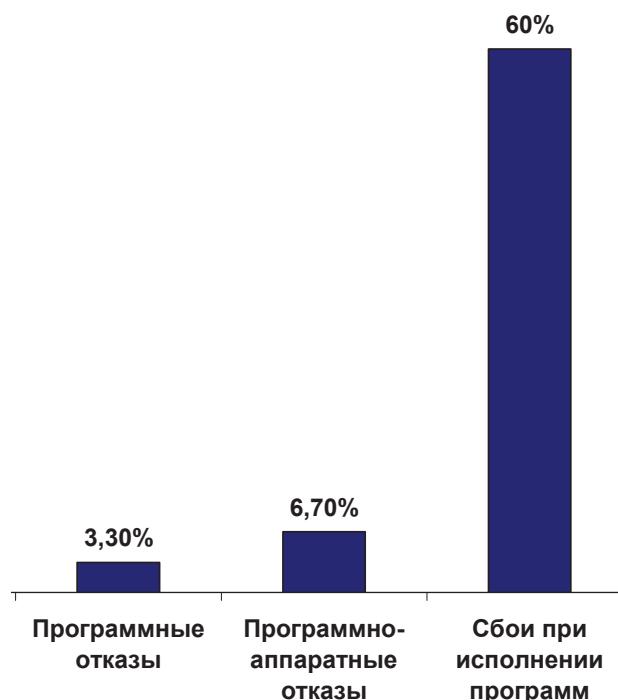


Рис. 3. Процентное соотношение видов отказов технических средств СУДС

казом техники, а именно: потерю отдельных функций или задержку их выполнения, искажение информации или управляющих воздействий. Более того, при сложном взаимодействии технических и программных средств часто

трудно идентифицировать первоисточник нарушения правильного функционирования ПАК. Поэтому важно не только обеспечить высокую надежность ПО, но и учитывать ее при оценке надежности СУДС в целом.

#### Литература:

1. ГОСТ Р 27.002–2009. Надежность в технике. Термины и определения — М.: ВНИИМАШ, 2009–3 с.
2. ГОСТ Р 50922–2006 Защита информации. Основные термины и определения — М.: Стандартинформ, 2008–12 с.
3. Аветисян, А. И. Современные методы статического и динамического анализа программ для решения приоритетных проблем программной инженерии: автореф. дис. ... д-ра физ. — мат. наук: 05.13.11/Аветисян А. И.— М., 2011.— 36 с.
4. База Common Weakness Enumeration [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://cwe.mitre.org>.
5. База Common Vulnerabilities and Exposures [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://cve.mitre.org>
6. Dowd, M. The art of software security assessment: Identifying and preventing software vulnerabilities / M. Dowd, J. McDonald, J. Schuh — Boston, USA: Addison-Wesley Professional, 2006—1244 р.
7. Тюфанова, А. А. Методика анализа эксплуатационной надежности технических средств системы управления движением судов на примере порта Новороссийск / А. А. Тюфанова.— Казань: Изд-во «Бук», 2015.— 104 С.
8. Приказ Министерства транспорта РФ от 23 июля 2015 г. № 226 «Об утверждении Требований к радиолокационным системам управления движением судов, объектам инфраструктуры морского порта, необходимым для функционирования Глобальной морской системы связи при бедствии и для обеспечения безопасности, объектам и средствам автоматической информационной системы, службе контроля судоходства и управления судоходством».
9. Голинкевич, Т. А. Прикладная теория надежности: Учебник для вузов/ Т. А. Голинкевич — М.: Высшая школа, 1985.— 203 С.

# АРХИТЕКТУРА

## Социология городской среды как целостная концепция жизнедеятельности человека

Ануфриев Алексей Александрович, аспирант

Иркутский национальный исследовательский технический университет

Городская среда — это не только ландшафты, но и качественное состояние ее естественно-природных и «результативных» составляющих, уровень развитости информационного обмена, характер господствующей символики. Кроме того, городская среда — это еще и другие люди, способы взаимодействия с которыми (сотрудничество, сооперничество, компромисс, приспособление и пр.) и даже отношение человека к своему ближайшему социальному окружению, составляют один из ключевых факторов выживания и воспроизведения здоровых людей вместе со здоровой средой [4, с. 131].

Сегодня во многих городах России, и других стран можно наблюдать пренебрежительное отношение к интересам городского населения. Такое отношение трактуется как «выживание граждан», обусловленное бесконечным территориальным делением «перекройкой» и реконструкцией, сопровождаемое отселением граждан, что, в сущности, является депортацией местных жителей в чуждую им среду. Конечно, прежде чем вносить изменения в освоение новых территорий, либо реабилитацию старых необходимы глубокие социально-диагностические исследования.

Так, например, президент акционерной компании, специализирующейся на изучении окружающей среды и ландшафтной архитектуре, Сугио Синтаро, выступая в 1991 году в Москве на симпозиуме «Япония — страна меняющаяся, движущаяся», охарактеризовал действия своей компании по оценке окружающей среды: «... Если появляется план освоения какой-либо местности, например, если там собираются построить электростанцию, то за несколько лет до этого мы обследуем и производим оценку фауны, флоры, качества воды, атмосферы, ландшафта, социальных условий данной местности и на основании этого прогнозируем, какое влияние окажет реализация данного проекта на окружающую среду. Планируя принятие контрмер, мы стараемся таким образом уменьшить это влияние». Кроме этого, по его мнению, окружающую среду нужно рассматривать не только с позиции западного гуманизма, т.е. идеологии, ставящей в центр всего сущего человека, но и вспомнить восточную философию, где центром всего является сама природа [4, с. 137].

Социальная диагностика. Городская среда — это, прежде всего, особым образом организованное, обитаемое, жизненное пространство-время, которое создается деятельностью людей, их ментальностью, биографией, культурой, жизненной стратегией и повседневными запросами и потребностями, что и составляет социальную подоснову создания проектов городских ландшафтов [3]. Город — является сложным, многогранным миром, включающим в свою структуру микромир людей, вещей, информации, а также возведенные человеком городские ландшафты, где происходят обменные процессы между ними.

Первооснова самоорганизации и воспроизведения социальности кроется в обменных процессах, а именно в процессах обмена веществом, энергией, и информацией между человеком и средой. Именно в этом никогда не прекращающемся метаболизме заложены истоки поддержания и обновления всех форм социокультурной жизни, в том числе и в городском пространстве [3, с.94]. Чтобы понять все разнообразие и устройство городской системы, необходима комплексная мультидисциплинарная диагностика. Методика диагностирования включает: изучение истории заселения и освоения территории; как складывался и изменялся социальный состав местного населения в прошлом; род занятий живших на этой территории людей, каким традициям следовали; чем вызывалась, как происходила смена населения, и каким образом это повлияло на организацию жизненной среды. Такое исследование позволяет связать воедино знания о функциях, зонировании, благоустройстве и характере местной застройке в разные исторические периоды.

Кроме этого, в диагностику территории входят: специальные материалы ситуационно-биографических интервью, ориентированные на определение и выявление проблемных жизненных ситуаций и факторов их возникновения, их характера и распространенности; материалы интервью о восприятии разных аспектов среды своего обитания, о мотивах привязанности людей к месту своего проживания, их информированности о сохранившихся или утраченных здесь следах прошлого. Такие диагностические исследования помогут значительно бережнее относиться не только к ландшафтам и строениям, но, прежде

всего, к людям, которые составляют ядро социокультурного потенциала местных городских сообществ [3, с. 95]. Поэтому, выстраивать концепции социально-ориентированного развития, не располагая достаточным упорядоченным знанием о местной социальной ситуации и подлинном положении дел в том социально-территориальном сообществе, которое будет затронуто, просто не имеет смысла [3,4]. Социология архитектуры ориентирована на конструктивное решение по формированию среды, что определяет необходимость комплексного учета индивидуальных, социально-групповых и общегосударственных интересов. Социальная неоднородность общества, многообразие условий труда, потребности и условия потребления предопределяют и сохраняют свой след в свойствах жилища, производства, в сфере обслуживания, досуга и отдыха для разных социальных групп населения [6].

Среда жизнедеятельности человека. Отношения человека со средой обитания изначально формируются как многомерные, пространственно-временные, прямые и обратные связи. Родившись в определенной среде, индивид вынужден приспособливаться к новым условиям. Жизненная среда человека включает в себя четыре основных аспекта измерения:

1. Природный — экология, атмосферный воздух, вода, флора и фауна;
2. Антропогенный — т.е. созданный человеческими усилиями с применением разных технологий;
3. Информационный — коммуникационные сети обмена информацией между людьми, выражаемые знаками, символами, речью и т.п.;
4. Социопсихоантропологический — т.е. другие люди с их менталитетом, взглядами, образом и стилем жизни и т.п. [4].

Каждый человек живет в своей собственной многомерной и социально-практической системе координат. С одной стороны, эта система проявляется во множестве временных ритмов, соответствующих астрофизическим, историко-культурным, психологическим и биологическим аспектам времени. С другой, в системе координат, отвечающих основным видам человеческой деятельности и направленности человеческой активности на три компонента:

- 1) социально-экологический (воспроизведение жизни);
- 2) социально-экономический (воспроизведение ресурсов для жизни);
- 3) социализационно-культурный (воспроизведение образцов и норм жизнедеятельности человека) [4].

Осваивая среду жизнедеятельности человек привносит в нее собственное сознание, индивидуальную направленность и своеобразие, что впоследствии целенаправленно влияет на архитектурно-градостроительные решения. Формирование материально-пространственных систем/моделей есть социальное содержание архитектурно-градостроительных процессов, которые соответствуют требованиям пространственной организации жизнедеятельности человека. Необходим учет социальных структур их

иерархий, особенностей и норм, которые реализуются через организацию конкретных процессов жизни и деятельности человека, происходящие в пространственном измерении городских структур. Стоит заметить, что ключевым моментом в пространственной организации общества является деятельность в сфере производства и трудовая деятельность в целом. Так, формы и характер деятельности человека в сферах производства, потребления и обмена, есть важнейшие факторы, которые определяют будущую структуру градостроительных решений, систем расселения и поселений, типологию зданий и множество составляющих архитектурно-пространственной среды.

Производственная сфера деятельности. Разные периоды истории отражаются в типах зданий и сооружений, в формах поселений и расселений жителей, что последовательно демонстрирует развитие способов общественного производства, реальных форм трудовой деятельности человека и ее пространственной организации. Важно отметить, что изменения в производственной сфере влияют на «оценки» человека как объекта производства, обусловливая требования к его квалификации, общей культуре, социальным установкам, что в итоге отражается в пространственной организации всей сферы потребления.

Пути развития архитектуры и градостроительства непосредственно зависят от того, каким путем пойдет развитие современного производства. Так, например, в результате модернизации сельскохозяйственного производства сформировался новый тип сельского расселения и аграрного ландшафта, который характеризуется многоструктурностью, масштабностью составных элементов и концентрацией сельского расселения. Отсюда выявляются три позиции, отражающие эти тенденции: а) урбанизация сельского расселения; б) укрупнение населенных мест; в) городской тип застройки.

Таким образом, выбор направления развития производственной деятельности непосредственно отражается на всех сторонах пространственной организации расселения, начиная от типа поселения, заканчивая типом домов.

Немаловажным аспектом в выборе архитектурно-градостроительных решений, является прогресс в строительном производстве, что является основой расширяющихся возможностей в освоении территории, в конструктивных решениях зданий и сооружений. Кроме этого, открываются широкие перспективы в освоении новых районов страны, одновременно позволяя усилить освоение территории в уже сложившихся поселениях. Вместе с развитием форм производственной деятельности, значительную позицию занимает развитие науки, управления, образования, всех сфер информационного производства, что определяет специфические требования не только к пространственной организации деятельности в этих сферах, но и весь комплекс вопросов размещения и пространственной взаимосвязанности гра-

достроительных объектов [6, с.37]. Таким образом, реальные формы производственной деятельности есть ключевой фактор, который направленно влияет на структуру расселения, характер поселений, типологию зданий и сооружений. Структура отдельных поселений, их функциональное зонирование, типы производственных зданий и комплексов определяются в большей мере технологией, реальными формами деятельности в сфере производства [6, с. 38].

Оценка территориальных производственных ресурсов, меняющихся в соответствии с изменением характера жизнедеятельности общества, тесно связана со степенью градостроительной освоенности, интенсивностью заселения различных районов, и изменениями характера освоения территории [1, 2]. Определяя в целом направленность изменений в освоении пространственной среды, связанных с научно-техническим прогрессом, можно назвать следующие основные тенденции:

- 1) нарастающие темпы разделения и формирование новых видов труда;
- 2) новые технологии производства определяют рост многообразия пространственной организации среды;
- 3) постоянный пересмотр сложившихся стереотипов архитектурно-градостроительных решений;
- 4) определение нарастающих изменений в оценке территориальных ресурсов производства и ресурсов природы;
- 5) необходимость экологического подхода к регулированию процессов производственного землепользования и расселения.

Возникающие изменения в характере деятельности человека, по средствам совершенствования инструментов и средств производства, интеллектуализации труда служат основой развития социальной мобильности, т.е. перераспределение населения по социально-профессиональным группам, а также изменения в уровне образования, дохода и т.д. Главным фактором роста социальной мобильности является свобода выбора направления развития и деятельности человека [6, 7].

**Фактор социальной мобильности.** Социальная мобильность имеет большое значение для проектирования пространственных систем. Проблема разнообразия среды, в ряде ее аспектов, неразрывно связана с прогнозами характера и количественных параметров социальной мобильности. Речь идет о задачах средствами пространственной организации обеспечить возможность выбора и изменения форм деятельности для отдельной категории индивидов, коллективов и групп. Средства реализации для этого многообразны:

- 1) обеспечение внутренних резервов в формируемых структурах (создание различного типа гибких структур);
- 2) обеспечение возможности роста, пространственного развития градостроительных систем (создание «открытых» систем);
- 3) обеспечение возможности смены условий проживания и деятельности путем предоставления их широкого выбора [6, с. 39].

Изменение характера труда неизбежно меняет требования к социальному воспроизведению человека и всю структуру человеческой деятельности в целом. Повышение требований к воспроизведению человека как творческой и активной личности, определяет изменения в структуре использования свободного времени, в содержании и характере обслуживания, в формах развития сфер образования, воспитания, культуры, т.е. изменения во всей сфере потребления.

Говоря о повышении требований человеческого фактора в развитии и социализации экономики всех сфер народного хозяйства, необходима взаимосвязь двух ключевых процессов:

1) процесс достижения общественного производства такого уровня, при котором человек становится решающим фактором его дальнейшего развития, что обуславливает производственную необходимость роста квалификации, культуры, творческого начала труда;

2) процесс осознания и реализации приоритета социальных и общечеловеческих ценностей над собственно-производственными [6].

Фактически, такая взаимосвязь процессов социализации направлена на изменение социальных и в целом идеологии в направлении утверждения первостепенной значимости общечеловеческих ценностей, и, в первую очередь, задач сохранения человеческой цивилизации [6, с. 39]. Отсюда выдвигаются три взаимосвязанные социальные цели:

- 1) охрана природных основ жизнедеятельности человека;
- 2) сохранение и преемственное развитие культурной программы;
- 3) сохранение и социальное воспроизведение духовного мира человека.

Такая позиция ставит производственную деятельность человека в прямую зависимость от социальных, общеэкологических и культурных ценностей. Такая позиция приобретает общественное признание, но в большинстве случаев пока не воздействует на принимаемые архитектурно-градостроительные решения. Однако, на дальнейшую перспективу, рассмотренные приоритетные направления, их учет в профессиональной практике, будет являться ростом значимости области социальных интересов архитектуры и градостроительства.

**Фактор потребления.** Потребление — рассматривает все стороны деятельности человека, связанные с личным потреблением, т.е. с социальным воспроизведением человека. Производственное потребление — органично связано с самим процессом производства и практически неотделимо от производственных процессов при характеристике деятельности [6, с. 40]. Таким образом, получается, что потребление — это важнейший и неотъемлемый элемент человеческой жизнедеятельности, который наряду с производством формирует образ жизни человека и определяет уровень его жизни [6, 8–10].

В свою очередь, уровень жизни человека определяется не только характером и степенью собственного потребле-

бления, а также и условиями занятости, характером труда, показателями социальной мобильности, экологическими условиями жизни и среды обитания. Все перечисленные факторы являются элементами потребления.

Возрастающая степень значимости социального потребления в экономическом развитии общества, расширяет границы социальных аспектов народнохозяйственной области, при этом определяя эффективность деятельности человека в производственных и потребительских сферах. Реальные формы деятельности, действующие в сфере потребления, в значительной степени диктуются изменениями в характере труда и общественной оценке значимости различных сфер потребления. В целом такая политика взаимосвязи определяет следующие положительные черты:

1. Рост многообразия форм потребления, а также разнообразие в характере потребляемых благ и услуг. В итоге расширяется типология жилища, получают развитие формы социально-культурного потребления, форма досуга, спорта и медицинского обслуживания. В результате чего появляются новые типы зданий и сооружений, комплексов. Применяются новые знания и подходы к оценке природно-экологических и историко-культурных ресурсов как условий организации объектов отдыха, туризма, лечения и географии их размещения.

2. Рост инвестирования деятельности в сфере потребления и рост территорий связанной с этой деятельностью. Наиболее значительные сдвиги здесь связаны с ростом жилищной обеспеченности, организацией отдыха, с формированием благоприятной среды обитания и жизнедеятельности человека. Формирование экологически уравновешенных систем как основы социального воспроизводства, есть принципиально новая задача градостроительной деятельности, которая возникает из совокупности отношений человека и природы в процессе производственной и непроизводственной деятельности [6, 8].

3. Изменения в характере потребления услуг, связанные с обобществлением ряда ранее индивидуально организуемых процессов [6, с. 41]. Главным образом, здесь преобладают сферы здравоохранения, образования, культуры, досуга, общественного питания, бытового сервиса и обслуживания. Создание и развитие таких общественных форм организации разных сфер деятельности человека, определяет формирование новых типов обслуживающих объектов, новых комплексов и городских зон. Кроме этого, изменения в системе пространственных связей населения в пределах города и региона [6].

Таким образом, реальные формы деятельности человека непосредственно влияют на всю систему, структуру и функциональное устройство архитектурно-градостроительной сферы.

Социальный обмен в организации пространственной среды. Обмен (общение) — является особым видом деятельности, который формирует и развивает всю систему расселений, поселений и формирования зданий и сооружений. Социальный обмен (общение) — чрезвычайно

важный аспект пространственно-средового устройства, обеспечивающий процесс взаимосвязи и взаимодействия, как отдельного человека, так и различных групп и классов населения. Главным образом, обмен — реализуется в процессе обмена деятельностью, результатами деятельности, информацией и т.д.

Пространственно-территориальное разделение видов деятельности, определяет обмен (общение), как системообразующий фактор, который направлен на обеспечение территориальной целостности социальных систем.

Так, например, в градостроительстве — это потоки людей, пассажиров, грузов, энергий, информации, которые определяются взаимным расположением и взаимосвязанностью разных функциональных элементов города; в структуре производственно-технического комплекса, например завода, предприятия это — технологические линии, которые перемещают людей и транспортируют грузы; в структуре жилой ячейки — это рациональные перемещения человека, связанные с бытовыми процессами жизнедеятельности [6–10].

Отсюда возникает задача социологии как науки — определить закономерности и параметры обмена, с целью определения требований, которые с одной стороны координируют и сближают разные виды деятельности, а с другой, напротив, изолируют друг от друга. Это поможет выявить завершенные процессы производства и жизнедеятельности в целом, что в свою очередь послужит основой для формирования территориальных общностей и соответствующих архитектурно-градостроительных объектов: городов, поселений, жилых районов, микрорайонов, кварталов, а также локальных и региональных систем расселений.

Распределение видов деятельности. В различных формах деятельности человека, отмечается особая специфика и требования для каждого вида деятельности, выражаемая в размерах и характере используемой территории. С привязкой к различным ресурсам (торговле, образованию, медицине, обслуживающим центрам и т.п.), деятельность определенным образом распределяется по территории. Требования человека в рациональной организации обменных процессов корректируют распределение «точек» деятельности в интересах экономии как общественных затрат, так и совместной деятельности. Важно заметить, что анализ пропорции и пространственно-территориального распределения «точек» деятельности/активности человека, есть основа социального анализа, который позволяет комплексно решать вопросы архитектурно-градостроительной организации городской среды. Социальное пространство является ключевым понятием в архитектуре и градостроительстве, определяется как форма общественной жизни (бытия), в которой локализуется многообразие сфер жизнедеятельности человека. То есть, в пространственной среде, например города, реализуется все многообразие и расчлененность человеческой деятельности и обменных процессов между людьми.

Стоит заметить, что в разной организации пространственных структур специфически реализуются потребности разных видов деятельности человека. Кроме этого, ресурсы деятельности также «привязаны» пространством и закреплены в зданиях, сооружениях, т.е. городских структурах. Это открывает возможности проведения качественного и количественного анализа процессов жизнедеятельности человека в их пространственной форме, в соотнесении с реально существующим природным и созданным человеком окружением (средой).

Итак, существуют определенные закономерности распределения видов деятельности человека. Разновидности деятельности отражают свои пропорции в пространственной структуре в их конкретном и ценностном выражении. Закономерности распределения деятельности влияют на количественные и типологические характеристики пространства, на систему пространственных связей, формирование целостной архитектурно-градостроительной системы, на состав функциональных элементов зданий и сооружений и их взаимосвязи [6–9]. Соотнесение социальных характеристик с пространственно-геометрическими, формирует четыре целостные модели представления архитектурно-градостроительных объектов.

1. Типологическая модель — подразумевает различие и сопоставление качественных характеристик деятельности человека в пространстве. Главным образом, формирует основы функционального зонирования городских территорий, районов, а также зданий и сооружений. Кроме этого, типологическая модель основа разработки архитектурно-градостроительных типологий, которые характеризуют пространственные характеристики зданий,

планировочных решений районов и градостроительных объектов.

2. Количественно-оценочная модель — подразумевает различие и сопоставление количественных показателей социального освоения пространства. Модель дифференцирует территорию по плотности населения, плотности застройки, жилого фонда, общей инвестированности, ценности территориальных ресурсов и емкости полезных площадей и территорий [6]. Стоит отметить, что все представленные модели применяются на всех уровнях архитектурно-градостроительного планирования.

3. Модель районирования — подразумевает интенсивность и степень значимости социально-пространственных связей между элементами архитектурно-градостроительных объектов. Также эта модель предусматривает минимизацию социальных затрат на территориальные связи, т.е. обеспечение компактности объектов.

4. Балансовая модель — представляет баланс функционально-пространственных и территориальных параметров, т.е. балансы городов, районов, микрорайонов, помещений и площадей здания и т.д.

**Заключение.** Для организации полноценной и здоровой пространственной среды жизнедеятельности человека, необходимо учитывать комплекс мер, главным образом, построенный на взаимодействии социально-пространственных структур. Интерес представляют параметрические взаимосвязи социально-функционального и пространственно-геометрического характера — с одной стороны, человека, являющегося ключевым элементом социальной составляющей, с другой, пространственно-геометрические характеристики, выраженные в архитектурно-градостроительных структурах.

#### Литература:

1. Ануфриев, А. А. Социальные факторы как метод организации структуры архитектурного пространства // Вестник ИрГТУ. 2015. № 5 (100). с. 72–81.
2. Вильковский, М. Б. Социология архитектуры. М.: Фонд «Русский авангард», 2010. 592 с.
3. Дридзе, Т. М. Социальная диагностика в градоустройстве // Социологические исследования. 1998. № 2. с. 94–98.
4. Дридзе, Т. М. Человек и городская среда в прогнозном социальном проектировании // Общественные науки и современность. 1994. № 1. с. 131–138.
5. Рабинович, Е. И. О социально-краеведческом методе исследования города в социально-проектной диагностике // Город как социокультурное явление исторического процесса. М.: Наука, 1995. с. 280–285.
6. Яргина, З. Н., Хачатрянц К. К. Социальные основы архитектурного проектирования. М.: Стройиздат, 1990. 343 с.
7. Bullivant, L. // AD 4dsocial Interactive Design Environments. 2007. V. 77. No 4.
8. Cm Lee C., Jacoby S. // AD Typological Urbanism. 2011. V. 81. No 1.
9. Gissen, D. // AD Territory: Architecture beyond environment. 2010. V. 80. No 3.
10. Lawson, B. The language of space. Great Britain: Architectural Press, 2001. 263 p.

# ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

## Современные методы повышения октанового числа

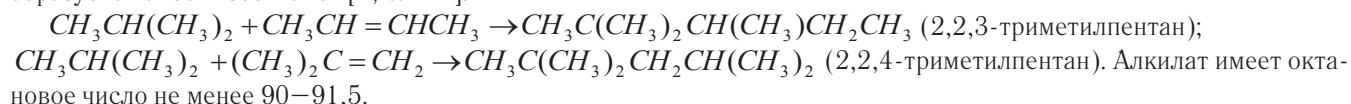
Кутовый Андрей Николаевич, студент;  
 Власенко Владислав Сергеевич, студент;  
 Фатхулов Руслан Ринатович, студент  
 Национальный авиационный университет (Украина)

**О**ктановое число — мера детонационной стойкости бензина и моторных масел. То есть, она равна процентному (за объемом) содержания изооктана (2,2,3-триметилпентан) в смеси с нормальным гептаном, эквивалентные по детонационной устойчивости топлива, что испытывается при стандартных условиях.

Причина детонации — выделение энергии при повышенном образовании гидропероксидов ROOH в парах бензина при их окислении кислородом воздуха. Если концентрация гидропероксидов превысит некоторый предел, произойдет их взрывной распад. Взрыв пероксидов протекает по механизму разветвленно-цепных реакций. Для повышения детонационной стойкости есть два пути. Первый — повысить в составе бензина долю разветвленных и ароматических соединений. Второй — ввести в топливо небольшие количества специальных добавок. Чтобы определить антидетонационные свойства полученной смеси, в 1930-х была предложена специальная шкала, в соответствии с которой стойкость данного бензина к детонации сравнивается со стойкостью стандартных смесей. В качестве стандартов были выбраны два вещества: гептан нормального строения и один из изомеров октана — 2,2,3-триметилпентан (его называют «изооктаном»). Смесь паров гептана с воздухом при сильном сжатии легко детонирует, поэтому качество гептана как топлива считается нулевым. Изооктан, будучи разветвленным углеводородом, устойчив к детонации, и его качество принимают равным 100. Октановое число определяют так. Готовят смесь из нормального гептана и изооктана, которая по своим характеристикам эквивалентна испытуемому бензину. Процентное содержание изооктана в этой смеси и есть октановое число бензина. То есть, если в нормальных условиях испытания бензин эквивалентен по детонационной стойкости смеси, содержащей 95% изооктана и 5% н-гептана, то октановое число такого бензина равно 95. Именно это число написано на всех бензозаправках, и от него зависит качество и цена бензина. Для автомобильных бензинов октановое число определяют двумя методами — моторным и исследовательским. В первом случае моделируют работу двигателя в условиях больших нагрузок (движение по шоссе с высокой скоростью), во втором — в городских условиях (скорость движения невелика и происходят частые остановки). Буква «И» в марке бензина АИ-93 как раз и означает, что октановое число этого бензина получено исследовательским методом. А если указано, что октановое число бензина равно просто 76, то это означает, что оно получено моторным методом.

Методы повышений октанового числа в бензине

Для повышения октанового числа в бензин вводят также так называемые высокооктановые компоненты. К ним относятся ароматические углеводороды с короткой разветвленной боковой цепью, например, кумол  $C_6H_5CH(CH_3)_2$ . Другая добавка — так называемый алкилат (алкилбензин), смесь насыщенных углеводородов изостроения, получаемая алкилированием изобутана непредельными углеводородами — алкенами, в основном бутиленами. В результате образуется смесь изооктанов [1, с. 114]:



Одним из наиболее широко используемых средств для увеличения уровня октанового числа считается метилтретбутиловый эфир (МТБЭ)  $CH_3 - O - C(CH_3)_3$ , представляющий собой бесцветную легковоспламеняющуюся жидкость со свойственным ей запахом. МТБЭ характеризуется высоким октановым числом и нетоксичностью. При добавлении 10–15% МТБЭ в состав бензина, рост октанового числа составляет порядка 6–12 единиц. Большинство высокооктановых бензинов производится с применением этой или других аналогичных добавок эфирного класса. К недостатку МТБЭ можно отнести его высокую летучесть и возможность испарения из бензина в жаркую погоду. Чтобы повысить октановое число бензина, широко используют антидetonаторы. Самым первым из них был сравнительно недорогой тетраэтилсвинец. Тетраэтилсвинец (ТЭС) признан одним из самых эффективных антидetonаторов. Он представляет

собой маслянистую бесцветную жидкость, с температурой кипения около 200°C. В чистом виде тетраэтилсвинец не добавляется, так как при сгорании образовывается оксид свинца, который осаждается на клапанах, поршнях и т.д. в виде нагара. Для удаления из камеры сгорания оксидов свинца начали применять специальные «вещества — выносители» (бромистый этил, дибромэтан, дибромпропан), который при сгорании образовывали со свинцом летучие соединения, легко удаляемые из камеры сгорания. Смесь тетраэтилсвинца с «веществом — выносителем» и специальным красителем имела название этиловая жидкость, а бензин с данными компонентами — этилированным. Сегодня, производство этилированного бензина запрещено ввиду его высокой токсичности. Свинец способен накапливаться в организме, является ядом и вызывает рассеянный склероз. ТЭС очень ядовит и является канцерогенным веществом. Он может проникать в кровь человека через поры кожи и постепенно накапливаться в ней. Также возможно попадание в организм через дыхательные пути, что может вызвать тяжелые заболевания [3, с. 41].

При высокой температуре в молекулах этого соединения легко рвутся связи Pb—C, с образованием этильных радикалов:  $Pb(C_2H_5)_4 = Pb + 4C_2H_5$ . Атомы свинца легко окисляются кислородом до оксидов свинца, а диоксид эффективно разрушает гиллопепоксины с образованием малоактивных соединений — альдегидов и спиртов, например:  $2RCH_2COOH + 2PbO_2 \rightarrow 2RCHO + 2PbO + O_2$ . Чтобы образовавшиеся при сгорании тетраэтилсвинца оксиды свинца не отлагались на внутренних деталях двигателя, в бензин одновременно вводят специальный «выноситель» свинца (0,3–0,4%), обычно это этилбромид  $C_2H_5Br$  и дибромпропан  $C_3H_6Br_2$ . Тогда свинец выносится вместе с выхлопными газами в виде бромида  $PbBr_2$ . Этиловая жидкость очень эффективна в повышении антидетонационных свойств топлив. Добавка долей процента этиловой жидкости в бензин позволяет увеличить его октановое число на 5–10 пунктов. Самая эффективная концентрация ТЭС составляет 0,5–0,8 г на 1 кг бензина. Более высокие концентрации ведут к повышению токсичности топлива, тогда как детонационная стойкость возрастает незначительно. Были разработаны и другие, менее токсичные антидетонаторы, например: трикарбонил (2,3,2-циклогептадиенил) марганец  $Mn(CO)_3(C_5H_5)$ , анилин  $C_6H_5NH_2$ , ферроцен  $Fe(C_5H_5)_2$ , димер карбонил (2,3,2-циклогептадиенил) никеля  $[Ni(CO)(C_5H_5)]_2$ . Эти антидетонаторы слишком дороги, а кроме того образуют твердый нагар на стенках цилиндров в значительно больших количествах, чем тетраэтилсвинец [2, с. 187].

#### Литература:

1. А.А. Гуреев, Ю.М. Жоров, Е.В. Смидович «Производство высокооктановых бензинов» — М.: Химия, 1981.— 224 с.
2. А.К. Маноян «Технология переработки природных энергоносителей» — Москва: Химия, КолосС, 2004.— 456 с.
3. Ю.А. Лебедев «Второе дыхание марафонца (о свинце)» — М.: Металлургия, 1990.— 144 с.

## Обзор методов борьбы с сероводородом при добыче нефти

Чурикова Лариса Алексеевна, кандидат технических наук, доцент;

Уарисов Даурен Дидарович, магистрант

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана (г. Уральск)

*Статья посвящена вопросам обзора методов борьбы с сероводородом при нефтедобыче, приведена классификация методов борьбы с сероводородом и связанными с ним осложнениями при добыче нефти.*

**Ключевые слова:** добыча нефти, сероводород, надежность, методы нейтрализации, вихревой эффект, вихревой аппарат

Известные в настоящее время способы борьбы с сероводородом и связанными с ним осложнениями в процессах добычи, сбора и подготовки нефти по их функциональной направленности рекомендовано делить на четыре группы [1]:

- удаление сероводорода из продукции скважин;
- профилактика образования биогенного сероводорода;
- профилактика сероводородной коррозии нефтепромыслового оборудования;
- профилактика образования отложений сульфида железа в продуктивном пласте и скважинном оборудовании.

Данные способы связаны между собой и могут применяться по отдельности или в комплексе как в отдельных элементах нефтепромысловой системы «пласт-скважина-на-земное оборудование», так и во всей этой системе в целом. При выборе способов и методов борьбы с сероводородом в каждом конкретном случае необходимо, прежде всего, определить его происхождение и причину появления в продукции нефтяных скважин.

Если в составе пластовой нефти какого-то месторождения изначально присутствует реликтовый сероводород, бесполезно решать проблему борьбы с ним путем

его удаления в продуктивном пласте или скважине. Тогда прежде всего необходимо максимально ограничить выделение и накопление газообразного сероводорода в скважине. При этом данные методы эффективнее использовать в системе сбора и подготовки скважинной продукции, а в системе «пласт-скважина» — очень редко, для обеспечения безопасных условий работы при проведении подземных ремонтов скважин.

Удаление сероводорода из продукции нефтяных скважин возможно двумя путями [2]:

- физическими способами (дегазацией нефти);
- химическими методами нейтрализации сероводорода.

Среди физических способов, основающихся на десорбции молекул сероводорода в газовую фазу, выделяют три основных:

- сепарацию;
- ректификацию;
- отдувку.

Физические способы извлечения сероводорода из продукции нефтяных скважин используют при промысловой подготовке нефти. При подготовке нефти с небольшим содержанием сероводорода и при небольших газовых факторах процесс сепарации эффективен, так как удаляется основное количество сероводорода из продукции скважин. Для повышения степени извлечения сероводорода из нефти при ее сепарации, а также как самостоятельный способ очистки нефти от сероводорода применяют способ отдувки нефти углеводородным газом, реализуемый в специальных аппаратах колонного типа [3]. Для нефти с высоким содержанием сероводорода его удаление может быть достигнуто применением способа ректификации нефти. Процесс ректификации нефти позволяет получать низкое содержание сероводорода в товарной нефти при малых ее потерях [1].

Химические методы удаления сероводорода в продукции нефтяных скважин основаны на его экстракции растворами химических реагентов (поглотителей сероводорода) и их условно делят на три основных [4]:

- нейтрализация с получением органических соединений серы (сульфидов, меркаптанов, дисульфидов);
- нейтрализация с получением неорганической соли (сульфида, сульфита, сульфата);
- окислительно-восстановительный метод с получением серы.

Выбор метода определяется с точки зрения технологической и экономической эффективности, доступностью химического реагента и отсутствием побочных явлений в процессах добычи, транспорта и подготовки нефти. Для удаления сероводорода в продукции добывающих скважин применение химических реагентов с получением органических соединений серы считается наиболее эффективным [4].

Для профилактики образования биогенного сероводорода в нефтепромысловых системах необходимо применять специальные методы подавления развития биоцен-

оза. Известные способы борьбы с микроорганизмами, применяемые в различных промышленных и хозяйственных отраслях, можно разделить на физические и химические методы [1]. К физическим относятся: методы удаления биологических отложений (механическое удаление, гидромеханическая и гидропневматическая обработка поверхностей), нанесение на защищаемые поверхности необрастающих покрытий, различные обработки защищаемой среды (термообработка, электро- и ультразвуковая обработка, применение ультрафиолетового излучения и гамма-облучения, обработка коагулянтами). К химическим методам относятся: озонирование и обработка бактерицидами — веществами, подавляющими жизнедеятельность бактерий.

Наиболее надежным и широко применяемым методом подавления жизнедеятельности микроорганизмов и предотвращения образования биогенного сероводорода в нефтепромысловой системе «пласт-скважина-наземное оборудование» считается использование бактерицидов. В настоящее время известно большое множество химических соединений (органических и неорганических), обладающих бактерицидными свойствами: галогены, окислы азота, двуокись хлора, перекись водорода, медьсодержащие и другие соединения. Но на практике в нефтедобывающей отрасли используется сравнительно небольшое количество бактерицидов, что обусловлено, в первую очередь, ограниченностью сырьевой базы, высокой стоимостью производства бактерицидных соединений и повышенными требованиями к их качеству. До настоящего времени для подавления роста сульфатвосстанавливающих бактерий (СВБ) в промысловых условиях часто используются раствор формалина и высокоминерализованные сточные воды хлоркальциевого типа.

Удаление сероводорода в продукции добывающих скважин дает возможность уменьшить развитие сероводородной коррозии и образование отложений сульфида железа в нефтепромысловом оборудовании, а применение бактерицидов для снижения сульфатредукции позволяет уменьшить или полностью устраниить микробиологическую составляющую коррозионных разрушений и повышает эффективность анткоррозионных работ на нефтяных промыслах.

Существующие методы противокоррозионной защиты нефтепромысловых объектов можно условно разделить на технологические и технические. Технологические методы заключаются в направленном изменении технологии добычи, подготовки и транспортирования нефти, газа и воды, способствующем снижению коррозии оборудования. Технические методы включают в себя применение специальных средств и материалов для защиты оборудования от коррозии (ингибиторов коррозии [5], бактерицидов, защитных покрытий, коррозионно-стойких материалов, металлов и сплавов, электрохимической защиты). Указанные методы можно применять отдельно или комплексно, исходя из конкретных условий эксплуатации

оборудования. При этом на месторождениях сероводородсодержащих нефти наибольшее распространение среди известных методов борьбы с коррозией получило применение ингибиторов коррозии и оборудования из коррозионно-стойких материалов.

Применение волновых воздействий позволяет повысить эффективность массообмена в химико-технологиче-

ских процессах и создавать компактные аппараты на их основе. При этом энергия потока, для этих аппаратов, бывает достаточной для создания эффективного кавитационно-вихревого режима.

Таким образом, можно схематично изобразить общую классификацию методов борьбы с сероводородом и связанными с ним осложнениями при добыче нефти (рис.1).

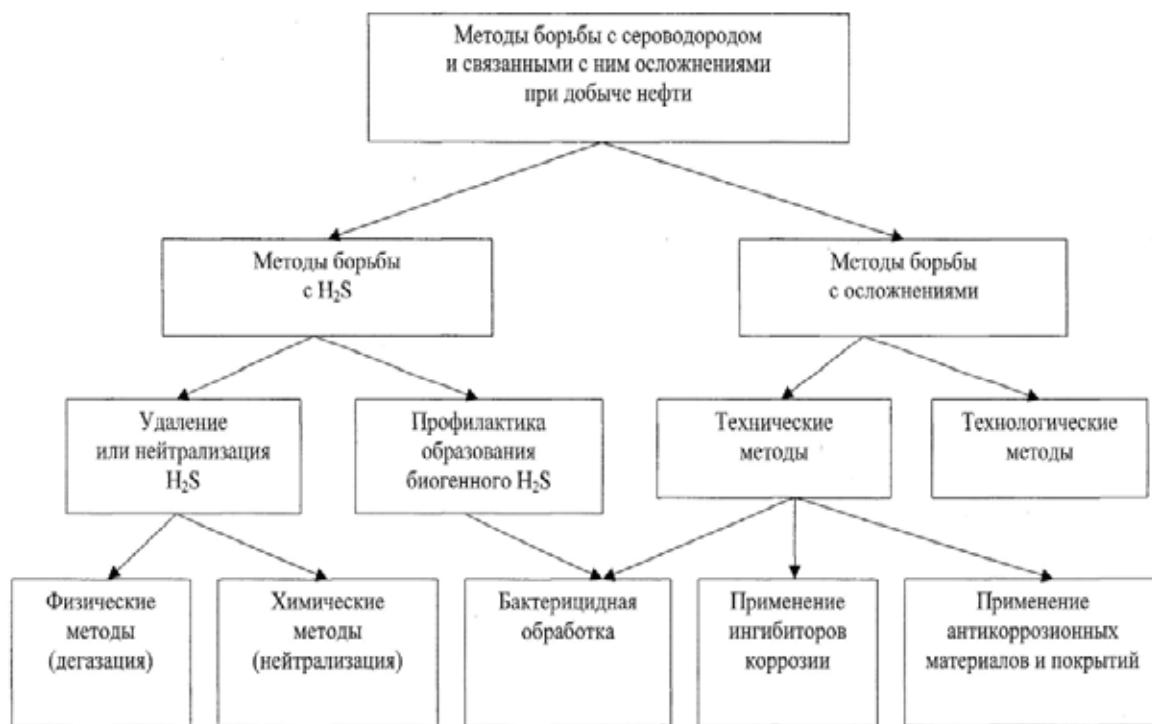


Рис. 1. Классификация методов борьбы с сероводородом и связанными с ним осложнениями при добыче нефти

При добыче сероводородсодержащих нефей проблема повышения эффективности эксплуатации и экологической безопасности нефтепромысловых систем, включающих в себя продуктивные пластины, скважины и наземное оборудование, является актуальной и на сегодняшний день.

В создавшихся условиях развития рыночных отношений наблюдается тенденция к применению малогабаритных автоматизированных установок в блочно-агрегатном исполнении, что диктуется экономией энергетического потенциала. Использование вихревого эффекта при совершенствовании существующих систем нефтесбора и промысловой подготовки нефтяного газа, разработке новых, энергосберегающих технологий все более актуальна.

Как и во всех других отраслях промышленности, интенсификация нефтехимических производств характеризуется увеличением выпуска конечного продукта. Ин-

тенсификация производства достигается как за счет роста скоростей химических реакций, температур, нагрузок, давления (параметров технологического процесса), так и за счет применения принципиально новых технологий и воздействий на ход технологических процессов [5].

Современные прогрессивные технологические процессы должны быть непрерывными и протекать с большими скоростями при условии эффективности и комплексного использования сырья и энергии. С исключением возможности загрязнения окружающей среды. Необходимо, чтобы повышение эффективности процессов проходило за счет уменьшения затрат рабочего времени на получение единицы продукции и сопровождалось снижением материальных и энергетических затрат при одновременном улучшении качества. Широкие возможности для интенсификации ряда существующих процессов создает применение вихревых аппаратов.

#### Литература:

1. Эксплуатация залежей и подготовка нефти с повышенным содержанием сероводорода / Г.Н. Позднышев, Т.П. Миронов, А.Г. Соколов, В.М. Глазова, С.П. Лесухин, В.Г. Янин // Обзор, информ. Сер. Нефтепромысловое дело.— М: ВНИИОЭНГ.— 1984.— Вып. 16 (88).— 84с.

2. Резяпова, И. Б. Сульфатвосстанавливающие бактерии при разработке нефтяных месторождений / И. Б. Резяпова.— Уфа: Гилем, 1997.— 51с.
3. Афанасьев, А. И. Энергосберегающая технология очистки газа / А. И. Афанасьев и [др.] // Повышение эффективности процессов переработки газа и газового конденсата: Сборник научных трудов. М.: ВНИИГАЗ, 1995.— Ч. 1.— с. 19–26.
4. Масланов, А. А. Предотвращение осложнений при добыче высокосернистой нефти / А. А. Масланов // Современные наукоемкие технологии.—2005.— № 11.— С.59.
5. Шаймарданов, В. Х. Разработка высокоэффективной технологии очистки нефти от газа. / В. Х. Шаймарданов, Е. П. Масленников, У. Е. Усанов // Роснефть.— 2007.— № 4.— с. 59–61.

# ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

## Методика разработки блока имитации внутривыменного давления испытательного стенда для доильных аппаратов

Герасименко Игорь Владимирович, кандидат технических наук, доцент  
Оренбургский государственный аграрный университет

**М**олоковыведение, или молокоотдача в физиологическом понимании — согласованные рефлекторные реакции миоэпителия и гладкой мускулатуры вымени, стенок и сфинктера соска в ответ на соответствующие раздражения кожи сосков и вымени в определенной обстановке (при доении или сосании теленком). Молокоотдачу характеризуют скрытый период рефлекса, изменение внутривыменного давления и скорости молоковыведения, а также различная степень торможения, или «задержки», молока. Молокоотдача протекает синхронно во всех четвертях вымени. Нервная система оказывает значительное влияние на эти процессы. Между секрецией, молоковыделением и молоковыведением существует тесная взаимосвязь и согласованность. Эффективность молоковыведения зависит от степени заполнения вымени и соответственно от распределения молока в отделах емкостной системы и достигнутого внутрицистернального давления [1].

Внутривыменное давление является одним из важных факторов, определяющих возбуждение полноценного рефлекса молокоотдачи, что, в свою очередь, влияет на процесс быстрого и полного опорожнения вымени. Поэтому целью нашего исследования явилось определение влияния величины внутривыменного давления на процесс доения, а, в частности, на интенсивность молоковыведения.

Для того чтобы изучить влияние внутривыменного давления на молоковыведение, необходимо понять его сущность. Физическую сущность внутривыменного давления можно раскрыть при помощи известного уравнения гидростатики, когда действуют только силы тяжести:

$$P_{\text{вн}} = P_0 + \rho \cdot g \cdot h,$$

где  $P_{\text{вн}}$  — внутривыменное давление;  $P_0$  — давление, развиваемое мышечными элементами альвеол и протоков на высоте  $h$ ;  $h$  — столб молока в молочном протоке, по высоте которого отсутствуют или минимальны силы поверхности натяжения  $P_k$ ;  $\rho \cdot g \cdot h$  — избыточное гидростатическое давление, максимальную величину которого определяют «диктующие» значения одного или нескольких протоков с наибольшим значением  $h$ . Конечно, составляющие этого уравнения в различные периоды се-

креции и экскреции молока в вымени животных являются переменными величинами, поэтому для более глубокого изучения их необходимо рассматривать раздельно [2].

Разные типы доильных аппаратов и установок, их конструктивные особенности и режим работы могут заметно изменять показатели молокоотдачи у одних и тех же коров. При этом необходимо знать, какие показатели и в какой степени могут изменяться, когда применяемые на ферме аппараты сменяют на прибор, используемый для селекционной оценки молокоотдачи у коров.

Разрабатываемые и имеющиеся в эксплуатации доильные аппараты, подлежат обязательному обследованию на соответствие с техническими и технологическими требованиями.

Для исследования доильных машин мы разработали испытательный стенд, позволяющий оценить не только технические характеристики, но и адаптивность известных и новых конструкций к физиологическим особенностям животных.

Стенд включает в себя функциональный ряд имитирующих блоков, на которые, авторами получены патенты и авторские свидетельства:

- блок имитации интенсивности молокоотдачи;
- блок имитации внутривыменного давления;
- блок имитации изменения упругости (тургора) вымени и соска;
- блок имитации изменения тугодойности в процессе выведения молока.

Одним из основных имитационных блоков, представляющих конструкцию стенда для испытания доильных аппаратов, является блок имитации внутривыменного давления.

В основу разработки блока имитации внутривыменного давления были положены исследования, проведенные Э. А. Келписом [3] и Л. П. Карташовым [4], которые установили характер изменения внутривыменного давления при различных способах выведения молока из вымени (режим I и II) (рис. 1). Режим № 1 — изменение внутривыменного давления при доении двухтактным доильным аппаратом, режим № 2 — изменение внутривыменного давления в катетеризированной четверти при доении остальных четвертей этим же аппаратом.

Из приведенных графических зависимостей видно, что внутривыменное давление в процессе доения изменяется в значительных интервалах. Введем следующие обозначения: РВ1 — минимальное внутривыменное давление; РВ2 — изменение внутривыменного давления после начала подготовительных операций; РВ3 — внутривыменное давление перед надеванием доильных стаканов и началом отсоса молока; РВ4 — максимальное внутривыменное давление.

В силу того, что изменение внутривыменного давления по второму режиму происходит неравномерно, на кривой изменения давления можно выделить 4 участка: 1 — БВ, 2 — ВГ, 3 — ГД, 4 — от точки Д до окончания доения.

Можно сделать допущение, что на этих участках изменения давления происходит по линейному закону.

Второй режим работы стенда обеспечивает имитацию практически всех возможных вариантов реальных процессов изменения внутривыменного давления.

В качестве технического решения имитации внутривыменного давления было взято изменение напора, создаваемого насосом. Определим давление для характерных точек кривой изменения внутривыменного давления. Для точки (Б) РБ = 3,0 кПа; для точки (В) РВ = 6,5 кПа; для точки (Г) РГ = 1,5 кПа; для точки (Д) РД = 2,5 кПа; для точки (К) РК = 1,5 кПа.

Соответственно время изменения давления между характерными точками будет равно. На участке включения стенда давление линейно с постоянной скоростью должно изменяться от 0 до Р<sub>max</sub> в диапазоне времени t1 от 10 до

90 с. На рабочем участке должно поддерживаться постоянное давление Р<sub>max</sub> в диапазоне времени t2 от 120 до 360 с. На участке выключения давление линейно с постоянной скоростью должно изменяться от Р<sub>max</sub> до 0 Па в диапазоне времени t3 от 30 с до 120 с.

В блок имитации внутривыменного давления (рис. 2а) входит емкость с имитатором молока 1, электродвигатель 2, насос малой производительности 3, трубопровод подачи 4, имитатор вымени 5, искусственные соски 6, регулируемый перепускной клапан 7, обратный трубопровод 8, манометр 9. Имитация внутривыменного давления происходит следующим образом. Подается напряжение на электродвигатель 2, насос малой производительности 3 начинает перекачивать имитатор молока имитатор вымени 5 по трубопроводу подачи 4. В имитаторе вымени 5 создается давление, которое отслеживается по манометру 9.

Создаваемое давление начинает воздействовать на регулируемый перепускной клапан 7, который в свою очередь настроен на величину открытия, превышающую 3 кПа, что соответствует внутривыменному давлению перед началом дойки. После включения вакуумного насоса и надевания доильных стаканов повышают обороты электродвигателя 2 тем самым, увеличивая производительность насоса 3. Электрическая схема подключения электродвигателя блока имитации внутривыменного давления приведена на рис. 2б.

При имитации кривой изменения внутривыменного давления второго режима на отрезке Б — В (рис. 1), элек-

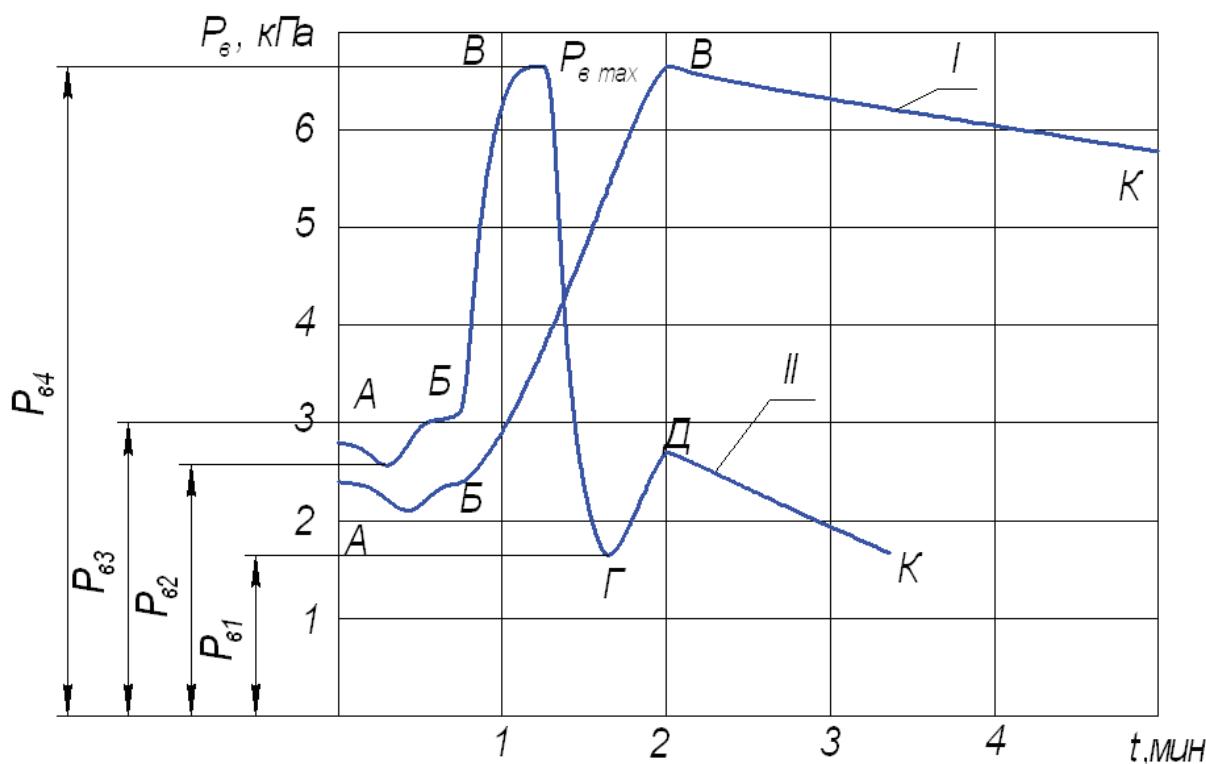


Рис. 1. Изменение внутривыменного давления в процессе доения: I — Режим № 1, II — Режим № 2

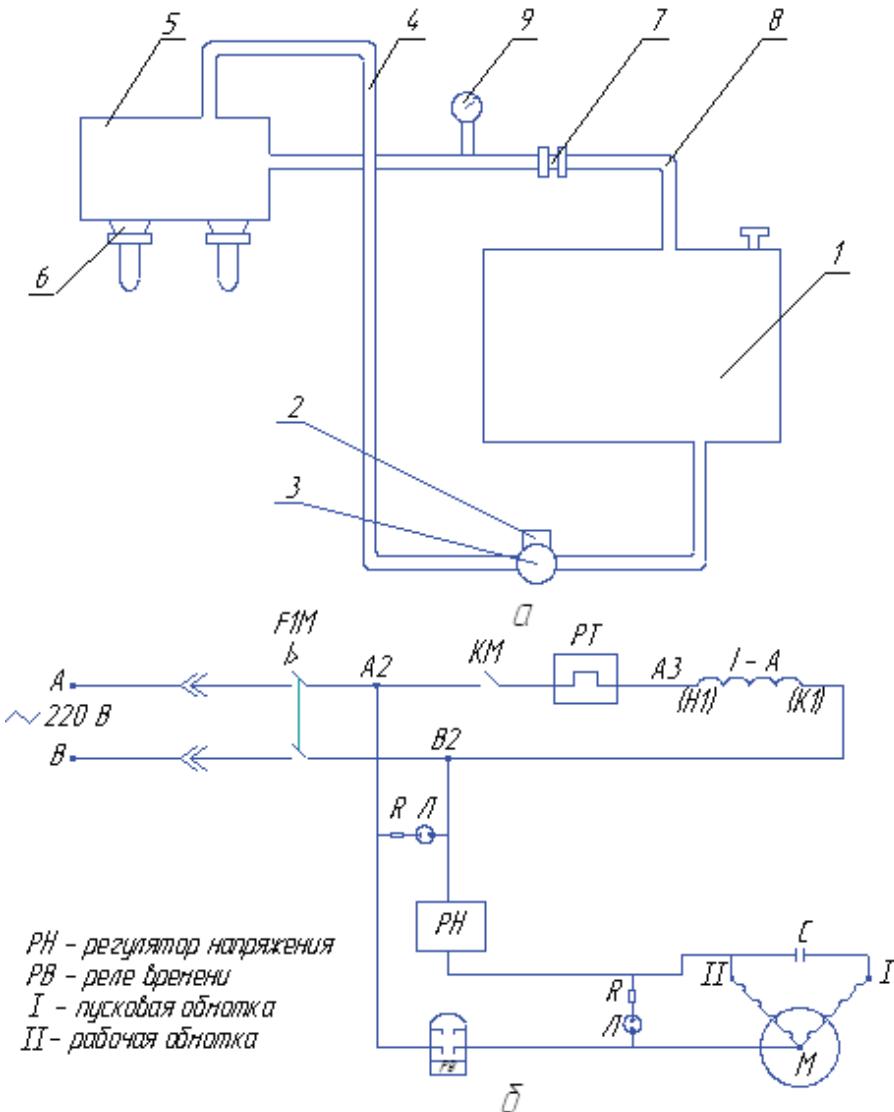


Рис. 2. Структурно-функциональная схема имитационного блока испытательного стенда: а) схема блока имитации внутривыменного давления (пояснения в тексте); б) электрическая схема подключения электродвигателя блока имитации внутривыменного давления

тродвигатель 2 постепенно увеличивает обороты до максимальных повышая тем самым производительность насоса 3, который в этот момент создает максимальное внутривыменное давление (7 кПа). Создаваемое внутривыменное давление ограничивается максимальной величиной 7 кПа за счет регулирования перепускного клапана 7.

Имитация спадающей ветви кривой (отрезок В — Г) достигается за счет уменьшения оборотов электродвигателя 2 и снижения производительности насоса 3. Производительность насоса 3 и величина срабатывания перепускного клапана 7 настраиваются так, чтобы давление составляло 5,5–6 кПа, что соответствует концу доения.

Изменяя обороты электродвигателя 2 и регулируя величину срабатывания перепускного клапана, можно имитировать различное давление, соответствующее характерным точкам любой кривой изменения внутривыменного давления и исследовать его влияние на эффективность работы доильного аппарата.

Габаритные размеры резервуара для имитатора молока выбираем из конструктивных особенностей стенда для испытания доильных аппаратов, а также имитации участка кривой внутривыменного давления находящейся за точкой Д.

В связи с тем, что изменение давления можно достичь за счет регулирования напора, необходимо знать потребный напор на отдельных участках кривой изменения внутривыменного давления. При этом учитываем, что расход имитатора молока является величиной переменной и соответствует изменению интенсивности молокоотдачи коровой.

Приведенные кривые изменения внутривыменного давления на выделенных нами ранее участках, достаточно достоверно, характеризуют изменение интенсивности молокоотдачи для различных технологических групп животных путем изменения «внутривыменного давления».

С помощью разработанного блока имитации внутривыменного давления, входящего в устройство стенда для

испытания доильных аппаратов, нами были проведены эксперименты по определению влияния величины внутривыменного давления на параметры молоковыведения доильных аппаратов.

При проведении экспериментов мы использовали доильный аппарат «Нурлат». Испытания проводили следующим образом. После подключения доильного аппарата к источнику вакуума надевали доильные стаканы на искусственные соски имитатора вымени. Далее шла подготовка стенда, которая заключалась в настройке нужной величины внутривыменного давления. Первый опыт проводили при максимальном значении (7 кПа),

при этом через каждые 15 секунд регистрировали количество жидкости прошедшей через доильный аппарат. После окончания доения процесс повторяли при внутривыменном давлении 2,5 кПа, 3 кПа, 4 кПа, 5 кПа, 6 кПа.

Поскольку давление в процессе молокоотдачи изменяется волнообразно, то мы могли зафиксировать, как максимальную интенсивность молоковыведения, так и среднюю. Также при каждом фиксированном значении величины внутривыменного давления нами отмечался и средний удой. Результаты проведенных нами экспериментов графически показаны на рис.3.

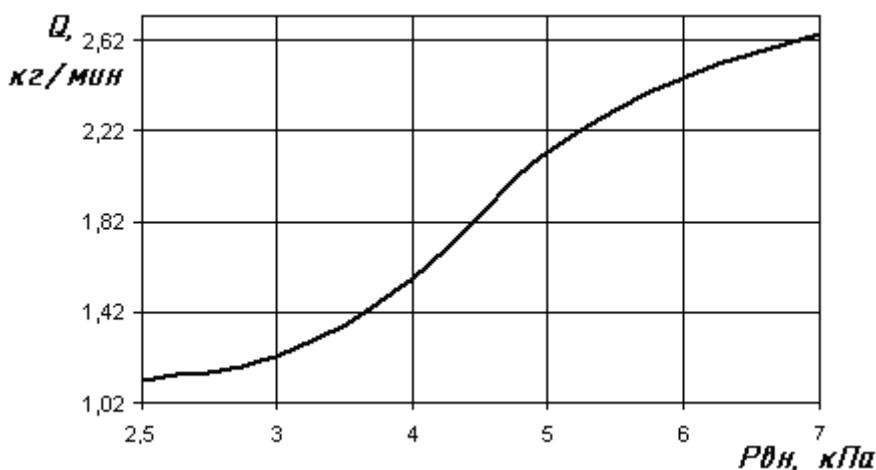


Рис. 3. Зависимость средней интенсивности молоковыведения доильного аппарата «Нурлат» от величины внутривыменного давления

По результатам эксперимента можно сделать вывод, что максимальная величина внутривыменного давления оказывает существенное влияние на машинное доение. Значения величины удоя средней и максимальной интенсивности возрастают с увеличением давления. Вели-

чина внутривыменного давления зависит от степени возбуждения рефлекса молокоотдачи и поддержания его во время доения, поэтому необходимо разрабатывать и применять доильные аппараты, адекватные молокоотдаче животного.

#### Литература:

- Гарьковый, Ф.Л. Селекция коров и машинное доение.— М.: Колос, 1974.— 158 с.
- Кузьмин, А. Е. Гидравлическая характеристика доильных установок.— Иркутск: Изд-во Иркут. ун-та, 1997.— 176с.
- Келпис, Э.А. Научные основы создания доильных установок для ферм промышленного типа: Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук.— Елгова: Латвийская СХА, 1973.— с. 9.
- Карташов, Л. П. Машинное доение коров.— М.: Колос, 1982.— 300 с.

## Перспективные направления энергосбережения в орошаемом земледелии Республики Крым

Захаров Роман Юрьевич, кандидат технических наук, доцент  
Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского

Волкова Наталья Евгеньевна, научный сотрудник  
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма

*Почти вся территория агросистем Крымского региона по естественному увлажнению характеризуется неблагоприятными для сельского хозяйства климатическими условиями. Это является основным фактором снижения урожайности, поэтому альтернативы орошению сельскохозяйственных культур в степной и предгорной зоне Республики Крым нет. В последние два года на территории региона сформировались ресурсоограниченные условия. Это касается особенностей воды и энергии. Одним из основных потребителей данных ресурсов являлась подотрасль орошаемого земледелия, которая в результате формирования вододефицитных условий стала самым пострадавшим звеном среди основных групп водопользователей. Первым шагом в стабилизации сложившейся ситуации является рациональное использование водных и энергетических ресурсов. К тому же это отвечает основным требованиям мировых тенденций, сформировавшихся в последние 20 лет и направленных на внедрение в производство экологобезопасных технологий. В отношении орошаемого земледелия это в первую очередь подразумевает эффективное использование воды, топлива, электрической энергии и соблюдение основных правил технологического процесса полива. Первым шагом в этом направлении является правильный выбор способа полива.*

**Ключевые слова:** способ полива, капельное орошение, дождевание, полив по бороздам, энергосбережение

Основным приоритетом энергетической политики Российской Федерации относится переход на энергосберегающие технологии и повышение эффективности использования имеющихся энергоресурсов. Рациональное использование данного вида ресурса в орошаемом земледелии необходимо вести в двух направлениях. Первое — снижение энергозатрат при транспортировке воды на участок, второе — уменьшение энергоемкости самого полива. Рассмотрим по отдельности каждое направление.

Энергозатраты на транспортирование воды в первую очередь зависят от технического состояния систем, которое для Республики Крым практически можно оценить как неудовлетворительное.

В таблице 1 приведены результаты инвентаризации этих сооружений, проведенной специалистами структурных подразделений ГБУ РК «Крымское управление водного хозяйства и мелиорации» в 2014 году.

Из анализа таблицы 1 видно, что потребность в капитальном ремонте хотя бы по одному из показателей превышает 55%, а в восстановлении — 14%. По итогам поливного сезона 2014 года при транспортировке было потеряно более 4 млн. м<sup>3</sup> воды при водозаборе — 21,8 млн. м<sup>3</sup> [1, с. 14, 16], то есть η водоподачи составил 0,81. Таким образом, по причине плохого технического состояния транспортирующих сетей на поставку заданного объема воды при механической подаче приходится затрачивать значительное количество электроэнергии, чтобы покрыть потери на фильтрацию, испарение, утечки.

Для улучшения сложившейся ситуации необходимо:

- на оросительных системах, которые характеризуются удовлетворительным техническим состоянием, и на

которых не предусмотрена реконструкция, осуществить мероприятия по энергосбережению и повышению эффективности технологического процесса [2, с. 115];

— ежегодно проводить технический мониторинг состояния оросительных систем и своевременно осуществлять текущие ремонты;

— на оросительных системах, которые пребывают в неудовлетворительном, но работоспособном состоянии, предусмотреть полное техническое переоснащение или реконструкцию с заменой не только сети, но и оборудования насосных станций [2, с. 115], запорно-регулирующей арматуры;

— при проектировании и строительстве новых сетей отдавать предпочтение конструкциям, позволяющим снизить возможные потери на испарение и фильтрацию и т.д.

Затраты энергетического ресурса непосредственно при поливе зависят от выбранного способа и возделываемой культуры. Это находит подтверждение в Методических рекомендациях по расчету норм расхода электрической энергии в сельскохозяйственном производстве [3, с. 27–28]. Основными величинами, характеризующими расход электроэнергии на орошение, являются мощность насосных станций, режим их работы и КПД. Количество энергии, затрачиваемой на полив, может быть определено по формуле (1):

$$W_i = \frac{Q \cdot H_n}{367 \cdot \eta_n \cdot \eta_h} \quad (1)$$

где Q — объем воды необходимый для орошения (оросительная норма), м<sup>3</sup>/га в год; H<sub>n</sub> — напор насоса, м; η<sub>n</sub> и η<sub>h</sub> — КПД соответственно насоса и подводящих сетей.

Таблица 1

## Итоги инвентаризации 2014 года оросительных сетей Республики Крым

Наименование показателя	Всего	Из них требует			
		капитального ремонта		восстановления	
		км	%	км	%
1	2	3	4	5	6
<b>Межхозяйственная сеть</b>					
Всего	1426,75	311,74	21,85	126,634	8,88
в т.ч. закрытые	208,80	122,0	58,43	0,98	0,47
в т.ч. облицованные	916,21	146,75	16,02	0,1	0,01
Водосборно-сбросная сеть	64,3	2,4	3,73	-	-
Напорные трубопроводы	336,97	62,88	18,66	-	-
<b>Внутрихозяйственная сеть</b>					
Постоянная в/х сеть, всего	5264,89	816,4	15,51	665,7	12,643
в т.ч.: а) открытая	2356,94	266,1	11,29	108,3	4,595
из них: облицовано	1110,97	135,1	12,16	133,7	12,035
б) закрытая сеть	1941,19	407,2	20,98	284,9	14,676
Водосборно-сбросная сеть	2837,0	-	-	85,4	3,010
Напорные трубопроводы	2972,71	472,3	15,89	176,4	5,934
<b>Хозяйственная сеть</b>					
Постоянная в/х сеть — всего	698,86	12,60	1,80	25,90	3,706
в т.ч.: а) открытая	160,78	4,8	2,99	18,0	11,195
из них облицовано	18,3	1	5,46	1,8	9,836
б) закрытая	529,88	7,8	1,47	4,1	0,774
Водосборно-сбросная сеть	3,8		нет данных		
Напорные трубопроводы	268,15		нет данных		

Или с учетом средних значений КПД:

$$W_i = 0.004 \cdot Q \cdot H_n \quad (2)$$

Таким образом, потери при транспортировании зависят от количества перекачиваемой воды в единицу времени в зависимости от техники полива, то есть от поливной и оросительной нормы.

Существует мнение, что поверхностный полив самый энергоэффективный [4, с. 152], но для условий Крыма сравнение ранее проводилось только с дождеванием (и учитывали только затраты электроэнергии, хотя энергетический ресурс согласно источникам [5, с. 236] включает в себя так же и топливо). В таблице 2 приведен перечень мероприятий по организации и ведению орошения, на которые требуются затраты энергетического ресурса по видам способов полива.

В качестве примера в таблице 3 приведены расчетные значения удельных затрат электрической энергии при возделывании бахчевых культур на площади в 10 га для трех энергосберегающих способов полива: капельного орошения, дождевания и полива по бороздам (согласно формулы 2). Оросительная норма принималась согласно источников [6, с. 133; 7, с. 24] и составила для капельного орошения 1700 м<sup>3</sup>/га, для дождевания — 2000 м<sup>3</sup>/га и полива по бороздам — 2400 м<sup>3</sup>/га. Расчетный напор насосной станции определялся по формуле 3 [8, с. 190]:

$$H_{\pi} = H_r + \sum h_{nom} + H_0 \quad (3)$$

где Н<sub>г</sub> — геодезическая высота подъема, м (принимаем равной 3,5 м для всех трех вариантов); Σh<sub>пот</sub> — сумма потерь напора по длине трубопровода и местных потерь, м (потери по длине определяем согласно [9, с. 102–103]). Местные потери рассчитываются по формуле 4:

$$\sum h_m = 0,1 \cdot \sum h_l \quad (4)$$

где Σh<sub>л</sub> — сумма потерь по длине; Н<sub>0</sub> — напор на гидранте (водовыпуске), м.

При расчете водоподачи брутто КПД сети принимаем равным проектному значению — 0,98. Длину напорного трубопровода принимаем равной 500 м.

Таким образом, если выстраивать цепочку приоритетных способов полива с точки зрения сочетания энерго- и водосбережения следует поставить на первое место капельный полив, во-первых, затраты топлива идут только при закладке системы, во-вторых, на входе нужно невысокое давление около 2,5–4 атм. (для ряда дождевальных машин оно может достигать 5–7 атм.) и в-третьих, данный способ является самым водосберегающим, то есть при использовании дождевания и полива по бороздам оросительная норма выше, а это может означать дополнительные затраты энергии на ее поставку.

На протяжении многих лет каждый из указанных способов полива совершенствовался, в том числе и с точки зрения экономии энергетических ресурсов. В современных условиях выбор способа полива для каждого кон-

Таблица 2  
Затраты энергетического ресурса при разных способах полива

Капельное орошение	Дождевание		Полив по бороздам	
	забор воды из открытой сети	забор воды от гидранта	классическая технология	с механизированной подачей
1	2	3	4	5
планировка поля (затраты топлива)	-		планировка поля (затраты топлива)	
закладка системы (затраты топлива)	при необходимости нарезка временных оросителей (затраты топлива)	-	нарезка борозд (затраты топлива)	
полив — напор в сети около 2,5 атм. (затраты электроэнергии)	полив — напор в сети от 2,5 атм. и выше (затраты электроэнергии), перемещение машины при поливе в движении (электроэнергия, топливо)	-	полив — напор в сети до 3 атм.	
-	-	заделка и обновление борозд (затраты топлива)		
-	при необходимости — перемещение на новую позицию (затраты топлива)	-		

Таблица 3  
Удельные затраты электроэнергии при возделывании бахчевых культур

Показатель	Капельное орошение	Дождевание (Irrimec ST-6 110TG 450)	Полив по бороздам
1	2	3	4
Расчетный напор, м	33,2	33,4	18,0
в т.ч. требуемый напор на гидранте/ входе в фильтростанцию	25	25	0
потери напора при транспортировке, м	4,7	4,9	14,5
Водоподача брутто м <sup>3</sup> за сезон	17350	20410	24490
в т.ч. водоподача нетто, м <sup>3</sup>	17000	20000	24000
Энергозатраты на водоподачу, кВт*ч	2177,3	2576,8	1666,3
Удельные энергозатраты, кВт*ч/га	217,7	257,7	166,6

крайнего случая необходимо осуществлять на основе предварительного технико-экономического обоснования с обязательным учетом таких показателей как эффективность использования воды и электроэнергии.

#### Литература:

- Годовой отчет по технической эксплуатации оросительных систем Крыма за 2014 год / Государственный комитет по водному хозяйству и мелиорации Республики Крым. Симферополь, 2014. 105 с.
- Захаров, Р. Ю. Актуальні питання підвищення енергоефективності зрошувальних систем: монографія / під ред. Р. Ю. Захарова. Сімферополь: СОННАТ, 2009. 128 с.
- Методические рекомендации по расчету норм расхода электрической энергии в сельскохозяйственном производстве. М.: ВАСХНИЛ, 1983. 51 с.
- Марюшин, П. А. Вопросы энергосбережения при орошении земель на Украине / П. А. Марюшин, Ю. В. Ступаченко, Д. В. Лунев // Строительство и техногенная безопасность: сб. науч. тр. / НАПКС. 2007. Вып. 19–20. с. 149–153.
- Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения: справ. — М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. — 264 с.
- Педь, В. М. Практический справочник овощевода. Выращивание овощей на орошении / В. М. Педь, О. М. Нероденко. К.: Юнивест Медиа, 2013. 256 с.

7. Режим орошения, способы и техника полива овощных и бахчевых культур в различных зонах РФ: руководство. М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИИ овощеводства, 2010. 82 с.
8. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации / Л. В. Скрипчинская, А. М. Янголь, С. М. Гончаров, С. М. Коробченко. Киев: «Вища школа», 1977. 352 с.
9. Таблицы для гидравлического расчета стальных, чугунных, асбестоцементных, пластмассовых и стеклянных водопроводных труб. М.: Стройиздат, 1973. 113 с.

## Методы инфлюентного анализа и принятие решений

Звягин Леонид Сергеевич, кандидат экономических наук

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Финуниверситет), Financial University

*В работе рассмотрен инфлюентный анализ числовых данных, имеющий математические выражения через методы: цепных подстановок, логарифмический метод или же через нахождение точки Эйлера-Лагранжа и др. Наиболее безошибочным отмечается интегральный метод, однако формулы данного метода весьма за-громождены и сложны, поэтому на практике для упрощения вычислений используется логарифмирование. Инфлюентный анализ главным образом применяется при решении экономических задач, актуальных в на-стоящее время, а также может быть использован и для реализации усложненных технических систем управ-ления.*

**Ключевые слова:** метод, анализ, модель, принятие решений, инфлюентный анализ

*The paper considers influentny analysis of numerical data having the mathematical expression through methods: Chain substitutions, the logarithmic method, or by finding the Euler-Lagrange points, etc. The most unmistakable notes integral method, however, the formula of this method is very cluttered and complicated, so in practice, to simplify cal-culations using logarithms. In-flyuentny analysis is mainly applied in the solution of economic problems that are rele-vant at the moment, and it can also be used for the realization-complicates United technical control systems.*

**Keywords:** method, analysis, model, decision-making, influential analysis

**В** настоящее время проблема принятия решений при недостаточных и неточных исходных данных образует крупное направление исследования методов решения многокритериальных задач. Выбор наилучшего варианта из предложенных усложняется несколькими факторами: во-первых, отсутствием формализированной связи между признаками и самими объектами, а во-вторых, необъективными исходными данными. Результатом этого становится недостаток объективной информации, который восполняется субъективными оценками экспертов на основании их эмпирических знаний, опыта и догадок. Оценка эксперта всегда связана с неопределенностью в силу своей субъективности, что в дальнейшем будет влиять на нечеткость выбранного решения.

Области применения математических и статистических методов для целей исследования систем организационного управления зависят от особенностей модели системы управления и вида исходных данных. Так, задачи синтеза удобнее и проще решать на детерминированных моделях, так как используемые при этом методы требуют рассмотрения большого числа вариантов построений системы или перебора множества значений ее параметров для поиска лучшего согласно принятому критерию.

Целью работы является рассмотрение инфлюентного факторного анализа как одного из методов детерминированного анализа. На современном этапе развития науки проблема определения влияния факторов на конечный результат в абсолютном выражении недостаточно разработана, поэтому в работе сделан акцент на рассмотрение инфлюентного анализа. Рассматриваемые в работе методы решения задачи инфлюентного анализа формулируются алгоритмически и ориентированы на применение ЭВМ. Сравнение методов проводится применительно к случаю достаточно большого количества факторов. Основу теоретической базы, используемой при написании настоящей работы, стали труды Трухаева Р. И. и Мухина В. И.

### Сущность и применение инфлюентного анализа

Важнейшим аспектом статистического изучения показателей деятельности предприятия является факторный анализ, представляющий отдельную ветвь статистической методологии, исследующую методы оценки влияния отдельных факторов на изменение обобщающего показателя. Различают два типа факторного анализа. Факторный анализ Ч. Спир-

мена, Л. Тэрстоуна и других специалистов по математической статистике основан на ее методах и имеет основной задачей построение комплексов укрупненных факторов с целью экономного описания экспериментальных данных и оценку силы их влияния на зависимую величину. При экономическом, финансовом и инвестиционном анализе детерминированных зависимостей требуется иной тип факторного анализа, задачей которого является оценка величины приращения обобщающего показателя под влиянием изменения каждого фактора. Этот тип анализа назовем инфлюентным факторным анализом (ИФА).

При составлении разного рода моделей экономического роста первоначально выделяют некоторые отдельные факторы из среды, далее определяют, в какой степени они влияют на результаты, иллюстрирующие продуктивность функционирования национальных экономик. Сконструируем влияние факторов (иначе параметров) на искомый показатель в виде так называемых мультипликативных моделей. А именно, в виде:  $Y=x_1x_2\dots,x_n$ . Базируясь на основе данных за два периода (а именно, базовый и текущий), модель располагает к проведению статистического анализа в рамках метода, более известного как индексный. Двухфакторная модель представляет собой произведение двух параметров:  $y=x_1x_2$

В свою очередь темп роста или индекс изменения искомого значения  $Y$  вычисляется по формуле, которую можно проиллюстрировать следующим образом:

$$Ty = \frac{y^1}{y^0}$$

где  $y^1$  представляет собой значение показателя в текущем периоде,  $y^0$  — значение того же показателя в базисном периоде.  $Ty = \frac{y^1}{y^0} = \frac{x_1^1 \cdot x_2^1}{x_1^0 \cdot x_2^0} = T_{x_1} T_{x_2}$

Даже, несмотря на то, что наука на данный момент находится на прогрессирующем этапе развития, проблема определения воздействия факторов на результат в конечном итоге в абсолютном выражении разработана в недостаточном объеме и требует постоянного внимания. Инфлюентный анализ служит обобщением методов, с помощью которых становится возможным определить оценки различного рода взаимосвязей между факторными изменениями и изменением значений показателя деятельности какой-либо системы известного как результирующий. Эти оценки (инфлюент) являются базой при организации процессов принятия решений в виде апостериорных действий, целью которых является усовершенствование и управление системой по уже озвученным выше базисным и текущим показателям.

Но нельзя не отметить, что даже при наличии достаточно обширной базы математических подходов и многочисленных взглядов на исследование перечисленных вопросов, при помощи факторного анализа нельзя в полной мере получить возможность найти оценки влияния факторов на присутствующие отклонения текущих значений от базисных. Даный факт неоспорим для случая многоцелевого показателя, и характерен для скалярного результирующего показателя. Тем не менее, никто не осмелится оспорить истину необходимости получения подобного рода оценок, потому как именно они служат первообразной для принятия самых объективных решений по совершенствованию и развитию организационных систем.

Детерминированный инфлюентный анализ ставит перед собой задачу определить искомый результирующий показатель  $Y$  по заданной аналитической зависимости  $y=f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  от фиксированной совокупности факторов ( $x_1, x_2, \dots, x_n$ ), далее нахождение инфлюент  $A(x_i)$  как оценок изменения  $\Delta x_i = x_{1i} - x_{0i}$  фактора  $x_i$  на величину  $\Delta y = y^1 - y^0$  изменения  $y$  в виде  $\Delta y = A(x_1) + \dots + A(x_n)$ .

При оценке эффективности деятельности предполагаемой организации недостаточным будет лишь определение выручки или коэффициента рентабельность продаж, а также их изменения за отчетный период. Поэтому необходимо выявить, произошли ли какие-нибудь отклонения ввиду изменения факторов.

Проиллюстрировать функционирование подобного рода анализа можно с помощью примера деятельности п-го коммерческого банка. Прослеживается, что капитальное уравнение баланса банка, выражает некую зависимость отдачи собственного капитала ( $Y$ ) от факторов, а именно: прибыльности ( $X_1$ ), маржи прибыли ( $X_2$ ), доходности активов ( $X_3$ ) и мультипликатора капитала ( $X_4$ ), и помимо этого представляет собой произведение 4-х факторов  $Y = X_1 * X_2 * X_3 * X_4$  — иными словами, мультипликативную модель. Значения факторов предопределяют эффективность финансовой политики, проводимой банком, в частности, эффективность управления налогами, иными расходами, активами и имеющимися ресурсами банка, а их изменение обусловливает приращение капитала, образующего некую отдачу в отчетном периоде. Своей задачей инфлюентный факторный анализ считает оценивание влияния изменений факторов на прирост полученной отдачи капитала, а на ее основе уже оценить эффективность финансовой политики банка в прошлом, указать резервы роста и выработать меры на будущее.

Инфлюентный анализ относится к детерминированным методам анализа. Его суть заключается в определении влияния изменения параметров на ту величину, на которую отклоняется искомый показатель. Инфлюентный анализ применим при анализе процессов и систем управления. Возможность использования детерминированных методов анализа определяется возможностью дифференцирования (взятия полной или частной производной) как самой функции, так и числа ее переменных. В то же время говорить о внедрении инфлюентного анализа можно в том случае, если функция

задана алгоритмически (то есть когда она задана определенной последовательностью каких-либо математических выражений, при этом учитывая достаточно большое число переменных). Из чего следует, что именно от дифференцирования функции и от количества составляющих ее переменных и зависит применение детерминированных методов.

Иными словами, суть инфлюентного анализа состоит в оценке влияния величины параметров  $X$ , на величину изменений показателя  $Y$ .

Общая формула для исчисления изменения функции  $Y$  представлена в виде такого вида алгебраической суммы:

$$\Delta Y = \sum_{i=1}^n A(\Delta x_i)$$

где  $\Delta Y$  - изменение значения показателя  $Y$ ,

$\Delta x$  — изменение параметра  $x$ .

Составляющие разложения  $A(\Delta x_i)$  приращения  $\Delta Y$  называются инфлюентами, а инфлюентный анализ в свою очередь необходим для их определения, с последующим выявлением направленности и степени влияния изменения параметров

$\Delta x_i = \Delta x_i^{(1)} - \Delta x_i^{(0)}$  на изменение искомого показателя

$\Delta Y = y^{(1)} - y^{(0)}$ .

Значения параметров и показателя  $\{x_i^{(0)}, y^{(0)}, x_i^{(1)}, y^{(1)}\}$  называются терминальными; за  $y^{(1)}$  и  $x^{(1)}$  принимаются фактические (реальные) значения, а за  $y^{(0)}$  и  $x_i^{(0)}$  — плановые (желаемые) значения.

При общей математической модели  $Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$  наиболее простым и чаще используемым методом анализа является метод цепных подстановок, который, как видно из названия, заключается в подстановке в функцию  $Y$  в определенном порядке номинальных  $x_i^{(0)}$  и фактических  $x_i^{(1)}$  параметров и вычислении результата по следующим простым формулам:

$$A(\Delta x_1) = f(x_1^{(1)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) - f(x_1^{(1)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)});$$

$$A(\Delta x_2) = f(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, x_3^{(0)}, \dots, x_n^{(0)}) - f(x_1^{(1)}, x_2^{(0)}, \dots, x_n^{(0)});$$

.....

$$A(\Delta x_n) = f(x_1^{(1)}, x_2^{(1)}, \dots, x_n^{(1)}) - f(x_1^{(1)}, x_2^{(0)}, \dots, x_{n-1}^{(1)}, x_n^{(0)}).$$

Но, к сожалению, не обойтись и без некоторых недостатков и неточностей: факторный анализ, используя реализацию метода цепных подстановок, не позволяет в полной мере оценить влияние отдельных факторов на отклонения фактических значений от плановых. Но, несмотря на данный факт, даже такие оценки имеют большое значение при принятии решений о методах совершенствования эффективности систем организационного управления, и эта задача будет также решаться с помощью использования все того же инфлюентного анализа.

Говоря об общем случае определения числового значения инфлюент  $A(x_i)$ , отмечается, что он представляет собой достаточно сложную задачу. Статистика, которая лежит в основе анализа с экономической точки зрения финансово-хозяйственной деятельности предприятия, активно применяет метод цепных подстановок. Данный метод является достаточно неусложненным и одновременно удобным для расчета инфлюент. Однако основным минусом такого метода можно назвать отсутствие установленного правила перебора последовательностей индексов  $i$  для последующей подстановки в функцию значений параметров  $(x_i^{(0)}, x_i^{(1)})$  и, как следствие, определить какая присутствует зависимость инфлюент от выбранной последовательности. Но не менее важным является упоминание того, что подобного недостатка лишены процедуры расчета инфлюент, которые были более усложнены и рассматривались в работах Р. И. Трухаева.

Если попытаться провести краткий обзор методов, которые характерны для инфлюентного анализа, то можно выделить некоторые из них.

Логарифмический метод основан прежде всего на логарифмировании определенного вида зависимости (1), а далее

представляет приращение показателя в виде:  $\Delta Y = \Delta f = \frac{\Delta f}{\lg|f(b)| - \lg|f(a)|} \sum_{i=1}^n (\lg|b_i| - \lg|a_i|)$

Одним из самых важных достоинств представленного метода является достаточная простота и отсутствие загроможденности его вычислительного алгоритма. Так как данный метод сводится к применению формулы  $A_i = k \cdot \Delta \lg|X_i|$  ( $X_i = 1, n$ ) к каждому фактору, причем коэффициент  $k$  требует вычисления лишь единожды, и немаловажным плюсом будет тот факт, что при этом расчеты могут быть выполнены при помощи простейших вычислительных средств.

$$\text{где } k = \begin{cases} f(a), & \text{если } \Delta f = 0 \\ \frac{f(b) - f(a)}{\lg|f(b)| - \lg|f(a)|}, & \text{если } \Delta f \neq 0 \end{cases}$$

Далее имеет место упомянуть о следующем методе, таком как «Метод деления нераспределенных остатков по-повну». В данном случае приращение мультипликативного показателя может быть представлено в следующем виде:

$$\Delta f = f(b) - f(a) = f(a + \delta) - f(a) = \prod_{i=1}^n (a_i + \delta_i) - \prod_{i=1}^n a_i$$

Выполнив действия над выражением, получим:

$$\Delta f = \delta_1 a_2 a_3 \dots a_n + a_1 \delta_2 a_3 \dots a_n + \dots + a_1 a_2 \dots a_{n-1} \delta_n + \delta_1 \delta_2 a_3 \dots a_n + \dots + \delta_1 \delta_2 \dots \delta_n$$

В соответствии с представленным методом, каждое из слагаемых, содержащихся в правой части выражения требует необходимого разделения равными долями между факторами, имеющими приращение, которое в свою очередь входит в это слагаемое в виде сомножителей. Это иллюстрируется тем, что первое слагаемое, к примеру, целиком относится к фактору первому и играет роль соответствующей составляющей инфлюенты A1, и наряду с этим слагаемое делится поровну между факторами 1 и 2 и т. д. Можно отметить результативность данного метода еще и тем уточнением, что для случая 2 и 3 факторов он может быть интерпретирован в геометрическом виде.

Следующим пунктом можно обозначить метод, известный как «Метод обратных колец». Его структура была предложена Н. Е. Гончаровым, и представляет собой, прежде всего, совершенствование метода цепных подстановок. При его использовании в качестве инфлюент обычно принято принимать величины, полученных в процессе осреднения значений, который вычисляются методом цепных подстановок при рассмотрении частности из  $n!$  Подстановок, которые возможны. Такие подстановки, принимаемые для расчета можно сформировать как раз путем кольцевой перестановки прямой и обратной последовательностей факторов. В этом случае число подстановок, которые мы можем рассматривать, оказывается тождественным  $2n$ . Как утверждает автор данного метода, именно подобный выбор рассматриваемых подстановок получает те значения инфлюент, которые больше всего близки к средним значениям, получаемым в случае рассмотрения  $n!$  подстановок.

Существует ряд других методов инфлюентного анализа, в частности метод неопределенных множителей; метод со-пряженных множителей; метод решающей матрицы, метод частных функций. Данные методы используются реже ввиду значительного количества вычислений, то есть высокой трудоемкости процесса, а также учитывая тот факт, что количество арифметических действий при этом увеличивается в некоторое число раз.

Если рассматривать инфлюентный анализ зависимостей произвольного ряда, то можно отметить, что этот так называемый раздел посвящен изучению методов, которые рассматриваются в случае, когда зависимость  $f(X)$  показателя от фактора произвольна. Но важно помнить, что при этом данная функция удовлетворяет тем условиям, которые необходимо учесть в обязательном порядке для применения какого-либо метода (будь то непрерывность, дифференцируемость или др.). Также указывается, что  $f(X)$  может быть задана как в аналитическом виде, так и в алгоритмическом.

Одними из наиболее адаптивных и простых методов, которые достаточно распространены и пригодны для инфлюентного анализа произвольных зависимостей является как раз метод цепных подстановок и метод точки Лагранжа. На последнем я остановлюсь наиболее подробно.

В математическом анализе формальная возможность получения выражений для инфлюент  $A(x_i)$  содержится в интегральной формуле Эйлера-Лагранжа. Согласно этого подхода, изменение функции  $\Delta Y$  можно определить, если использовать в процессе вычислений криволинейный интеграл по отрезку прямой, соединяющей  $x$  и  $x_i$ .

$$\Delta Y = \sum_{i=1}^n \int_0^1 \frac{\partial f(x^0 + \tau \Delta x)}{\partial x_i} \Delta x_i d\tau$$

$$\text{Из формулы получаем: } A(x_i) = \int_0^1 \frac{\partial f(x^0 + \tau \Delta x)}{\partial x_i} d\tau, i=1, \dots, n$$

$$A(x_i) = \int \frac{\partial f(x)}{\partial x_i} dx_i, i=1, \dots, n$$

Метод основывается на теоремах Лагранжа о среднем значении, называемых также теоремами о конечном приращении. Эти теоремы формулируются следующим образом:

Теорема 1. (для функции одной переменной). Если функция  $f(x)$  непрерывна на отрезке  $[a,b]$  и дифференцируема на отрезке  $(a,b)$ , то в интервале  $(a,b)$  существует число  $X$ , соответствующее тождеству:

$$f(b) - f(a) = f'(X) \cdot (b - a);$$

Теорема 2. (функция многих переменных) Если функция  $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  непрерывна при  $a_i \leq X_i \leq b_i$  и дифференцируема при  $a_i < X_i < b_i (i=1, n)$ , то существует набор таких чисел  $(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , что  $a_i < X_i < b_i (i=1, n)$  и

$$f(b_1, b_2, \dots, b_n) - f(a_1, a_2, \dots, a_n) = \sum_{i=1}^n \left. \frac{\partial f}{\partial X_i} \right|_{x_1, x_2, \dots, x_n} \cdot (b_i - a_i)$$

Таким образом, алгоритм численного определения инфлюент методом точки Лагранжа оказывается следующий:

Отыскивается (одним из методов поиска экстремума функции одной переменной, который в свою очередь не требует вычисления производных, как например, методом золотого сечения) значение  $\bar{S}$ , удовлетворяющее тождеству и позволяющее определить координаты точки Лагранжа  $X_i = a_i + \bar{S} \delta_i (i=1, n)$

$$f(S) - S \cdot \Delta f = extr;$$

Вычисляются (в численном или аналитическом видах) значения частных производных в найденной точке, которые, будучи умножены на величины приращений факторов  $\delta_i$ , предопределяют значения инфлюент:

$$A_i = \delta_i \frac{\partial f}{\partial X_i} \Big|_{x_i=a_i+\bar{s}\delta_i}$$

Отмечается, тем не менее, что рабочие формулы расчета инфлюент для мультиплекативных моделей при помощи криволинейного интеграла (точка Эйлера-Лагранжа) в практике экономического анализа практически не используются из-за своей громоздкости и усложненности. В противовес ему, гораздо чаще используется логарифмический метод.

Рассмотрим факторную мультиплекативную модель вида  $y=x_1x_2$ . Если прологарифмируем обе части тождества 3, то

$$\text{получим: } \ln \frac{y^1}{y^0} = \ln \frac{x_1^1}{x_1^0} + \ln \frac{x_2^1}{x_2^0}$$

Получим окончательное выражение для разложения факторов, путем умножения обеих частей равенства на

$$\text{дробь } \frac{\Delta y}{\ln \frac{y^1}{y^2}}$$

$$\Delta y = k \cdot \ln \frac{x_1^1}{x_1^0} + k \cdot \ln \frac{x_2^1}{x_2^0}$$

$$\text{где } \Delta y = y^1 - y^0$$

$$k = \frac{\Delta y}{\ln \frac{y^1}{y^2}}$$

Если число параметров (факторов) в модели принять равным  $n$ , то инфлюенты вычисляются по достаточно простой формуле:

$$A(x_i) = k \cdot \ln \frac{x_i^1}{x_i^0}$$

По значениям инфлюент первоначально упорядочивают параметры системы по силе их влияния на ее показатели, затем определяют, какого вида существует направленность этого влияния и в результате выделяют долю влияния каждого параметра относительно других.

Рассматриваемые в работе методы решения задачи инфлюентного анализа формулируются алгоритмически и ориентированы на применение ЭВМ. Сравнение методов проводится применительно к случаю, когда присутствует достаточно большое количество факторов.

Инфлюентный анализ ориентирован в основном на решение экономических задач, но равным образом может быть использован и для исследования сложных технических систем управления.

### **Анализ систем управления с помощью математических теорий**

Принятие решений — само по себе это один из фундаментальных (базисных) этапов процесса управления, иными словами — этот тот выбор одного из вариантов или алгоритмов действий, которые должны быть направлены на достижение поставленных стратегических целей и задач.

Теория принятия решений как таковая является комплексной дисциплиной, которая напоминает о себе при случае, когда возникает необходимость сделать выбор альтернативы действий в условиях риска и/или при наличии неопределенности. Подобного вида необходимость может появляться в случаях, когда исходные данные представлены через определенные выражения, отображающие вероятностные характеристики (то есть опять же важно, что принятие решения имеет место также в условиях риска) либо же в ситуации, когда исходные данные заданы неопределенно, например, интервалами изменения или вообще только одним названием.

Сама суть процесса принятия решения состоит в определении того, какой же управление наиболее допустимо из представленных альтернатив. В математической теории принятия решений есть и свои подводные камни: к примеру, субъективность как таковая отсутствует и остается лишь в выборе подходящего критерия вычислительной процедуры. Таким образом, лицу, опирающемуся в своих действиях на полученный результат, необходимо первоначально знать степень его оптимальности и затем — его надежность, т.е. величину риска.

Именно поэтому важным фактором является получение и разработка достаточной теоретической базы для обоснования какого-либо выбора метода анализа. Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что алгоритм расчета на-

прямую зависит от того, какой вид имеют исходные данные (определенные и неопределенные), а также от критерия выбора решения и количества этапов принятия самих решений.

В качестве конечного результата принятия решений является именно то решение, которое представляет собой некое предписание к действию. Допустимым будет являться такое решение, которое удовлетворяет установленным ограничениям разного рода: ресурсным, правовым, этическим. Эффективность решения является обобщенной характеристикой решения. Она включает в себя эффект решения, который определяет степень достижения целей, отнесенный к затратам на их достижение. Итак, чем выше степень достижения целей и меньше затраты на их реализацию, тем решение будет эффективнее. Теория принятия решений — это совокупность понятий и систематических методов, позволяющих анализировать вопросы принятия решений в условиях неопределенности.

Для эффективного решения проблем и задач необходим комплексный подход с использованием основных положений анализа, статистики и синтеза систем управления. Выбор метода решения проблемы осуществляется в зависимости от того, какого вида необходимо решение, а также, если говорить об объекте управления, то — от степени соответствия потребностей и их удовлетворения, от вида переменной лимитирующей проблемы (задачи), квалификации специалистов. В случае если какой-нибудь метод на определенном этапе творческого процесса исчерпал себя, то следует рассмотреть другие методы, продумать какие их комбинации будут наиболее эффективными и приведут к продуктивному результату.

Говоря о сущности методов детерминированного анализа, главным является то, что она состоит в нахождении оценок влияния изменения параметров на величину изменения самого показателя. Данный анализ эффективен при исследовании процессов и систем управления с учетом результатов экспериментов на математической модели с неслучайными (детерминированными) переменными.

Выбор наиболее перспективного применения детерминированных методов зависит от возможности дифференцирования функции и числа переменных. При задании функции в алгоритмическом виде (то есть когда она определяется последовательностью математических выражений и при большом числе переменных) используется инфлюентный анализ.

В работе рассмотрен инфлюентный анализ числовых данных, имеющий математические выражения через методы: цепных подстановок, логарифмический метод или же через нахождение точки Эйлера-Лагранжа и др. Наиболее безошибочным отмечается интегральный метод, однако формулы данного метода весьма загромождены и сложны, поэтому на практике для упрощения вычислений используется логарифмирования. Инфлюентный анализ главным образом применяется при решении экономических задач, а также может быть использован и для реализации усложненных технических систем управления.

Использование детерминированных методов зависит от допустимости дифференцирования функции и числа переменных. Инфлюентный анализ необходим задании функции, а в алгоритмическом виде (то есть когда она определяется последовательностью математических выражений и при наличии большого числе переменных)

Таким образом, поставленная проблема была изучена, теоретические сведения обобщены и проиллюстрированы, а поставленные цели и задачи достигнуты.

#### Литература:

1. Трухаев, Р. И. Инфлюэнтный анализ и принятие решений (детерминированный анализ). — М.: Наука, 1984.
2. Корн, Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) М., «Наука», 1977
3. Федоров, В., Егоров Ю. К вопросу о разложении прироста на факторы. — Вестник статистики. — 1977. — № 5.
4. Гончаров, Н. Е. Повышение качества факторного анализа на транспорте. — М.: Транспорт, 1982
5. Калиткин, Н. Н. Численные методы. М., «Наука», 1978
6. Экономико-математические методы в анализе хозяйственной деятельности предприятий и объединений. Бушник-Сиверский А. В., Сайфулин Р. С., Рейльян Я. Р. и др. — М.: Финансы и статистика, 1982
7. Шеремет, А. Д. Комплексный экономический анализ деятельности предприятий. — М.: Экономика, 1974.

## Проектирование планировочных работ орошаемых земель в условиях Туркменистана

Матниязов Бяшим Каландарович, преподаватель;  
 Мамедов Сапаргылыч, студент  
 Туркменский сельскохозяйственный университет имени С.А. Ниязова

Мухамметмырадов Какамырат, главный специалист  
 Министерство финансов и развития Туркменистана

**Ключевые слова:** технология планировки орошаемых земель, агротехника, почва.

**Keywords:** technology of planning of planning of the irrigated earths, agrotechnics, soil.

Планировка очень сложный процесс, который не сводится только к выравниванию поверхности поля, а является одним из агротехнических факторов, изменяющих физико-механические свойства плодородного слоя почвы. При планировке воздействие на почву оказывается одновременно многими путями: ходовой частью и весом трактора, весом и трением призмы волочения, силами резания, ходовой частью планировщика, срезкой и перемещением самой биологически продуктивной части почвенного слоя. В основном указанные воздействия на почву неблагоприятны: разрушается структура, уплотняется верхний слой, угнетаются или уносятся аэробные бактерии и питательные вещества, т.е. ухудшается ее плодородие. Поэтому главное требование к орудиям, выполняющим эту важную агротехническую работу, состоит в том, чтобы обеспечить высокое качество выравнивания рельефа при минимуме вредных воздействий на почву. Во время планировки на части площади срезают верхний, наиболее плодородный слой почвы. Чем больше глубина срезки почвы, тем ниже ее плодородие.

Просадочные деформации на орошаемых площадях, особенно в первые годы их эксплуатации, являются причиной резкого изменения микрорельефа поверхности земель и, как следствие этого, падение урожайности культур и, нередко, выпадение части площадей из сельскохозяйственного оборота. Величина просадки при увлажнении (поливе) составляет от 10–15 см до 1,5–2,0 метра, и при этом развивается она весьма не равномерно. А фактически выполняемые объемы ежегодных планировочных работ на много превышают первоначально прогнозируемые. Это связано с тем, что планировочные работы на площадях с просадочными грунтами все еще выполняются аналогично площадям с непросадочными грунтами [2].

Различают капитальную и эксплуатационную планировку. Капитальная планировка существенно изменяет поверхность орошаемых участков, ее выполняют при строительстве новых и реконструкции действующих оросительных систем; текущую планировку проводят как агрономическое мероприятие для поддержания поверхности орошаемых участков.

Капитальную планировку выполняют в следующем порядке: подготовка поверхности поливного участка; производство геодезических работ; проектирование планировочных работ; строительная разбивка; производство планировочных работ.

В состав работ по подготовке поверхности поливного участка входят: очистка площади участка от камыша, сорняков, пожнивных остатков, кустарника, пней и камней; вспашка и боронование поверхности участков со сложным микрорельефом, с последующими проходами (1–2) длиннобазового планировщика; сглаживание поверхности участков старопахотных земель 1–2 проходами тяжелого грейдера или длиннобазового планировщика без предварительной вспашки и боронования. В зависимости от рельефа, условий командинования и способа полива различают капитальную планировку под топографическую поверхность и под горизонтальную плоскость — для поливов затоплением (на хлопковых системах).

Традиционная планировка полей из-за больших затрат на ГСМ не всегда проводится, а на неспланированных участках после полива возникают солевые пятна. Наблюдается неравномерность всхожести семян, появление большого количества сорняков. В настоящее время из-за пестроты засоления земли урожайность хлопчатника снижается на 5–10 ц/га и повышается использование оросительной нормы сельскохозяйственных культур от 20 до 30%. Таким образом, проблема нерационального использования земли и воды, вторичного засоления, снижения продуктивности почв остается на повестке дня.

Для уменьшения объема планировочных работ проектирование ведут с наибольшим приближением к существующему рельефу, т.е. под топографическую поверхность. Планировку под наклонную плоскость осуществляют при сложных почвенно-мелиоративных условиях.

Объем капитальных планировочных работ колеблется в больших пределах от 50 до 600 м<sup>3</sup> на 1 га и более — и зависит от микрорельефа планируемых земель. За неделимую проектную площадку принимают поливной участок (от 15 до 40 га), ограниченный постоянными каналами оросительной сети. Проектирование внутрихон-

зяйственной оросительной сети, как правило, совмещают с проектом планировочных работ с тем, чтобы нарезку оросителей проводить по спланированной поверхности.

Проектирование ведется на основе высотно-плановой съемки в масштабе 1:2000 с опорной геодезической сетью в виде квадратов размером 200x200 и сети 100x100м, стороны которых соответственно параллельны и перпендикулярны направлению полива. Такой план служит основой для составления рабочих чертежей капитальной планировки. В районах хлопкосеяния основным способами полива сельхозкультур являются самотечные поверхностные поливы по бороздам, напуском и затоплением.

Целью планировки является создание агротехнических условий для равномерного увлажнения почвогрунта при орошении и промывках, включающие создание качественной поверхности под уклон или горизонтальную плоскость и однородного состава грунтов активного слоя по специальным технологиям и с помощью агромелиоративных машин.

**Методика исследования.** Теоретической и методической основой исследований явились труды ведущих отечественных и зарубежных авторов в области механизации и автоматизации мелиоративных работ, орошаемого зем-

леделия и механики грунтов: А.Н. Аскоченский, М.А. Ахмеджанов, М.Н. Багров, Ю.Г. Батраков, И.П. Братышев, Е.Б. Величко, Т.М. Гаджиев, Г.А. Данов, И.А. Дзядевич, М.И. Зырянова, А.Н. Ефремов, А.И. Каныгин, В.Ф. Карелин, О.К. Комилов, Э.Н. Кузин, А.Н. Ляпин, И.П. Мочалов, Н.К. Насиров, Н.К. Нурматов, Э.Л. Окулич-Козарин, В.И. Ольгаренко, Ф.Е. Омельян, С.Р. Оффенгендэн, В.А. Попов, Н.П. Самсонова, Е.Н. Сквалецкий, В.А. Сурин, Е.Д. Томин, В.К. Цой, Н. Нармухамедов, М. Тургунов, Т.О. Салимов и др. Исследования базировались на методах системного анализа. В качестве изучаемой системы рассматривались мелиоративные объекты, способы планировочных работ, применяемые технологические приемы и комплексы машин, с одной стороны, и природная среда, с другой стороны.

Указанный технический результат достигается тем, что скрепер-планировщик содержащий одноосный тягач, хребтовую балку, скреперный ковш, задний мост, гидроцилиндры наклона ковша и шарнир, с целью регулирования угла поперечного уклона планируемой поверхности, скреперный ковш шарнирно закреплен на заднем мосту, гидроцилиндры наклона ковша шарнирно соединены с задним мостом [1].

#### *Литература:*

1. Патент № ТМ654 Е02 F 3/64, A01B 33/02 A01B 49/02 (2006.01) Скрепер-планировщик. Б.К. Матниязов 10.08.2015.
2. Салимов, Т.О. Совершенствование технологий планировки орошаемых земель в аридной зоне. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. Душанбе 2004.

# САПР И ГРАФИКА

## Роль информационного обеспечения в системах автоматизированного проектирования

Иванов Константин Константинович, студент;  
 Ефремов Анатолий Александрович, студент;  
 Ващенко Илья Александрович, студент;  
 Научный руководитель: Бушко Дмитрий Алексеевич, ассистент  
 Дальневосточный федеральный университет

Проектирование уже давно вошло в жизнь современного общества. Без проектирования невозможно представить создание какого-либо сложного объекта, например, процессора или ядерного реактора. Проектирование представляет собой процесс создания и определения полной модели будущего объекта [6]. Конечно, с проектированием некоторых простых объектов человек может справиться без труда и сам, но, когда речь идет о действительно трудном объекте, состоящем из тысяч составных частей, обойтись без использования специального обеспечения нельзя. Такое обеспечение называется системой автоматизированного проектирования, в которой сам процесс проектирования происходит благодаря диалогу вычислительной машины и человека. Автоматизированное проектирование позволяет существенно снизить расходы, сократить число вовлеченного в проектирование персонала, уменьшить время проектирования, а также обеспечивает создание безошибочной модели, то есть не имеющей дефектов.

Системы автоматизированного проектирования, или САПР, имеют обширную классификацию [2]. Они делятся в зависимости от типа объекта проектирования (организационная система, программное изделие, объект строительства и т.д.), его разновидности и сложности (простые, средней сложности, сложные, очень сложные и очень высокой сложности в зависимости от числа составных элементов), уровня автоматизации (низкой, средней и высокой степени), степени комплексности (одноэтапные, многоэтапные и комплексные), характера и числа выпускаемых проектных документов (текстовые, текстово-графические и т.д.), а также по числу уровней в структуре технического обеспечения. Данная классификация постоянно обновляется и улучшается. Благодаря ей можно с легкостью выбрать необходимую систему автоматизированного проектирования, проанализировав требования к проектируемому объекту.

Одной из важнейших частей САПР является информационное обеспечение. Простыми словами, оно представляет собой данные, необходимые для проектирования. К этим данным относятся документы, проектные процес-

дуры, проектные решения, типовые элементы и комплектующие изделия, материалы и другие данные, а также файлы и блоки данных на машинных носителях с записью указанных документов [1]. В совокупности все эти компоненты представляют из себя базу данных системы автоматизированного проектирования.

Базу данных можно рассматривать как подобие электронной картотеки, то есть хранилище или контейнер для некоторого набора файлов данных, занесенных в компьютер [5]. При этом пользователи могут выполнять множество операций над этими данными, например, добавлять новые пустые файлы в базу данных, вставлять новые данные в существующие файлы, получать данные из существующих файлов, удалять данные из существующих файлов, изменять данные в существующих файлах, удалять существующие файлы из базы данных. Самые же данные представляют собой сведения о каких-либо фактах, на основании которых можно сделать определенные выводы. Эти данные предоставляют информацию об объектах, характеризуя их некоторым набором атрибутов. База данных обладает большими преимуществами по сравнению с другими способами представления информации, такими, как компактность (огромные массивы данных размещаются на физических накопителях), быстродействие (при правильной настройке скорость работы компьютера с базой данных колоссально превышает аналогичные действия, выполняемые человеком вручную), низкие трудозатраты (практически всю нагрузку на себя забирает машина), актуальность (при необходимости всегда имеется доступ к точной и свежей информации), защита (ограничение несанкционированного доступа и исключение случайной потери). Помимо преимуществ самой базы данных есть достоинства, определяемые использованием базы данных. К ним относятся возможность совместного доступа к данным (с данными могут работать сразу несколько пользователей), сокращение избыточности данных (устранение повторяющейся информации за счет правильной организации и объединения), устранение противоречивости данных до некоторой степени (исключение противоречивости за счет представления

факта только одной записью или программный контроль противоречивости за счет распространения обновлений), возможность поддержки транзакций (объединение нескольких операций базы данных в одну логическую единицу), обеспечение целостности данных (поддержка правильности данных в базе за счет введения ограничений целостности), организация защиты данных (установление различных правил для разных типов доступа к определенным данным), возможность согласования противоречивых требований (выбор наилучшего структурирования базы данных в сложившихся условиях), а также возможность введения стандартизации.

Одним из принципов построения системы автоматизированного проектирования является информационная согласованность частей ее программного обеспечения [4]. Оно достигается путем построения общей для согласуемых программ базы данных, в которой можно выделить три части, играющие важную роль в процессе проектирования. К первой относится так называемый справочник, содержащий справочные данные о ГОСТах, нормах, унифицированных элементах, ранее выполненных типовых проектах. Второй частью является проект, который содержит сведения об аппаратуре, находящейся в процессе проектирования. Справочник и проект вместе представляют собой архив. К третьей же части относятся массивы переменных, значения которых важны только в процессе совместного решения конкретной задачи проектирования. Справочник называют постоянной частью базы данных, проект — полупеременной частью, а массивы переменных — переменной частью базы данных. В связи с этим существует

несколько способов информационного согласования частей. Основными из них являются два, первый из которых предлагает при создании САПР сначала разработать централизованную базу данных, а затем программное обеспечение. Второй же предлагает построить систему, в которой несколько частных баз данных сопрягаются с помощью специального программного обеспечения. Однако куда более правильным решением является параллельная разработка информационного и программного обеспечения, так как для разработки базы данных необходимы сведения о алгоритмах проектирования, доведенных до машинной реализации, а для разработки пакетов прикладных программ необходимы сведения о структуре базы данных.

Взаимодействие частей информационного обеспечения представлено на рисунке 1. Как видно из рисунка, база данных общается с информационной системой, которая отгорожена от проектных модулей специально организованным интерфейсом, а уже с самими проектными модулями общаются пользователи системы автоматизированного проектирования. В данной иерархии интерфейс играет важную роль, защищая проектные программы модули от влияния специфики программной реализации информационной системы и поддерживая тем самым независимость проектных операций от вида представления информации в базе данных. В функции этого интерфейса входит также согласование и сопряжение информационной системы и проектных модулей по форматам записей (информационный аспект), по кодам и обозначениям данных (содержательный аспект) и по программным средствам (программный аспект) [3].



Рис. 1. Взаимодействие частей информационного обеспечения

Информация, хранимая в базе данных системы автоматизированного проектирования, делится на несколько категорий по различным признакам. По степени изменения информация бывает статической и динамической, по виду представления — документальной, иконографической и фактографической [3], по типу использования — руководящей и справочной, по способу поступления — входной и выходной [7].

Особенностью статической информации является то, что она практически не изменяется. Примером информации, относящейся к данному виду, являются технические задания на проектирование. За создание, загрузку и изменение таких данных отвечает исключительно администратор базы данных [5] (лицо, обеспечивающее необходимую техническую поддержку для реализации ре-

шений, связанных с функционированием базы данных; он определяет концептуальную схему, внутреннюю схему, требования защиты и целостности данных, процедуры резервного копирования и восстановления, взаимодействует с пользователями, управляет производительностью и реагирует на изменяющиеся требования). Причиной этого являются строгие ограничения на выполнение любых действий со статической информацией, поэтому администратору базы данных приходится тесно работать со службой нормализации и стандартизации проектной организации.

Для динамической информации, в отличие от статической, характерны частые изменения. Она включает в себя данные, получаемые во время проектирования, а также результаты проектирования. Несмотря на внесение постоянных изменений в динамическую информацию, до-

ступ к этому процессу имеют лишь конструктор-исполнитель и его руководитель.

Документальная информация представляет собой данные о документах, находящихся в базе данных. Это могут быть сведения о различных объектах проектирования, методиках проектирования и расчетов, а также других материалах, необходимых при работе системы автоматизированного проектирования.

К иконографической информации относится информация, содержащая различные графические изображения (например, фотографии или чертежи). Данная информация хранится на специальных носителях, и обычно ее поиск осуществляется с помощью сопровождающей ее документальной информацией.

Факторная информация включает в себя различные данные, необходимые для проектирования. Это специальные материалы для выполнения расчетов (таблицы, функции, коэффициенты), а также сведения о приспособлениях, ценах, изделиях и тому подобному.

Руководящая информация включает в себя отраслевые стандарты, документацию на процессы, специ-

альные классификаторы, технологические нормативы, производственные инструкции по технике безопасности и промышленной санитарии, особые требования, а также данные о методах управления.

В состав справочной информации входят технологическая документация, схемы планировки производственных участков, описания методов изготовления и ремонта, каталоги, паспорта, справочники и альбомы.

Входную информацию вводят в систему пользователи или загружают из других систем. Это могут быть документы, сообщения или другие данные, необходимые для выполнения функций системы автоматизированного проектирования. Выходная же информация обычно выдается пользователю или передается в другие системы. Стандартным видом выходной информации является технологическая документация.

Таким образом, роль информационного обеспечения в системах автоматизированного проектирования очень велика. Оно составляет основу системы, и благодаря ему выполняется крайне важная задача — предоставление пользователям САПР достоверной информации в определенном виде.

#### *Литература:*

1. Ехлаков, Ю. П. Теоретические основы автоматизированного управления / Ю. П. Ехлаков. — Томск: Издательство Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2001. — 337 с.
2. Меньков, А. В. Теоретические основы автоматизированного управления: учебник для вузов / А. В. Меньков, В. А. Острайковский. — М.: Издательство Оникс, 2005. — 640 с.: ил.
3. Титов, Ю. А. Система автоматизированного проектирования технологических процессов: учебное пособие / Ю. А. Титов, А. Ю. Титов. — Ульяновск: Ульяновский государственный технический университет, 2010. — 123 с.
4. Головицына, М. Автоматизированное проектирование промышленных изделий. // Электронный ресурс. URL: <http://www.intuit.ru/studies/courses/650/506/lecture/11507> (дата обращения: 25.06.2016).
5. Дейт, К. Дж. Введение в системы баз данных, 8-е издание.: Пер. с англ. / К. Дж. Дейт. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. — 1328 с.: ил. — Парал. тит. англ.
6. Норенков, И. П. Основы САПР: электронный учебник. / И. П. Норенков, В. А. Трудоношин, М. Ю. Уваров, Е. В. Федорук. — Электронный ресурс. URL: [http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?prn=y/?doc=140\\_CADedu/CAD.sou](http://bigor.bmstu.ru/?cnt/?prn=y/?doc=140_CADedu/CAD.sou) (дата обращения: 25.06.2016).
7. Силич, А. А. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов: методические указания. / А. А. Силич. — Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет, 2009. — Электронный ресурс. URL: [http://www.life-prog.ru/2\\_72106\\_osnovnie-vidi-informatsii-v-sapr-tp.html](http://www.life-prog.ru/2_72106_osnovnie-vidi-informatsii-v-sapr-tp.html) (дата обращения: 25.06.2016).

# НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

## Разработка каскадного решетного сепаратора для очистки зерна

Доноева Аюна Содномешивна, аспирант;  
 Ямпилов Сэнгэ Самбуевич, доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой;  
 Батуева Сэлмэг Валерьевна, аспирант  
 Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления

Современные существующие технологии и технические средства для послеуборочной обработки зерна не обеспечивают эффективного выделения примесей у основного материала, поэтому необходим универсальный зерноочиститель, позволяющий на первом этапе обработки очистить зерновой материал от всех примесей одновре-

менно и довести большую часть зерна (более 90%) до базисных кондиций.

В настоящее время разработаны следующие каскадные решетные сепараторы.

Каскадный решетный сепаратор, разработанный Ямпиловым С. С. [1].

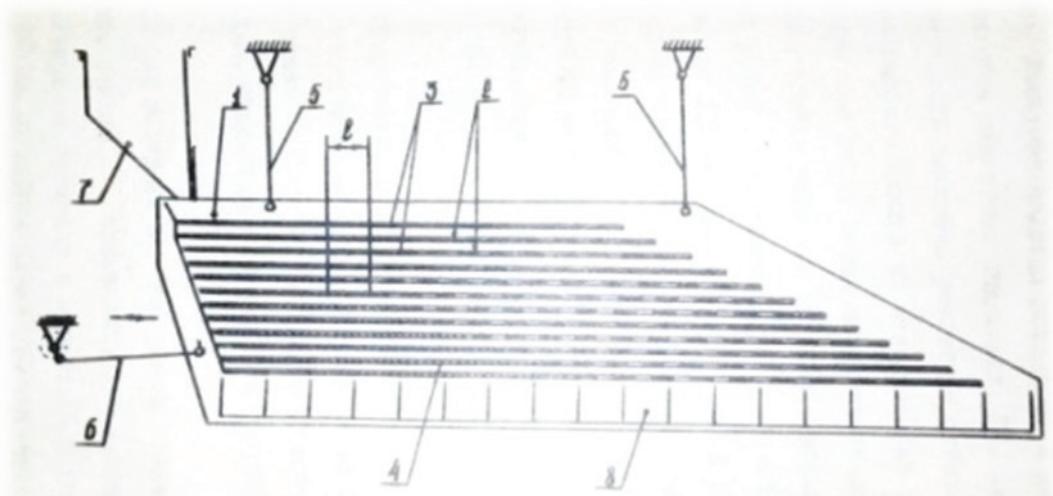


Рис. 1. Каскадный решетный сепаратор: 1 – решетный стан; 2 – планки; 3 – решета; 4 – накопители (решетчатые); 5 – подвески; 6 – механизм привода; 7 – бункер питатель; 8 – пробоотборник

В данном сепараторе установлен каскад однородных решет с «крупными» отверстиями, которые обладают большой пропускной способностью, для выделения длинных и коротких примесей. В нем зерновые смеси разделяются по интенсивности прохода частиц в отверстия решет, обладающих высокой пропускной способностью. Однородные решета с крупными отверстиями могут обеспечить выделение мелких, крупных, длинных и коротких примесей одновременно, что позволяет довести основную часть зерна (до 60–80%) до базисных кондиций. Мелкие частицы, имея большую интенсивность просеивания, быстрее проходят каскад решет и выделяются в начальных участках нижнего решета, а длинные примеси в конце решета. Т. к. вероятность прохода длинных частиц в отвер-

стие меньше, чем мелких, то они задерживаются дольше, чем мелкие и следовательно смещаются от начала решета дальше. Эти смещения от решета к решете накапливаются, обеспечивая тем самым полное разделение.

На рисунке 2 изображен каскадный решетный сепаратор с блоком загрузочных решет, разработанный Дондоковым Ю. Ж. [2].

Каскадный решетный сепаратор с блоком загрузочных решет, состоит из решетного стана с блоком загрузочных решет, под ним установлены три секции решет с малыми, крупными и средними размерами отверстий. Поярусное распределение (на загрузочные решета) исходного материала, при подаче на каскадный решетный сепаратор с оптимальной загрузкой решет, позволяет распреде-

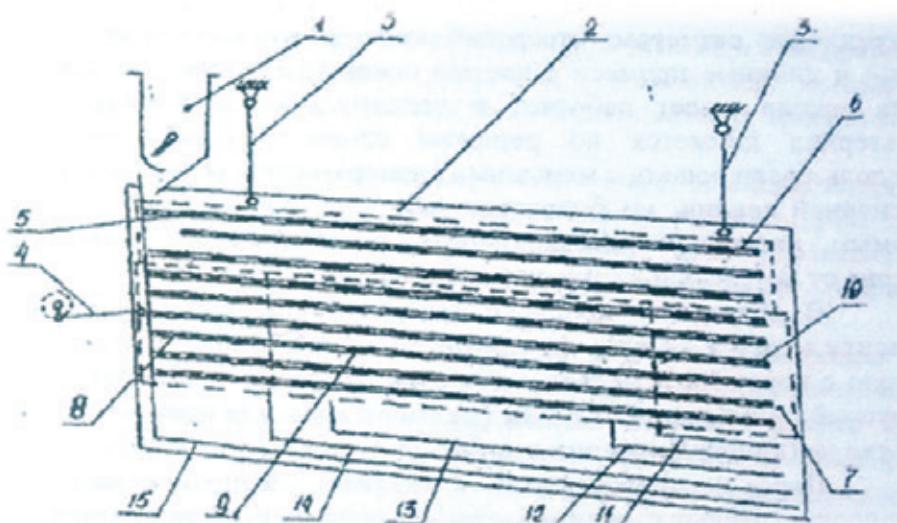


Рис. 2. Каскадный решетный сепаратор с блоком загрузочных решет: 1 – бункер-питатель; 2 – решетный стан; 3 – подвески; 4 – эксцентриковый колебатель; 5 – распределительное решето, 6 – блок загрузочных решет; 7 – секционный блок решет; 8 – секция решет с «малыми» размерами отверстий; 9 – секция решет с «крупными» размерами отверстий; 10 – секция решет со «средними» размерами отверстий; 11 – приемник крупных примесей; 12 – приемник основного зерна и крупных примесей; 13 – приемник основного зерна; 14 – приемник основного зерна с мелкими примесями; 15 – приемник мелких примесей

лить исходный материал слоем определенной толщины. Это интенсифицирует процесс сепарации и позволяет повысить эффективность очистки 1,3–1,5 раза. Секции решет с разными размерами отверстий позволяет увеличить эффективность выделения как мелких, коротких, так и длинных примесей.

На рисунке 3 представлен каскадный решетный сепаратор со ступенчатым зазором, разработан Дондовой Г. Ж. [3].

Принципиальное отличие данного каскадного решетного сепаратора заключается в следующем: устанавливается

ступенчатый зазор между решетами для вывода основного зерна, а для доработки зернового материала с длинными примесями устанавливается секция доработки зернового материала. Использование каскадного решетного сепаратора со ступенчатым зазором позволит, во-первых, существенно увеличить эффективность выделения всех примесей (мелких, коротких и длинных), во-вторых, сократить металлоемкость и габариты сепаратора.

Изучив данный материал, нами был разработан решетный стан зерноочистительной машины, который представлен на рисунке 4.

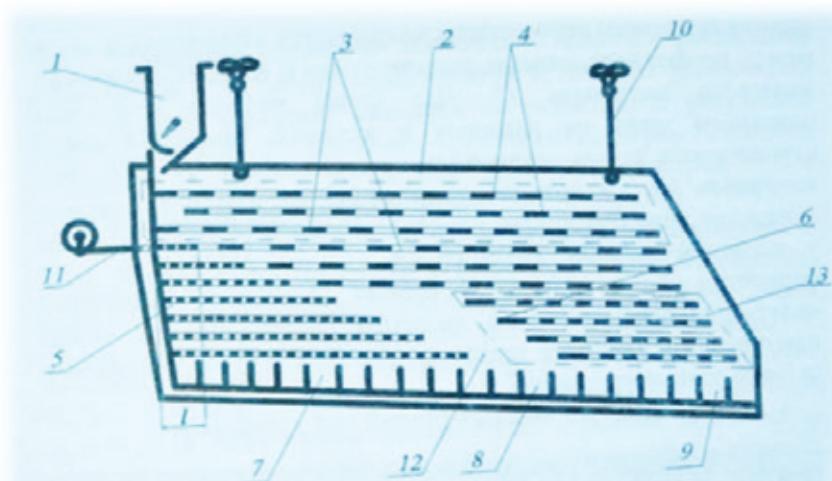


Рис. 3. Каскадный решетный сепаратор со ступенчатым зазором: 1 – питающее устройство; 2 – многоярусный каскад решет; 3 – основные решета; 4 – загрузочные решета; 5 – перфорированные транспортные доски; 6 – сплошные транспортные доски; 7–9 – секции пробоотборника; 10 – подвески; 11 – колебательный механизм

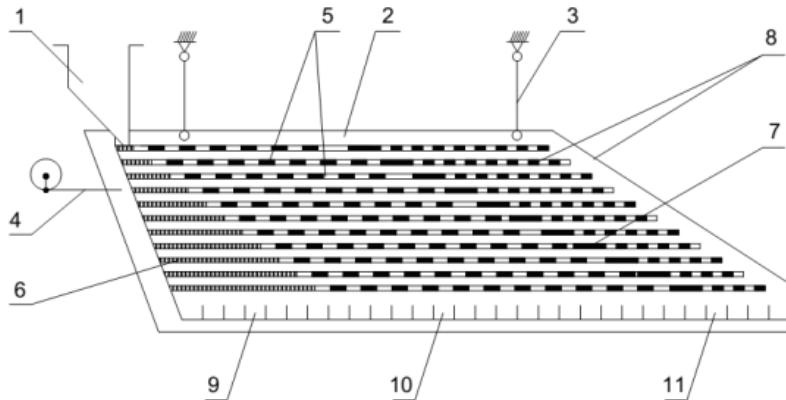


Рис. 4. Решетный стан зерноочистительной машины: 1 – питающее устройство, 2 – решетный стан, 3 – подвески, 4 – колебательный механизм, 5 – каскад основных решет, 6 – перфорированные накопители, После 7 – сплошные накопители, 8 – решета с размерами отверстий меньшими, чем у основных решет и большими, чем у перфорированных, 9–11 – накопителей приемники

Решетный стан работает следующим образом, исходный зерновой материал подается питающим устройством 1 на перфорированные накопители 6. В результате колебаний стана 2 посредством колебательного механизма 4 зерновой материал просеивается через отверстия перфорированных накопителей верхнего решета и попадает на второе решето перфорированного накопителя или на основные решета. Эти частицы просеиваются через каскад перфорированных накопителей 6 и попадают в приемник 9 мелких и коротких примесей. Основное зерно обладает низкой интенсивностью просеивания через перфорированные накопители, они чуть задерживаются до прохода в отверстия перфорированных накопителей, тем самым смещаются ими на основные решета 5, затем просеиваются через каскад основного решета и попадают в приемник 10 чистого зерна. Длинные частицы зернового материала обладают меньшей интенсивностью просеивания через решета, поэтому перемещаются по основным решетам 5 и накапливаются на сплошных накопителях 7 и слоем сходит на следующее решето или на решета 8 с меньшими отверстиями, чем у основных, но большими чем у перфорированных. Наличие слоя зернового материала на решете способствует более интенсив-

ному выделению длинных примесей. С вышерасположенного решета 8 частицы длинных примесей поступают не на нижерасположенное решето 8, а на слой зернового материала, где длинные частицы ориентируются вдоль плоскости решета, вероятность просеивания их уменьшается и повышается эффективность выделения длинных примесей. Пройдя через решета 8, длинные примеси просеиваются в конечных участках нижнего яруса решет, попадая в приемник 11.

Отличительными признаками данного изобретения является то, что на конечных участках основных решет установлены сплошные накопители, которые позволяют образовать слой зернового материала определенной толщины на решетах с размерами отверстий меньшими, чем у основных решет, но большими, чем у перфорированных накопителей, тем самым увеличить эффективность выделения длинных примесей. Так как частицы длинной примеси, пройдя в отверстия основных решет, попадают не на плоскость решета, а на слой зернового материала они ориентируются длинной осью вдоль плоскости решет. Поэтому вероятность их просеивания через решета уменьшается, увеличивая тем самым эффективность выделения длинных примесей.

#### Литература:

1. Ямпилов, С. С. Технологические и технические решения проблемы очистки зерна решетами. — Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. — 165с.
2. Дондоков, Ю. Ж. Обоснование основных параметров секционного решетного сепаратора для очистки зерна с блоком загрузочных решет: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. — Технологии и средства механизации сельского хозяйства / Ю.Ж Дондоков; ВСГТУ. — Улан-Удэ, 2003. — 22с.
3. Дондокова, Г. Ж. Обоснование основных параметров каскадного решетного сепаратора для очистки зерна со ступенчатым зазором: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. — Технологии и средства механизации сельского хозяйства / Г. Ж. Дондокова; ВСГТУ. — Улан-Удэ, 2007. — 23с.

*Научное издание*

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

IV Международная научная конференция  
Санкт-Петербург, июль 2016 г.

Сборник статей

*Материалы печатаются в авторской редакции*

Дизайн обложки: Е.А. Шишкин

Верстка: М.В. Голубцов

«Свое издательство», г. Санкт-Петербург

Подписано в печать 24.07.2016. Формат 60x90 1/8.  
Гарнитура «Литературная». Бумага офсетная.  
Усл. печ. л. 12,28. Уч.-изд. л. 17,09. Тираж 300 экз.

Отпечатано в типографии издательства «Молодой ученый»  
420029, г. Казань, ул. Академика Кирпичникова, д. 25.