



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана  
(национальный исследовательский университет)»  
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

---

ФАКУЛЬТЕТ \_\_\_\_\_ «Информатика и системы управления»  
КАФЕДРА \_\_\_\_\_ «Программное обеспечение ЭВМ и информационные технологии»

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ  
РАБОТЕ  
НА ТЕМУ:**

**«Метод систематического распознавания усталости на  
автоматизированном рабочем месте»**

Студент группы **ИУ7-73Б**

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) **Якуба Д.В.**  
(И.О. Фамилия)

Руководитель ВКР

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) **Строганов Ю.В.**  
(И.О. Фамилия)

Нормоконтролер

\_\_\_\_\_  
(Подпись, дата) **А.С. Кострицкий**  
(И.О. Фамилия)

**2021 г.**

# **РЕФЕРАТ**

Расчетно-пояснительная записка 23 с., 0 рис., 0 табл., X ист., X прил.

Это всё очень хорошо и приятно, но пишется после написания основной части, я надеюсь, потому что на прошлом курсе меня так уже знатно потроллили.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

# СОДЕРЖАНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>ВВЕДЕНИЕ</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1 Аналитический раздел</b>                                       | <b>6</b>  |
| 1.1 Понятие усталости . . . . .                                     | 6         |
| 1.2 Понятие хронической усталости . . . . .                         | 6         |
| 1.3 Стресс . . . . .  | 7         |
| 1.4 Стадии общего адаптационного синдрома . . . . .                 | 8         |
| 1.5 Профессиональный стресс . . . . .                               | 8         |
| 1.6 Источник данных о состоянии пользователя . . . . .              | 10        |
| 1.7 Устройства взаимодействия пользователя АРМ с системой . . . . . | 10        |
| 1.7.1 Клавиатура . . . . .  | 11        |
| 1.7.2 Координатное устройство типа мышь . . . . .                   | 12        |
| 1.7.3 Веб-камера . . . . .  | 14        |
| 1.7.4 Микрофон . . . . .  | 15        |
| <b>2 Конструкторская часть</b>                                      | <b>17</b> |
| <b>3 Технологическая часть</b>                                      | <b>18</b> |
| <b>4 Исследовательская часть</b>                                    | <b>19</b> |
| <b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>   | <b>20</b> |
| <b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>                             | <b>21</b> |
| <b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b>   | <b>23</b> |

# **ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ**

СРУ (система распознавания усталости) - бла-бла-бла взять из статьи.  
АРМ (автоматизированное рабочее место) - бла-бла-бла взять из головы или статьи, но не из википедии пожалуйста можно да.

# ВВЕДЕНИЕ

Сюда опять писать будем только после написания анализа я надеюсь. Обозначим важность всей этой фигни, которая на самом деле окажется никому никогда не нужной.

# 1. Аналитический раздел

Коничива, самураи на некро-сивиках. В данной части происходит малопонятное чего и попытка наказать существование семиколенчатого заваренного чая, как явления диффузов народу при совершенно странных пальмах с ёжиками, но нас это будет касаться много, отчего более подробно Василий кинет это место как-нибудь после завершения помывки моего ржавого осьминога из карбона.

## 1.1 Понятие усталости

*Усталость* — ощущение физической усталости и отсутствия энергии, которое нарушает повседневную физическую и социальную жизнь, не связанное с умственным переутомлением, депрессией, сонливостью, нарушением двигательных функций. Выделяют два феномена: физическую усталость, которая заключается в снижении способности поддержания физической активности, и психическую, которая заключается в уменьшении способности выполнения умственных задач. [1]

Диагностирование усталости у пациента затруднительно в силу отсутствия общепринятой симптоматики и определения синдрома. На момент 2021 года объективных критериев усталости не выделено. Также отсутствуют инструментальные методы оценки усталости. [1]

## 1.2 Понятие хронической усталости

*Синдром хронической усталости (СХУ)* — это инвалидизирующее клиническое состояние, которое характеризуется стойкой усталостью после физических нагрузок, и сопровождающееся симптомами, связанными с когнитивной, иммунологической, эндокринологической и автономной дисфункцией. [2]

Согласно исследованиям Института медицины США, от 836 000 до 2.5 миллионов американцев страдают СХУ. Данный факт приводит к финансовым затратам от 17 до 24 миллиардов долларов в год, а каждая семья — 20 000 долларов. Уровень безработицы среди болеющих составляет от 35% до 69%. [3]

Наличие синдрома у пациента определяется наличием необъяснимой стойкой хронической усталости. К симптомам заболевания относят [2]:

- нарушение памяти или концентрации внимания;

- фарингит;
- болезненные при пальпации шейные или подмышечные лимфоузлы;
- болезненность или скованность мышц;
- болезненность суставов;
- вновь возникающая головная боль или изменение ее характеристик;
- сон, не приносящий ощущения восстановления;
- усугубление усталости, продолжающееся более 24 часов.

Более трёх одновременно диагностируемых симптомов, сохраняющихся в течение более 5 месяцев, определяют наличие СХУ. [2]

### 1.3 Стресс

*Стресс* — это реакция человеческого организма на неблагоприятные воздействия внешней среды, которая носит психофизиологический характер. К подобным неблагоприятным воздействиям можно определить: конфликтные ситуации, потеря близких людей, насилие, несправедливость, ограничение потребностей. [4]

Стрессовая реакция заключается в активации парасимпатического и симпатического отдела вегетативной нервной системы, в следствие чего стимулируется одна из трех психофизиологических осей стресса. [4]

Активация симпатической нервной системы заключается в общем возбуждении внутреннего органа, осуществляющего реагирование на стресс, а активация парасимпатического характера проявляется в виде чрезмерного возбуждения внутреннего органа, сменяющегося на торможение, замедление или нормализацию. Проявление симпатической реакции, в случае разрешения стрессовой ситуации, может смениться парасимпатической заторможенностью, возвращающей органы к нормальному функционированию. [4]

При продолжении течения стрессовой реакции задействуется нейроэндокринный процесс, который активирует все ресурсы организма: выделение в кровь адреналина и норадреналина, выброс гормонов. Данная реакция приводит к большему возбуждению, увеличению сердечного выброса, подъему артериального давления, снижению кровотока к почкам, повышению уровня жирных кислот в плазме и увеличению уровня холестерина. [4]

#### **1.4 Стадии общего адаптационного синдрома**

*Общий адаптационный синдром* — это сочетание стереотипных реакций, возникающих в организме в ответ на действие стрессоров и обеспечивающих ему устойчивость не только к стрессорному агенту, но и по отношению к другим болезнетворным факторам. [5]

Общий адаптационный синдром протекает в три стадии: тревоги, устойчивости и истощения.

Стадия тревоги представляет собой мобилизацию ресурсов организма. Она имеет продолжительность от 6 до 48 часов и включает в себя стадии шока и противошока. Стадия противошока характеризуется мобилизацией основных функциональных систем организма: нервной, симпато-адреналовой, эндокринной и адрено-кортиктропной. [5]

При длительном воздействии стрессора на организм наступает стадия устойчивости (адаптации). На данной стадии организм становится более устойчивым к действию раздражителя и другим патогенным факторам, повышается образование и секреция глюкокортикоидов. Поддерживается состояние гомеостаза в присутствии стрессора. [5]

При длительном воздействии стрессора адаптивные механизмы, участвующие в поддержании резистентности, истощаются, и наступает стадия истощения организма. Данная стадия не является обязательной и стрессовая ситуация может быть окончена до её наступления. Протекание реакции заключается в активизации эндокринной системы и обеднении коры надпочечников. [5]

В стрессовой ситуации важно выявить наступление стадии истощения организма для его дальнейшего плодотворного функционирования. Подобные действия способны позволить корректировать нагрузку на человека, а также эффективно управлять его активностью.

#### **1.5 Профессиональный стресс**

Профессиональный стресс возникает при воздействии на работника эмоционально отрицательных или экстремальных факторов окружающей среды при выполнении профессиональной деятельности. Подобные стрессы влияют на здоровье человека и производительность труда, в особенности на сотрудников организаций, которые работают в условиях систематических рабочих и информационных перегрузок. [6]



Среди причин возникновения профессионального стресса различают следующие организационные факторы в трудовой деятельности человека [6]:

- режим трудовой деятельности (большая рабочая нагрузка, функциональная перегрузка, сроки выполнения);
- нерациональная организация труда и рабочего места (нечеткие ограничения полномочий и обязанностей, неоднозначные требования к выполняемой работе);
- неудовлетворительные условия труда персонала (монотонная работа, отсутствие информационных и материальных ресурсов);
- отсутствие эффективной системы мотивации и стимулирования (недостаточное вознаграждение за труд, риск штрафных санкций противоречие интересов работников и их функциональных обязанностей);
- неэффективный стиль управления,
- отсутствие или недостаток поддержки со стороны начальства;
- неудовлетворительная социально-психологическая атмосфера (неблагоприятный социально-психологический климат в коллективе, отсутствие или недостаток поддержки со стороны коллег, нарушение внутригрупповых норм поведения);
- лишение перспектив карьерного роста, бесперспективность работы.

К последствиям профессионального стресса относят [6]:

- низкую эффективность работы;
- апатичность;
- консерватизм;
- пессимистичность;
- избегание коммуникации на работе;
- физическое истощение, болезненность.

Профилактика профессиональных стрессов может включать в себя [6]:

- рациональное распределение рабочей нагрузки;
- чёткое описание должностных обязанностей, полномочий;
- создание комфортной социально-психологической среды в трудовом коллективе и организации, устранение конфликтов;
- предоставление возможности карьерного роста сотрудников в рам-

ках организации;

- предоставление информации о системе оценки труда и системе мотивации трудовой деятельности, поощрение лучших сотрудников.

Последствия профессиональных стрессов носят как физиологический, так и психологический характер. Предупреждение наступления стадии истощения с использованием информации, поступающей от пользователя, позволит сохранить здоровье и работоспособность трудящихся, а также решить проблему повышения эффективности работы и заболеваемости на высоконагруженных трудовых местах.

### **1.6 Источник данных о состоянии пользователя**

Согласно исследованиям, проведенным Федеральной службой государственной статистики [7], 71.2% от общей численности населения в городской местности используют персональные компьютеры дома, в то время как 33.9% – на рабочих местах.

Подобная статистика предполагает возможность предупреждения состояния усталости по характеристикам, получаемым от внешних устройств АРМ, как на рабочих местах, так и в домашних условиях.

### **1.7 Устройства взаимодействия пользователя АРМ с системой**

*Внешние устройства (периферийные устройства)* — устройства ввода-вывода, распечатки, хранения и передачи информации, связанные функционально с центральным процессором в соответствии со структура ЭВМ (или системы ЭВМ). [8]

К внешним устройствам, которые являются устройствами ввода, то есть органами управления персональным компьютером, относят:

- клавиатуру;
- мышь;
- графический планшет;
- веб-камеру;
- микрофон;
- игровой манипулятор.

Из указанных выше устройств в рассмотрение не войдут:

- графический планшет;
- игровой манипулятор.

Данное решение связано с тем, что использование подобного рода

устройств указывает на особый род работы. В требованиях к разрабатываемой системе указывается возможность её использования для операторов автоматизированных рабочих мест в наиболее распространенных конфигурациях (например, для офиса), поэтому использование в решении поставленной задачи информации, получаемой с графических планшетов и игровых манипуляторов, не является целесообразным.

Согласно проведенным исследованиям [9] признаки голоса, клавиатурного почерка и характера работы исследуемого или контролируемого субъекта с компьютерной мышью содержат информацию о психофизиологических состояниях оператора: нормальное, усталость, опьянение, возбужденное, расслабленное (сонное).

### **1.7.1 Клавиатура**

*Клавиатура* — одно из используемых внешних устройств для взаимодействия пользователя с персональным компьютером.

*Клавиатурный почерк* — это подвид поведенческой подгруппы аутентификации по неотчуждаемым признакам. [10]

Клавиатурный почерк определяется по времени между нажатиями клавиш. При снятии биометрического шаблона клавиатурного почерка измеряют время нажатия двух, трех или четырех последовательных клавиш, сохраняют его и на основе полученных значений строят математические модели для сравнения шаблонов нескольких пользователей. [11]

Для системы входными данными будут два биометрических шаблона — эталонного и кандидата. Результат работы системы — рейтинг доверия к биометрическому шаблону кандидата, который является критерием схожести двух переданных шаблонов.

Различают два вида распознавания клавиатурного почерка: распознавание на статическом тексте (пароль или известная кодовая фраза), распознавание при вводе псевдослучайного текста. [10]

Математическая задача распознавания на фиксированном тексте может быть формализована. Для её выполнения потребуется [10]:

- собрать информацию о времени между нажатиями соседних клавиш в тексте;
- сформировать из полученных данных вектор фиксированной размерности;

- по кластерной модели или другой модели сравнения двух векторов сравнить сформированный вектор и вектор-эталон для этого же текста от этого же пользователя.

Для задачи распознавания клавиатурного почерка при вводе псевдослучайного текста не существует надежных моделей формирования пользовательского шаблона и вычисления рейтинга. Время работы подобных систем не позволяет в реальном времени оценить ситуацию и выдает результат через десятки минут, а память, занимаемая векторами, лишь продолжает расти. [10]

Одним из численных показателей, которые определяют качество биометрической системы, является *ошибка первого рода (FRR, количество ложноотрицательных)* — это вероятность ложного отказа в доступе. Данная ошибка имеет место при возникновении повреждения рук пользователя или ненормального психофизического состояния человека (усталость, алкогольное или наркотическое опьянение, приступ гнева).[10]

*Ошибка второго рода (FAR, количество ложноположительных)* — это вероятность ложного допуска. Данная ошибка имеет место при ситуации, когда заданные возможные отклонения от допустимых значений при распознавании пользователя были заданы неверно, либо же когда нарушитель сумел скопировать метрики поведения пользователя и обойти систему контроля. [10]

Для проектируемой системы важнейшую роль играет ошибка первого рода. Данная ошибка способна позволить распознать состояние усталости оператора в случае единоличного пользования системой.

### **1.7.2 Координатное устройство типа мышь**

Компьютерная мышь используется для взаимодействия с оконным интерфейсом операционной системы и программ.

Особенности работы с мышью можно оценить, анализируя траектории передвижения курсора мыши по экрану между элементами интерфейса и среднее время выполнения передвижения. [9]

Оценка среднего времени перемещения курсора мыши между элементами интерфейса может быть выполнена с использованием адаптированной

для данной задачи формулы (1) закона Фиттса [12]:

$$T = b \cdot \log_2 \left( \frac{D}{W} + 1 \right), \quad (1)$$

где  $b$  — величина, зависящая от типичной скорости движения курсора мыши (отношение средней скорости движения мыши по экрану, осуществляемого субъектом, к установленному в операционной системе коэффициенту чувствительности мыши);  
 $D$  — дистанция перемещения курсора между элементами интерфейса ( в пикселях);  
 $W$  — ширина элемента интерфейса, к которому направляется курсор (в пикселях).

Адаптированный закон Фиттса связывает время, затраченное на движение к цели, с точностью движения и расстоянием до цели. Причем время перемещения курсора не совпадает с оценкой, выраженной в формуле (1), и отличается на некоторую величину, которую используют в качестве идентифицирующего признака. [13]

В качестве признаков могут быть использованы амплитуды первых десяти низкочастотных гармоник функции скорости перемещения курсора мыши по экрану:

$$V_{xy}(t) = \sqrt{((x(t_{i+1}) - x(t_i))^2 + (y(t_{i+1}) - y(t_i))^2)^2}, \quad (2)$$

где  $x, y$  — координаты курсора;  
 $t_i$  —  $i$ -ый момент времени регистрации координат курсора (регистрация координат курсора зависит от производительности компьютера).

Разложение функции (2) производится с помощью быстрого преобразования Фурье, тем самым достигается нормирование участков пути курсора по времени. Каждый участок приводится к длительности в 0.5 секунд, амплитуды нормируются по энергии функции  $V_{xy}(t)$ , вычисляемой в соответствии с формулой:

$$E_s = \int_{-\infty}^{\infty} A^2(\omega) dt, \quad (3)$$

где  $A(\omega)$  — амплитуды гармоники с частотой  $\omega$  функции  $V_{xy}(t)$ .

Операция нормирования приводит траектории перемещений курсора между элементами интерфейса к единому масштабу. Аналогичные операции осуществляются по отношению к функциям координат курсора  $x(t)$  и  $y(t)$  с выполнением предварительного перевода данных функций в систему координат, где точкой начала координат является центр элемента интерфейса, к которому двигался курсор, причём ось абсцисс будет расположена в направлении к центру данного элемента. Данные действия обусловлены необходимостью избавиться от наклона линий, связывающих элементы интерфейса, относительно исходной координатной плоскости. [13]

### 1.7.3 Веб-камера

Основные исследования в области использования видео-изображений для определения опасных состояний усталости проводятся для реализации систем распознавания усталости водителя.

Признаки состояний ослабленного внимания и усталости у водителя характеризуется следующими наблюдаемыми параметрами [14]:

- поворот головы влево/вправо по отношению к туловищу;
- наклон головы вперед относительно туловища;
- продолжительность моргания век;
- частота моргания век;
- степень открытости рта человека (признаки зевоты).

Работа системы строится на использовании технологий машинного обучения и предварительно обученных на наборах данных моделей. Детектирование опасных состояний в поведении повышает точность и полноту определения ослабленного внимания и усталости — накопление, анализ и обработка информации, поступающей в облачный сервис и формирующей историю вождения, приводят к созданию новых моделей поведения того или иного пользователя, вычислять характерные параметры, оказывающие влияние на эффективность работы схем распознавания опасных состояний. Таким образом высчитываются не только пороговые параметры для каждого водителя индивидуально, но и поддерживается надёжность обновляемых параметров

для новых пользователей, чьи параметры пока не известны. [14]

Применение рассматриваемого метода, в комплексе с уже рассмотренными, для определения состояния усталости оператора автоматизированного рабочего места потребует больших вычислительных ресурсов серверной части программного комплекса. Кроме того, со стороны клиента потребуются непрерывное соединение с сетью Интернет, увеличение ресурса оперативной памяти и современная веб-камера с приемлемым качеством фото- и видео-съемки.

#### **1.7.4 Микрофон**

Микрофон позволяет регистрировать аудиопоток, исходящий от пользователя и его окружения.

Исследования показали, что признаки голоса наилучшим образом позволяют распознавать усталость или расслабленное (сонное) состояние диктора. [9]

Симптоматика усталости заключается в проявлениях слабости, раздражительности, расстройствах сна и вегетативных нарушениях. К симптомам раздражительности относят [15]:

- гневливость;
- повышенная возбудимость;
- придирчивость;
- брюзгливость;
- недовольство по любому поводу и без явного повода.

Наиболее полную информацию о внутреннем психоэмоциональном состоянии человека может дать анализ его связной речи [16]:

- расстановка логических ударений;
- скорость произнесения слов;
- конструкция фразы;
- неуверенный или неверный подбор слов;
- обрывание фраз на полуслове;
- изменение слов;
- появление слов-паразитов;
- исчезновение пауз.

Разработки в сфере анализа напряжения голоса тестируются в судебной психологии для выявления лжи и обмана посредством обнаружения мик-

ротратора. Однако целесообразность и надежность использования данного метода до сих пор является предметом дискуссий в силу того, что успех в выявлении лжи зависит от опыта эксперта. Кроме того, было доказано, что невинные люди, чья невинность оспаривается, проявляют не меньше стресса, чем виновные, увеличивая риск появления ложных срабатываний. Данные проблемы в практике привели к тому, что на сегодняшний день данные разработки рассматриваются как многообещающий инструмент обнаружения стресса, однако проблема межиндивидуальных различий пока ещё остаётся нерешённой. [17]

### **Вывод**

bluh-bluh-bluh, только после завершения потребуется написать, очень сильно хочу себе порше макан гтс, чтобы просто намотаться на столб. Выживать не обязательно. Спасибо.



## **2. Конструкторская часть**

### **3. Технологическая часть**

## **4. Исследовательская часть**

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

## Список литературы

1. Т.В. Байдина Т.И. Колесова Б.В. Малинина. Усталость как симптом неврологических заболеваний // Пермский медицинский журнал. 2021. Т. 38, № 2. С. 37–44.
2. Н.В. Пизова А.В. Пизов. Когнитивные нарушения и синдром хронической усталости // Нервные болезни. 2021. № 3. С. 10–16.
3. Committee on the Diagnostic Criteria for Myalgic Encephalomyelitis/Chronic Fatigue Syndrome; Board on the Health of Select Populations; Institute of Medicine // The National Academies Collection: Reports funded by National Institutes of Health. 2015.
4. Долбышев А.В. Нейрофизиологические механизмы стресса // StudNet. 2020. № 7. С. 163–167.
5. Г.В. Порядина. Стресс и патология: учеб. пособие. М.: РГМУ, 2009. с. 23.
6. Деева О.С. Причины профессионального стресса и методы его профилактики // Ученые записки Тамбовского отделения РoСМУ. 2019. Т. 38, № 14. С. 140–146.
7. Информационное общество в Российской Федерации, 2020. Статистический сборник [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/lqv3T0Rk/info-ob2020.pdf> (дата обращения 08.12.2021). 2020.
8. А.М. Прохоров. Большой Российский энциклопедический словарь. Большая рос. энциклопедия, 1998. с. 1450.
9. В.И. Васильев А.Е. Сулавко Р.В. Борисов. Распознавание психофизиологических состояний пользователей на основе скрытого мониторинга действий в компьютерных системах // ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ. 2017. С. 21–37.

10. Е. В. Шкляр Е. Г. Воробьев М. Ф. Савельев. Распознавание клавиатурного почерка в браузере // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. С. 58–63.
11. Axelsson S. The Base-Rate Fallacy and its Implications for the Difficulty of Intrusion Detection. 1999. 12. Р. 1–10.
12. Раскин Д. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. Символ-плюс, 2010. с. 272.
13. Р.В. Борисов Д.Н. Зверев А.Е. Сулавко. Оценка идентификационных возможностей особенностей работы пользователя с компьютерной мышью // Вестник СибАДИ. 2015. С. 106–113.
14. И.Б. Лашков А.М. Кашевник. Определение опасных состояний водителя на основе мобильных видеоизмерений его лицевых характеристик // ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ. 2019. С. 84–96.
15. М.А. Лебедев С.Ю. Палатов Г.В. Ковров. Усталость и ее проявления // Медицинское обозрение. 2014. С. 282–288.
16. В.В. Киселев. Автоматическое определение эмоций по речи // Технологии и практика обучения. 2012. С. 85–89.
17. Voice Stress Analysis: A New Framework for Voice and Effort in Human Performance / Martine Van Puyvelde, Xavier Neyt, Francis McGlone [и др.] // Frontiers in Psychology. 2018. Т. 9, № 14.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**