



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) **(что-то или кто-то)**  
(И.О. Фамилия)

**2021 г.**

# **РЕФЕРАТ**

Расчетно-пояснительная записка 22 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 Устройства взаимодействия пользователя АРМ с системой . . . . .	10
1.6.1 Клавиатура . . . . .	11
1.6.2 Координатное устройство типа мышь . . . . .	12
1.6.3 Веб-камера . . . . .	14
1.6.4 Микрофон . . . . .	15
<b>2 Конструкторская часть</b>	<b>16</b>
<b>3 Технологическая часть</b>	<b>17</b>
<b>4 Исследовательская часть</b>	<b>18</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>19</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>20</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А</b>	<b>22</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

В данной части происходит малопонятное чего и попытка наказать существование семиколечатого 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. По феноменологии выделяют: физическую усталость (снижение способности поддержания физической активности) и психическую (уменьшение способности выполнения умственных задач). [1]

Диагностика усталости затрудняется отсутствием общепринятого определения синдрома, а также субъективностью ощущения. На данный момент объективных критериев усталости, а также инструментальных методов для ее оценки не существует. [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]

Исследования Института медицины США показали, что от 836 000 до 2.5 млн. американцев страдают СХУ, что приводит к ежегодным финансовым затратам в диапазоне от 17 до 24 млрд. долларов в год. Семья индивидуально теряет 20 000 долларов в год. Уровень безработицы среди болеющих составляет от 35% до 69%. [3]

СХУ определяется наличием необъяснимой стойкой и рецидивирующей хронической усталости. К симптомам данного заболевания относят [2]:

- нарушение памяти или концентрации внимания;
- фарингит;
- болезненные при пальпации шейные или подмышечные лимфоуз-

лы;

- 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.

При одновременно присутствующих более трёх вышеперечисленных симптомах, сохраняющихся в течение более 5 месяцев, у наблюдаемого диагностируется 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 каждой ситуации происходит стимулирование одной из трех психофизиологических осей стресса. [4]

Активация симпатической нервной системы проявляется в виде общего возбуждения 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]

В случае увеличения продолжительности стрессового реагирования задействуется нейроэндокринный процесс. Данная реакция активирует все доступные ресурсы организма, подготавливает мышцы к осуществлению активных действий. Эффект включает в себя выделение в кровеносную систему адреналина и норадреналина, усиливающих генерализованную органическую активность, приводящую к его большому возбуждению, выброс гормонов, который приводит к увеличению сердечного выброса, подъему артериального давления, снижения кровотока к почкам, повышению уровня сво-

бодных жирных кислот в плазме и увеличению уровня холестерина в крови. [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, продолжается от 6 до 48 часов и включает в себя стадии шока и противошока. Во время противошока мобилизуются основные функциональные системы организма: нервная, симпато-адреналовая, эндокринная и адрено-кортикотропная. [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. Таким образом организм поддерживает состояние гомеостаза в присутствии стрессора. [5]

Стадия истощения организма наступает при длительном воздействии стрессора, так как адаптивные механизмы, участвующие в поддержании резистентности, исчерпывают себя. Данная стадия не является обязательной и стрессовая ситуация может быть окончена до её наступления. Протекание реакции включает в себя активизацию эндокринной системы, обеднение коры надпочечников секреторными гранулами. [5]

В стрессовой ситуации важно выявить наступление стадии истощения организма для его плодотворного функционирования. Подобная осторожность способна позволить корректировать нагрузку на человека, а также эффективно управлять его активностью.

#### **1.5 Профессиональный стресс**

Профессиональный стресс возникает при воздействии эмоционально-отрицательных или экстремальных факторов окружающей среды при выполнении профессиональной деятельности. Подобные стрессы имеют влияние на здоровье человека и производительность труда. [6]



Профессиональные стрессы влияют на сотрудников организации, которые работают в условиях систематических рабочих и информационных перегрузок.

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.

Таким образом, понятие профессионального стресса может быть расширенно как психическое напряжение, связанное с преодолением несовершенства организационных условий труда, с высокими нагрузками при выполнении профессиональных обязанностей на рабочем месте в конкретной организационной структуре, а также с поиском новых неординарных рабочих решений при форс-мажорных обстоятельствах. [6]

К последствиям профессиональных стрессов относят [6]:

- низкую эффективность на рабочем месте;
- 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 рамках организации;
- предоставление информации о системе оценки труда и системе мотивации трудовой деятельности, поощрение лучших сотрудников.

### **1.6 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 [7] 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).

### **1.6.1 Клавиатура**

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

*Клавиатурный почерк* — это подвид поведенческой подгруппы аутентификации по неотчуждаемым признакам. [9]

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. [10] 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. [9]

Математическая задача распознавания на фиксированном тексте может быть формализована. Для её выполнения потребуется [9]:

- 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 пользо-

вательского 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. [9]

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). [9]

*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. [9]

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

### **1.6.2 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. [7]

Оценка среднего времени перемещения курсора мыши между элементами интерфейса выполняется с использованием адаптированной для данной задачи формулы 1 закона Фиттса [11]. Данный закон связывает время движения к наблюдаемой цели с точностью движения и с расстоянием до наблюдаемой цели. Чем дальше или точнее выполняется движение руки субъекта, тем больше коррекции необходимо для его выполнения, и соответственно, больше времени требуется субъекту для внесения этой коррекции. Фактическое время перемещения не должно совпадать с оценкой, вычисляемой по формуле 1, а должно отличаться на величину  $\Delta T$ , которую используют как

один из идентифицирующих признаков. [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).

Также в качестве признаков предлагается использовать амплитуды первых десяти низкочастотных гармоник функции скорости перемещения курсора мыши по экрану  $V_{xy}(t)$ , вычисляемой по формуле 2 разложение функции 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 3, данная операция осуществляется для того, чтобы привести все траектории перемещений курсора между элементами интерфейса к единому масштабу. Аналогичные операции осуществляются по отношению к функциям координат курсора  $x(t)$  и  $y(t)$ , однако предварительно данные функции переводятся в другую систему координат, где началом координат является центр элемента интерфейса, на который было произведено нажатие, ось абсцисс располагается в направлении центра элемента интерфейса, по отношению к которому производится перемещение курсора. Это необходимо выполнять, чтобы избавиться от наклона линий, связывающих элементы интерфейса, относительно исходной координатной плоскости (то есть зависимости координат от угла наклона). [12]

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

где  $x, y$  — координаты курсора;  
 $t_i$  —  $i$ -ый момент времени регистрации координат курсора (реги-

страция координат курсора зависит от производительности компьютера).

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

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

### 1.6.3 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 [13]:

- 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).

В процессе работы системы происходит накопление и обработка статистических данных от всех водителей. В таком случае технологии машинного обучения и предварительно обученные на наборах данных модели позволяют повысить точность и корректность в распознавании как состояния ослабленного внимания, так и усталости водителя. Детектирование опасных состояний в поведении водителя в онлайн и офлайн режимах позволяет повысить точность и полноту детектирования ослабленного внимания и усталости водителя в кабине транспортного средства: накопление, анализ и обработка информации, поступающей в облачный сервис и, таким образом, формирующей всю историю вождения всех водителей, позволяет создавать новые модели поведения того или иного водителя, проводить эксперименты, вычислять характерные параметры вождения, 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 водителей, параметры которых пока не известны. [13]

Применение рассматриваемого метода, в комплексе с уже рассмотрен-

ными, 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-съёмки.

#### **1.6.4 Микрофон**

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

Исследования [7] показали, что признаки голоса наилучшим образом позволяют распознавать усталость или расслабленное (сонное) состояние диктора.

Согласно статье [14] симптоматика усталости заключается в проявлениях слабости, раздражительности, расстройствах сна и вегетативных нарушениях. К симптомам раздражительности относят:

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

Таким образом, с использованием распознавания агрессии, точность верного распознавания которой составляет порядка 90% [7], поток информации о состоянии оператора может быть дополнен также и голосовыми характеристиками.

В общем, если дальше утвердится такая форма, то опишу методы отсюда вот[15]

#### **Вывод**

Цель данной работы — создание благоприятных условий на рабочих местах. Решение задачи установления зависимости работоспособности и физиологического состояния работника может позволить сохранить здоровье и работоспособность трудящихся, решить проблему повышения эффективности работы, заболеваемости на высоконагруженных трудовых местах и иных вопросов здравоохранения.

## **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 РoCМУ. 2019. Т. 38, № 14. С. 140–146.
7. 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.
8. А.М. Прохоров. Большой Российский энциклопедический словарь. Большая рос. энциклопедия, 1998. с. 1450.
9. Е. В. Шкляр Е. Г. Воробьев М. Ф. Савельев. Распознавание клавиатурного почерка в браузере // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2019. С. 58–63.

10. Axelsson S. The Base-Rate Fallacy and its Implications for the Difficulty of Intrusion Detection. 1999. 12. P. 1–10.
11. Раскин Д. Интерфейс: новые направления в проектировании компьютерных систем. Символ-плюс, 2010. с. 272.
12. Р.В. Борисов Д.Н. Зверев А.Е. Сулавко. Оценка идентификационных возможностей особенностей работы пользователя с компьютерной мышью // Вестник СибАДИ. 2015. С. 106–113.
13. 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.
14. М.А. Лебедев С.Ю. Палатов Г.В. Ковров. Усталость и ее проявления // Медицинское обозрение. 2014. С. 282–288.
15. В.В. Киселев. Автоматическое определение эмоций по речи // Технологии и практика обучения. 2012. С. 85–89.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**