

ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ БДИТЕЛЬНОСТИ МАШИНИСТОВ ЛОКОМОТИВОВ

Т.В. Волчек

*Канд. техн.наук, доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог»,
КрИЖТ ИрГУПС, г. Красноярск*

В.С. Томилов

*Канд. техн.наук, доцент кафедры «Эксплуатация железных дорог»,
КрИЖТ ИрГУПС, г. Красноярск*

***Аннотация.** В статье рассмотрены существующие отечественные и зарубежные системы контроля за бдительностью машинистов локомотива, выявлены их достоинства и недостатки. Представлена новая система диагностики здоровья и контроля бдительности машинистов локомотива на основе электронных датчиков, позволяющих контролировать физиологические показатели человека, на основании которых определены условия потери работоспособности. Разработан лабораторный образец предлагаемого технического решения.*

***Ключевые слова:** безопасность, локомотив, машинист, контроль за бдительностью*

Одним из основных видов транспорта в России является железнодорожный транспорт, который обеспечивает более 60 % грузов и 40 % пассажиропотока страны. От качества работы машиниста локомотива напрямую зависит эффективность перевозок. В связи с тем, что в пути следования на локомотивную бригаду воздействует огромное количество негативных факторов, на железнодорожном транспорте применяются устройства безопасности, которые обеспечивают контроль за бдительностью машиниста.

После случившейся катастрофы на станции Користовка Одесской дороги в 1986 году, когда столкнулись два электровоза ЧС4 с пассажирскими поездами по причине засыпания помощника машиниста, которому машинист передал управление локомотивом, принято решение применять устройство контроля бдительности машиниста (УКБМ). Данный прибор разработан на основе устройства бдительности, разработанного машинистом-радиолюбителем Рема Лобовкиным. Контроль бодрствования машиниста проверялся за счет реагирования на световой сигнал, срабатывающий через определённые промежутки времени. Интервалы между проверками были следующими: при

желтом, желто-красном, красном и одновременно горящим белом и желто-красным огнями локомотивного светофора 20 – 30 секунд; при белом огне – 70-90 секунд; при зеленом – 90 – 120 секунд [1].

Подтверждает машинист своё бодрствование с помощью нажатия на рукоятку бдительности (РБ). В случае не подтверждения, происходит экстренное торможение. Недостатком данного устройства является то, что через мерные проверки бдительности машиниста отвлекали его от прямых обязанностей, что оказывало психологическое давление.

На маневровых тепловозах при управлении в одно лицо более 25 лет применялась система Р1117Ин, по-другому ее называют «педаля мёртвого машиниста» [2]. Принцип действия данной системы заключался в следующем: машинисту во время эксплуатации локомотива необходимо постоянно нажимать на педаль, установленную в кабине управления и удерживать ее в зажатом положении. При проверке работоспособности в кабине издавался звуковой сигнал, машинисту необходимо на несколько секунд отпустить педаль и зажать ее снова. Данное устройство имеет такие недостатки, как:

- необходимость в течение долгого времени оставаться в одном положении, что вызывает дополнительную нагрузку на машиниста;
- вероятность необоснованного срабатывания автостопного торможения из-за несовершенства конструкции.

За рубежом устройства контроля работоспособности машиниста появились чуть раньше, еще в 30-е годы 20 века на американских локомотивах в кабине размещался специальный рычаг, который при эксплуатации машинист должен был сжимать рукой. При отпускании рычага в локомотиве срабатывала сирена. В связи с неудобствами в процессе эксплуатации данным устройством были крайне недовольны, поэтому его заменили на более совершенные аналоги, имеющие абсолютно другой принцип работы [3].

Например, в настоящее время в Британии используется AWS (автоматическая система оповещения). Принцип работы данного устройства следующий, перед каждым светофором или предупреждающим знаком на расстоянии примерно 180 метров установлен магнит, при проезде которого в кабине машиниста образуется звуковой сигнал, в следствии чего машинисту необходимо в течении 2-3 секунд ответить нажатием кнопки подтверждения, если этого не сделать произойдет экстренное торможение.

Также в Британии применяется система DSD, которая через определенные интервалы времени (60 секунд) проверяет бдительность машиниста. Для

подтверждения работоспособности ему необходимо нажать на педаль и ее отпустить, если этого не сделать, произойдет экстренное торможение.

Во Франции и Бельгии используется система контроля работоспособности машиниста «Крокодил», принцип работы которой аналогичен AWS.

В связи с имеющимися недостатками применяемых систем контроля бдительности машинистов в 1994 году компанией ЗАО «НЕЙРОКОМ» разработана телемеханическая система контроля бодрствования машиниста (ТСКБМ), которая эксплуатируется по настоящее время. Работа данной системы основана на измерении кожно-гальванической реакции (КГР) человека за счет браслета, который одет на запястье руки [2-5, 7, 8].

Алгоритм работы ТСКБМ следующий: при условии, когда интервалы КГР станут больше 60 секунд, загорается предварительная сигнализация, тогда машинисту необходимо подтвердить свою работоспособность за 8 секунд нажатием на РБ. В противном случае загорается индикатор красного цвета и раздается свисток ЭПК, дается 5 секунд на подтверждение своей работоспособности, если этого не произошло, происходит экстренное торможение локомотива [5].

Данная система имеет множество недостатков, таких как:

- физиологические показатели людей индивидуальны, поэтому зачастую у части машинистов, которые находятся в работоспособном (не дремотном) состоянии происходят внезапные необоснованные проверки бодрствования, которые отвлекают работника;

- при высоких температурах в кабине машиниста локомотива, особенно в летний период, меняется проводимость между контактами браслета ТСКБМ, в следствии образования потоотделения;

- возможность обходить машинистом электровоза ношение браслета [5, 6].

Также существует система контроля бодрствования машиниста «Штурман», которая предназначена для контроля физического состояния машинистов, еще с 2012 года она проходила опытные испытания в Санкт-Петербургском метрополитене. Работа данной системы основана на измерении пульса, давления и других показателей человека с помощью специальной гарнитуры, которая одевается на ушную раковину, далее вся информация передается на терминал оперативного мониторинга депо через бортовой компьютер и антенный блок. При возникновении сонливости у машиниста, в кабине раздается звуковой сигнал, а также по радиосвязи оператор дает ему предупреждение. Данная система с 2015 года принята в эксплуатацию и применяется в метрополитене [4].

Недостатком данной системы является то, что для каждого машиниста необходимо индивидуально разрабатывать гарнитуру для ушной раковины. При обнаружении потери бдительности машиниста, данная система не воздействует на тормозную систему локомотива, а только выносятся предупреждение оператором, если же человек не подтвердил свою работоспособность, машинист заменяется, что не всегда возможно в грузовом и пассажирском движении дальнего следования.

В настоящее время с помощью развития электронных и цифровых компонентов существует множество параметров, по которым возможно определить уровень бодрствования человека. И уже сегодня некоторые технологии успешно применяются в автомобильном транспорте [7, 8].

Уровень бодрствования человека, кроме как за счет измерения кожно-гальванической реакции кожи, возможно определить: измерением пульса [8]; наблюдением за открытыми глазами, веками и морганием [6]; наблюдением за динамикой движения человека.

Проанализировав все существующие способы определения бодрствования человека, выявив их достоинства и недостатки разработана система диагностики здоровья и контроля бдительности машинистов на основе определения двух параметров: частоты сердечного ритма (ЧСР) и движения рукой. На рисунке 1 представлена функциональная схема предлагаемой системы.

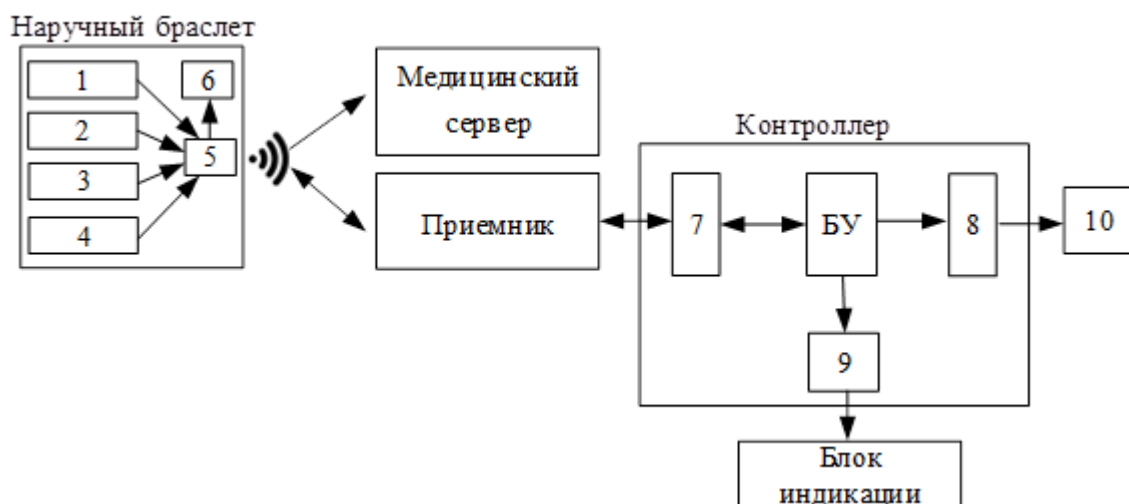


Рисунок 1 – Функциональная схема работы предлагаемой системы

Предлагаемая система включает в себя наручный браслет, оснащенный гироскопом 1, акселерометром 2, пульсометром 3, датчиком температуры 4 и передатчиком 5, который передает данные о пульсе и температуре тела на медицинский сервер предрейсового осмотра локомотивных бригад и приемник, установленный в кабине машиниста, а также вибродатчиком 6, воздействующим

на машиниста при потере бдительности. Приемник системы принимает радиосигналы с наручного браслета и передает их на блок управления контроллера через интерфейс 7 для обработки сигналов и определения уровня бодрствования. При обнаружении БУ условия потери бдительности машиниста подается сигнал на блок 8, который преобразует цифровой сигнал в напряжение, необходимое для управления тормозами локомотива за счет его подключения к необходимым цепям управления локомотива с помощью выходных клемм 10. Кроме того, БУ через интерфейс 9 передает сигналы на индикаторную панель, которая при потере бдительности машиниста активирует световые индикаторы на панели управления локомотивом и издаёт звуковой сигнал в кабине.

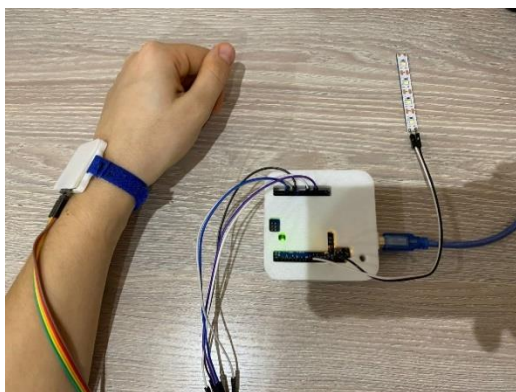
Таким образом, условие бодрствования следующее:

– уровень бодрствования = 100 %, если $ЧСР1 - ЧСР2 < 15$ уд/мин и $Dt \times N > 0$, где ЧСР1 – частота сердечного ритма в настоящее время; ЧСР2 – частота сердечного ритма 5 минут назад; Dt – временной интервал равный 30 секундам; N – количество движений рукой;

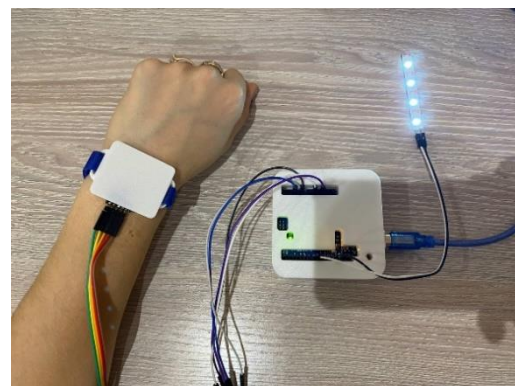
– уровень бодрствования = 0 %, если $ЧСР1 - ЧСР2 \geq 15$ уд/мин и $Dt \times N = 0$.

Для подтверждения предлагаемого технического решения разработан лабораторный образец предлагаемой системы контроля бдительности водителя и испытан в лабораторных условиях (имитированы условия потери бдительности за счет физической активности и резкого ее прекращения). На рисунке 2а представлена разработанная лабораторная система контроля бдительности при условии, когда человек бодр световой сигнал отсутствует. Когда в течение 30 секунд отсутствует движение рукой и наблюдается резкое снижение частоты сердечного ритма с блока управления подается управляющий сигнал на световую индикацию, рисунок 2. Тот же самый управляющий сигнал планируется подавать для управления тормозами транспортного средства.

а)



б)



а) условие бодрствования выполняется; б) потеря бдительности

Рисунок 2 – Лабораторная система контроля бдительности машиниста

За счет того, что уровень бодрствования определяется сразу по двум параметрам, то предлагаемая система позволит снизить психологическое давление на машинистов, так как ложные срабатывания существующей системы контроля бдительности ТСКБМ исключатся.

Так как с носимой части измеренные физиологические параметры (пульс и температура тела) будут передаваться на медицинский сервер пункта предрейсового осмотра машинистов, то возможно сократится время на осмотр локомотивных бригад перед поездкой, а также появится возможность выявить сердечно-сосудистые заболевания машинистов на ранних стадиях за счет регулярного мониторинга пульса.

Список использованной литературы

1. Андрончев, И.К. Анализ адаптированности широко распространенных и новых локомотивных приборов безопасности (АЛСН, УКБМ, л-116, л-116у, ТСКБМ, МАЛС, СПОМ) к маневровой работе на железнодорожных путях общего и необщего // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – № 4(52). – С. 18-21. ISSN: 1997-0722

2. Жму педаль, следовательно, - существую! // Гудок URL: <https://gudok.ru/zdr/174/?ID=1377211> (дата обращения: 13.02.25).

3. Понамарев, Н. В. Автоматизированная система контроля функционального состояния водителя транспортного средства // Транспорт Российской Федерации. – 2010. – № 2(27). – С. 22-23.

4. Интеллектуальная система контроля бдительности и действий машиниста / А. А. Володин, А. Н. Сычугуов, Д. И. Урасинов [и др.] // Бюллетень результатов научных исследований. – 2024. – № 2. – С. 86-99. – DOI 10.20295/2223-9987-2024-02-86-99.

5. Волчек, Т. В. Разработка системы диагностики здоровья и контроля бдительности машиниста локомотива // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2022. – № 4(88). – С. 209-216. DOI 10.46973/0201-727X_2022_4_209

6. Чуйко, А.Д. Совершенствование системы ТСКБМ для электровозов переменного тока // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2019. – Т. 2. – С. 240-242.

7. Рейн, А.Р., Басков, В. Н. Анализ показателей, характеризующих состояние водителя // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2015. – Т. 35. – С. 176–180. – URL: <http://e-koncept.ru/2015/95591.htm>.

8. Алпатов, А.В. Система поддержки водителя на основе анализа пульса и параметров движения транспортного средства // Медицинская техника. – 2015. – № 2(290). – С. 29-34.