

DOI: 10.25629/HC.2026.07.13

УДК: 159.944+ 613.6

ВАК: 5.3.3. Психология труда, инженерная психология, когнитивная эргономика
5.3.2. Психофизиология

Рыбников Олег Николаевич, доктор медицинских наук, профессор, Академия «РЖД-Медицина», Москва, Российская Федерация; ORCID: 0009-0005-2264-6157, olegrybnikov@mail.ru

Костенко Наталья Алексеевна, кандидат медицинских наук, доцент, ОАО «Российские железные дороги», Москва, Российская Федерация; ORCID: 0000-0003-2883-7841

Мадьянова Виктория Вячеславовна, доктор медицинских наук, доцент, Академия «РЖД-Медицина», Москва, Российская Федерация; ORCID: 0000-0003-2328-2939

Енина Елена Сергеевна, ОАО «Российские железные дороги», Москва, Российская Федерация; ORCID: 0009-0002-2300-2554

Афанасин Павел Александрович, ОАО «Российские железные дороги», Москва, Российская Федерация; ORCID: 0009-0000-9500-5207

Формирование портрета машиниста как комплексная мера обеспечения безопасности движения поездов по человеческому фактору

Аннотация

В статье обосновывается положение о том, что повышение безопасности движения по «человеческому фактору» на железнодорожном транспорте может быть достигнуто за счёт формирования и активного использования так называемого портрета машиниста (далее – ПМ). ПМ – это совокупность медико-психологических данных, полученных при плановых и внеочередных обследованиях машиниста и имеющих соответствующую визуальную презентацию на электронных носителях информации (планшете, персональном компьютере, смартфоне). Использование ПМ позволяет прогнозировать и предотвращать неблагоприятные события, которые условно можно разделить на: I. Быстрые эффекты (время наступления события может ограничиваться продолжительностью одной смены): внезапная смерть (прежде всего, в поездке) и острые расстройства сердечно-сосудистой системы (инфаркты, инсульты); снижение функциональной надежности РЛБ. II Медленные эффекты (эффект может формироваться в течение месяцев и даже лет): развитие соматической патологии (в том числе профессиональных заболеваний). Этот подход начал реализовываться в рамках функционирования корпоративной автоматизированной системы «Доверенная среда», которая обеспечивает интеграцию технико-организационных факторов безопасности движения и результатов комплексного медико-психологического обследования работников. В статье сформулированы принципиальные требования, реализация которых позволит на основе большого массива данных о машинисте создать эффективный инструмент постоянного контроля его состояния.

Ключевые слова

портрет машиниста, безопасность движения поездов, железнодорожный транспорт, предрейсовый медицинский осмотр, психологическое тестирование, профессионально важные качества

Rybnikov O.N., Doctor of Medical Sciences, Professor, Russian Railways Academy of Medicine, Moscow, Russia; ORCID: 0009-0005-2264-6157

Kostenko N.A., Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Russian Railways; Moscow, Russia; ORCID: 0000-0003-2883-7841

Madyanova V.V., Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Russian Railways Academy of Medicine, Moscow, Russia; ORCID: 0000-0003-2328-2939

Enina E.S., Russian Railways; Moscow, Russia; ORCID: 0009-0002-2300-2554

Afanasin P.A., Russian Railways; Moscow, Russia; ORCID: 0009-0000-9500-5207

Formation of the Locomotive Driver Profile as a Comprehensive Measure to Ensure Railway Traffic Safety by Human Factors

Abstract

The article substantiates the proposition that improving traffic safety in railway transport by human-factor risks can be achieved by developing and actively utilizing the so-called locomotive driver profile (hereinafter referred to as the LDP). The LDP is a set of medical and psychological data obtained during scheduled and unscheduled examinations of a locomotive driver and presented visually on electronic information devices (tablet, personal computer, smartphone). The use of the LDP allows to predict and prevent adverse events, which may be conventionally divided into the following categories: I. Rapid effects (time of onset may be limited to the duration of a single work shift): sudden death (primarily during the route), acute cardiovascular disorders (heart attacks, strokes) as well as a decrease in the functional reliability of locomotive crew workers. II. Slow effects (developing over months or even years): progression of somatic disorders, including occupational diseases. This approach has begun to be implemented within the framework of the corporate automated system «Trusted Environment», which integrates technical and organizational factors of traffic safety and the results of comprehensive medical and psychological examinations of employees. The article formulates fundamental requirements, the implementation of which will allow to create an effective tool for continuous monitoring of the locomotive driver's condition based on a large dataset.

Keywords

Locomotive Driver Profile, railway traffic safety, railway transport, pre-route medical examination, psychological testing, professionally important qualities

Введение

Состояние безопасности движения поездов по человеческому фактору

Последние события в мире ярко продемонстрировали уязвимость морских перевозок. На этом фоне железнодорожный транспорт остается надежным и стабильным инструментом решения комплекса логистических задач современной экономики страны. Но и в этой отрасли актуальны проблемы ограниченной пропускной способности инфраструктуры, а также дефицита кадров, о чем указано в «Концепции научно-технологического развития транспортного комплекса Российской Федерации на период до 2035 года» [1]. Соответственно, на работаю-

щий персонал ложится дополнительная нагрузка, которая нередко становится причиной развития состояния утомления. Необходимо отметить, что дефицит кадров, переработки, утомление характерны для железнодорожной отрасли многих стран, что неблагоприятно отражается на показателях безопасности движения поездов. Так, по данным расследования Федерального управления железных дорог США (Federal Railroad Administration, FRA), в авариях, произошедших по вине машинистов, доля случаев, связанных с усталостью, составляет 30–40 % [2,3]. По данным Отдела по расследованию железнодорожных происшествий (Rail Accidents Investigation Branch, RAIB), 21% аварий с участием поездов был вызван усталостью машинистов, например, сход с рельсов грузового поезда в Мелтон-Моубрей (Melton Mowbray) в 2006 году и столкновение грузовых поездов в Ли-он-Си (Leigh-on-Sea) в 2008 году. Чанг и Джу представили статистику по аварийности пассажирских и грузовых поездов в зависимости от суммарного времени вождения на Тайване за период с 1996 по 2006 год. Они отметили, что риск аварий возрастает с увеличением времени вождения, а после 4 часов непрерывного вождения риск удваивается. Из-за растущей напряженности и перегруженности машинисты чаще проезжают на красный свет (a signal is passed at danger – SPAD). Прямая и однозначная связь состояния машиниста и безопасности движения поездов стимулирует исследования и разработки, направленные на контроль состояния машинистов и профилактику их неблагоприятных изменений [4].

Все методы оценки состояния машиниста условно можно разделить на субъективные (опросники) и динамические. Среди субъективных используется опросник Самочувствие, Активность, Настроение (CAH), Каролинская шкала сонливости (Karolinska Sleepiness Scale, KSS), Стэнфордская шкала сонливости (Stanford Sleepiness Scale – SSS) и визуальная аналоговая шкала для оценки степени усталости (VAS-F) [5].

Динамические показатели, регистрируемые в режиме реального времени непосредственно в процессе движения, могут дать наиболее точную и надежную информацию об актуальном состоянии человека-оператора. Главной проблемой является надежность используемых методов (которые далеки от 100%) и минимизация помех в производственной деятельности оператора (водителя транспортного средства), вызываемых устройствами регистрации физиологических параметров машиниста. Все применяемые в настоящее время методы и подходы можно объединить в следующие группы [6]:

1. Регистрация движения глаз. Движения глаз отражают произвольное внимание и состояние человека. Наиболее информативными индикаторами усталости и сонливости являются: средняя скорость закрытия глаз, PERCLOS (Percentage of Eye Closure – процент времени, в течение которого человек закрывает глаза), направление взора (айтрекеры). Для регистрации может использоваться система инфракрасной подсветки.

2. Регистрация ЭКГ (в том числе вариабельность сердечного ритма (BCP) являются полезными физиологическими показателями, позволяющими отличить бодрствование от сонливости. Ритмограмма отражает когнитивную нагрузку. Реализация возможна посредством датчика на рулевом колесе (контроллере машиниста) либо браслета.

3. Регистрация движения: головы и положения тела, в том числе запястья. «Кивки» головы, зевота характерны для состояния засыпания. Регистрируется современными системами контроля (камерами), в том числе 3Д. Неподвижность запястья позволяет определить сон продолжительностью более 5 минут, разработано устройство для определения бодрствования на основе неподвижности запястья (так называемая актиграфия).

4. Регистрация мимики. Анализ мимики водителей, испытывающих фрустрацию, показал, что мышцы в области рта (например, те, что отвечают за сжатие и вытягивание губ) были более активны, когда участники испытывали отрицательные эмоции (в том числе гнев и негодование по поводу «неадекватного» поведения участников дорожного движения), по сравнению с нейтральным эмоциональным состоянием. Негативные эмоции являются основой принятия ошибочных решений на транспорте (при этом использовался метод функциональной спектроскопии ближнего инфракрасного диапазона).

5. Регистрация кожно-гальванической реакции (используется в настоящее на железных дорогах России, в частности, в телеметрической системе контроля бодрствования машиниста – ТСКБМ).

6. Регистрация электроэнцефалографии. ЭЭГ позволяет выявлять преходящие изменения, вызванные релевантными стимулами. Информативными признаны связанные с событиями потенциалы и характеристики частотно-временного анализа. В этом случае исследователи сталкиваются с наибольшими сложностями регистрации.

7. Регистрация параметров речевого обмена. Применяется преимущественно для контроля соблюдения регламента переговоров. Особенность этого подхода состоит в высокой индивидуальной вариабельности показателей неблагоприятного состояния машиниста, что несколько затрудняет его использование для оперативной оценки эмоционального состояния машиниста.

Основная часть перечисленных устройств и методов оценки и контроля текущего психофизиологического состояния машинистов в процессе выполнения поездки имеет статус экспериментальных, их внедрение сопряжено с существенными материальными затратами, а достижение максимально надежного уровня выявления неблагоприятных состояний машиниста в режиме онлайн, как подчеркивают исследователи, возможно только при комплексном использовании перечисленных параметров.

Альтернативой стремлению осуществлять оперативный контроль (здесь и сейчас) состояния машиниста является риск-ориентированный подход, основанный на оценке вероятности наступления неблагоприятного события. Его использование в исследованиях ключевых проблем обеспечения безопасности движения на транспорте по «человеческому фактору» представляет широкие возможности анализа комплекса показателей состояния машиниста, свидетельствующих о его резервных возможностях и позволяющих прогнозировать снижение уровня функциональной надежности [7].

Помимо оперативного контроля состояния для практиков большой интерес представляют отсроченные эффекты, определяющие профессиональное долголетие машинистов, ибо ранняя инвалидизация, развитие профессиональной патологии крайне неблагоприятно отражаются на кадровом составе отрасли, вымывая из неё опытных, знающих машинистов, усугубляя дефицит работников.

Этот вопрос тем более актуален, что для решения проблемы дефицита кадров в России принято решение о расширении возможностей продолжения работы в должностях, связанных с движением транспортных средств и маневровой работы, лиц с парциальной недостаточностью здоровья, выявленной при проведении обязательных периодических медицинских осмотров. Новый Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации (от 6 мая 2024 г. N 226н) «Об утверждении перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ, непосредственно связанных с движением поездов и маневровой работой» предусматривает широкое применение индивидуального подхода при принятии экспертных решений в вопросах дальнейшего продолжения работы лиц, у которых выявлены те или иные проблемы в состоянии здоровья» [8].

Однако проблемой является то обстоятельство, что специалисты (медики, психологи, инженеры по охране труда), обладая значительными объемами информации о работающем контингенте, не имеют интегральных индикаторов, позволяющих строить надежные прогнозные модели поведения работника в процессе выполнения профессиональных обязанностей и состояния машиниста в отдаленной перспективе.

Цель статьи – обосновать целесообразность формирования и активного использования портрета машиниста (далее – ПМ) в интересах сохранения здоровья работника и поддержания его функциональной надежности, разработать технологию интеграции медицинских, психологических и производственных показателей, определить пути дальнейшего развития идеологии ПМ. ПМ – это совокупность медико-психологических данных, полученных при плановых и внеочередных обследованиях работника и имеющих соответствующую визуальную презентацию на электронных носителях информации (планшете, персональном компьютере, смартфоне). Прообразом ПМ является идеология так называемых дашбордов (от англ. dashboard –

«приборная панель»), то есть электронных устройств, которые собирают и визуально отображают ключевые показатели анализируемых процессов в режиме онлайн. Традиционно дашборды используются в бизнес-процессах (оценка динамики продаж, посещения сайтов, выручки и проч.) для сбора, обобщения и анализа информации в реальном масштабе времени или с минимальной дискретностью (задержкой во времени), что обеспечивает целевую селекцию информации и высокую степень оперативности в управлении этими процессами. Современные возможности медицинских информационных систем позволяют оперативно и полно обеспечивать загрузку в базу данных актуальной информации, получаемой в результате проведения всех видов медицинского и психологического контроля РЛБ. Задача сводится к структурированию и представлению этой информации.

Материалы и методы

Материалом для исследования стали комплексы медицинских, психофизиологических и производственных показателей, регистрируемых у работников локомотивных бригад (далее – РЛБ) в процессе их профессиональной деятельности.

В ходе работы была проведена селекция наиболее информативных медико-психологических и производственных индикаторов и осуществлена разработки математического аппарата их интеграции и анализа. Впоследствии проведена промежуточная оценка эффективности предложенных моделей и алгоритмов реагирования в ситуациях прогноза снижения функциональной надежности РЛБ. Кроме того, намечены пути дальнейшего совершенствования системы прогноза на основе включения в математический аппарат ПМ новых показателей.

К наиболее информативным медицинским показателям отнесены: заболеваемость с временной утратой трудоспособности; количество отстранений от рейса, показатели профессиональной пригодности по заключению врачебно-экспертной комиссии; показатели индексов напряжения по итогам предрейсового медицинского осмотра, отнесение работника к группе риска по употреблению алкоголя и наркотических веществ.

Психофизиологические показатели, включенные в анализ: группа профессионального психологического отбора, уровень функционального состояния.

Производственные показатели: проезд запрещающего сигнала светофора, сход вагонов (тележек), серьезные замечания инструкторского состава в ходе проверочных поездок, поездки с выключенными приборами безопасности.

Перечисленные три группы показателей являлись основой для формирования математической модели прогноза на основе их интеграции. В качестве «выходных» параметров выступали:

I. Быстрые эффекты: внезапная смерть (прежде всего, в поездке) и острые расстройства сердечно-сосудистой системы (инфаркты, инсульты); снижение функциональной надежности РЛБ. Время наступления события может ограничиваться продолжительностью одной смены (Рисунок 1).

II Медленные эффекты: развитие соматической патологии (в том числе профессиональных заболеваний). Эффект может формироваться в течение месяцев и даже лет.

В ходе работы разработана математическая программа, позволяющая формировать персональную модель риск-прогноза для отдельно взятого работника [9]. Алгоритм реализует линейную модель свёртки показателей (индикаторов) с использованием взвешенных сумм по каждой группе факторов [10]:

$$R_{\text{гп}} = \sum_{j=1}^n v_j F_j K_j$$

где F_j – показатели из каждой группы факторов, v_j – соответствующие веса групп факторов, K_j – коэффициент учёта условий, n – число факторов, включённых в конкретную группу.



Рисунок 1 – Принципиальная блок-схема формирования портрета машиниста

На втором этапе работы были определены регионы, на которых проходила апробация идеологии ПМ и его практическая реализация. ПМ встроен в действующую цифровую модель расчёта вероятности совершения машинистом грубых нарушений безопасности движения поездов (далее – БДП) в непрерывном режиме. Система (так называемая Автоматизированная система «Доверенная среда локомотивного комплекса» (далее – АС ДС) обрабатывает данные всех автоматизированных контуров управления и выявляет риски нарушений БДП на основе анализа больших массивов технологических (в том числе медико-психологических) данных. Она демонстрирует, что алгоритмы, обрабатывающие непрерывный поток информации и находящие скрытые закономерности, способны надёжно предсказывать критические ситуации. Интеграция технико-организационных факторов безопасности движения и результатов комплексного медико-психологического анализа позволила сформировать прогностически надёжный цифровой ПМ, что существенно повысило точность модели расчёта вероятности совершения им грубых нарушений и развития внезапных состояний. Таким образом, практическая польза существующей цифровой системы АС ДС выступает надёжным основанием для внедрения

ПМ, объединяющего медицинские, психологические и производственные показатели в единый контур обеспечения безопасности движения.

Использование ПМ позволяло оперативно принимать решения, так как он был встроен в систему медико-психологического обеспечения РЛБ. В режиме реального времени медицинский работник (как правило, это цеховой терапевт) мог видеть паспорт конкретного машиниста или помощника. Текущее состояние и прогноз кодировался привычной для всех цветовой гаммой (красный, желтый, зеленый). В случае попадания конкретного машиниста в «красную» зону по нему принимались соответствующие решения. Как правило, следовало направление к психофизиологу для прохождения реабилитационных и коррекционных мероприятий.

Результаты и обсуждение

В результате проведения с 2022 года пилотного проекта с применением алгоритма ПМ, основанного на интегрировании разноплановых характеристик РЛБ на тех дорогах, где он использовался, показатели смертности от болезней системы кровообращения (рассчитанной на 100 тыс. человек) снижались быстрее, чем в условиях традиционной системы медико-психологического сопровождения. В целом же в организациях ОАО «РЖД» этот показатель ниже в 2,9 раз, чем в среднем по стране, а среди РЛБ ниже в 5 раз.

Использование ПМ позволило минимизировать вероятность наступления случаев внезапные смерти (далее – ВС) и нарушения безопасности движения поездов из-за потери бдительности машиниста. За истекшее десятилетие в системе железнодорожного транспорта показатель ВС колебался в диапазоне 0,04-0,09 на 1000 человек в год по всем работникам, причем от 5 до 7 смертей в год, в среднем, имеют место среди РЛБ. Нет нужды говорить о катастрофических последствиях при ВС, например, у машиниста, работающего без помощника. На дорогах, где был проведен пилотный проект с использованием ПМ, этот показатель колеблется от 3 до 5, тогда как на прочих дорогах – от 7 до 9. Таким образом, первый опыт использования аппарата ПМ дал положительные результаты по ключевым, наиболее критическим показателям состояния работающего персонала. Вместе с тем к настоящему времени можно пока говорить о первых шагах реализации идеологии ПМ, инструмент только начал формироваться, ещё много предстоит сделать. Как представляется, его развитие и совершенствование предполагает включение в математический аппарат интеграции новых показателей.

Для обоснования дальнейших перспектив развития идеологии и практического инструментария ПМ, алгоритмов его работы, порядков отображения релевантной информации необходимо более подробно остановиться на тех неблагоприятных состояниях машинистов, развитие которых призван предотвратить ПМ. Прежде всего, убедительно доказано, что основной причиной ВС являются болезни сердечно-сосудистой системы, а среди последних – различные нарушения ритма [11]. По итогам 2025 года среди персонала ОАО «РЖД» болезни сердечно-сосудистой системы стали причиной ВС в 96 %. А в целом, заболевания ССС стали причинами профессиональной непригодности в 58,4%, из них в 42% случаях – ишемическая болезнь сердца, в 41% – нарушения сердечного ритма. Вместе с тем, наличие сердечно-сосудистой патологии предполагает довольно широкие возможности в принятии индивидуальных экспертных решений по вопросу продолжения профессиональной деятельности. Соответственно, будет логичным предположить, что РЛБ, имеющие индивидуальное решение по допуску к работе, должны находиться под пристальным вниманием медицинского персонала именно по показателям сердечного ритма, то есть эта категория данных должна иметь приоритет в случае их накопления и анализа в рамках ПМ.

Аналогичная ситуация, например, в случае выставления диагноза «Гипертоническая болезнь I стадии, симптоматическая артериальная гипертензия 1 степени» [8]. РЛБ продолжает выполнять служебные обязанности, но очевидно, что у него система регуляции кровяного дав-

ления представляет собой «Locus minoris resistentiae» (лат. – «место наименьшего сопротивления»). Соответственно, акцент при текущем контроле должен быть сделан на динамике его артериального давления и, более широко, реакции сердечно-сосудистой системы на производственные нагрузки, памятуя о том, что в развитии гипертонической болезни весомую роль играет психосоматический компонент.

Второй ключевой задачей является недопущение снижения функциональной надежности РЛБ, что также можно прогнозировать посредством использования ПМ. В данном случае особое внимание следует уделить уровню профессионально-важных качеств (далее – ПВК) поездного работника (машиниста или помощника) и маркерам профессионального стресса, к числу которых можно отнести: устойчивое отклонение показателей работоспособности от нормативных значений, выход гемодинамических показателей за пределы адаптационной нормы, а также отнесение сотрудника к группе риска по результатам комплексных психофизиологических обследований [12].

Согласно данным мониторинга за 2025 год по сети дорог, из 50 095 проведенных периодических психофизиологических обследований распределение работников по группам профессиональной пригодности имеет следующую структуру: первая группа пригодности (уязвимые качества не выявлены) – 40 829 человек (81,5%); вторая группа пригодности (выявлено одно уязвимое качество) – 7 672 человека (15,3%); третья группа пригодности (выявлено два уязвимых качества) – 1 080 человек (2,2%). Таким образом, совокупная доля работников, отнесенных ко второй и третьей группам пригодности, составляет 17,5% (8 752 человека), что определяет значительный контингент работников локомотивных бригад, требующих адресного психофизиологического и медицинского сопровождения.

Отнесение поездного работника (машиниста или помощника) ко второй или третьей группе профессиональной пригодности свидетельствует о наличии уязвимых ПВК в структуре его профессиональной пригодности, что в условиях повышенной нагрузки или неблагоприятного сочетания внешних и внутренних факторов способно негативно повлиять на качество выполнения служебных функций.

Совокупность таких признаков, как наличие уязвимых ПВК, нестабильных показателей артериального давления и гемодинамических индексов (регистрируемых в рамках Автоматизированной системы предрейсового осмотра – АСПО), может рассматриваться как прогностический критерий истощения адаптационных ресурсов работника локомотивной бригады (РЛБ). Указанная динамика, отраженная в паспорте машиниста, может сигнализировать о приближении работника к пороговому состоянию, при котором существенно возрастает вероятность снижения надежности в процессе управления поездом – в том числе риск проезда запрещающего сигнала светофора, нарушения режимов ведения поезда и иных инцидентов, угрожающих безопасности движения.

Не меньшую пользу идеология ПМ может принести при необходимости контроля медленных эффектов: развитие соматической патологии (в том числе профессиональных заболеваний) [6]. Зная структуру профзаболеваний на железнодорожном транспорте, результаты специальной оценки условий труда, нетрудно указать те показатели, которые будут являться ключевыми, то есть наиболее информативными при анализе динамики состояния здоровья работника. Огромный пласт проблем – РЛБ, продолжающие трудиться в профессии по индивидуальным решениям. Индивидуальные решения о продолжении работы при наличии проблем со здоровьем принимает врачебно-экспертная комиссия, учитывая стаж работника, его производственную характеристику (мотивацию на работу), динамику развития заболевания, компенсаторные возможности организма и ряд других. При этом врач берет на себя большую ответственность, не перекрывая дальнейший карьерный путь машиниста, но сознавая при этом, что работа может оказывать негативное влияние на работника. И в данном случае ПМ может оказаться незаменимым инструментом анализа и контроля динамики состояния здоровья машиниста. Важно подчеркнуть, что информационно-экспертная система, которую из себя представляет ПМ, обязательно должна в себя включать производственную информацию, в частности, результаты

спецоценки условий труда на рабочем месте, итоги контрольных поездок с инструктором, случаи нарушения безопасности движения и проч. Подобное архитектурное требование вытекает из доказанного принципа прогностической аналитики: производственно-операционные данные становятся надежными индикаторами профессиональных рисков исключительно при условии их интеграции в единый контур обработки.

На современном этапе уже можно сформулировать принципиальные требования, реализация которых позволит на основе огромного массива данных о машинисте развивать эффективный инструмент постоянного контроля его состояния, которым является ПМ. Эти требования можно свести в несколько блоков.

1. Использование искусственного интеллекта. Прогнозирование состояния машиниста требует постоянной селекции информации из того огромного массива данных медико-психологического и производственного характера, которые накоплены на каждого машиниста. Разработчики экспертно-аналитических систем медицинского назначения признают, что без использования технологией машинного обучения (Machine Learning) и объяснимого искусственного интеллекта (Explainable AI) сделать это невозможно. Искусственный интеллект должен определять, какую информацию по данному работнику следует актуализировать из базы данных и как её компоновать для выведения на экран.

2. Адаптивная визуализация – пользователи должны быстро находить нужную информацию и понимать, как её интерпретировать. Дашборд должен стать помощником медицинского работника. Представляется целесообразным использовать привычное человеку качественное цветовое кодирование. При этом зеленая зона параметров означает нормальное функционирование, а переход в желтую зону должен привлечь внимание специалиста.

3. Открытая архитектура системы. ПМ целесообразно предусмотреть возможность дополнять базу данных машиниста внешними источниками информации. В частности, в настоящее время широкое использование в спортивной медицине, фитнесе приобрели браслеты (часы), регистрирующие показатели сердечно-сосудистой системы. Фиксация и передача в ПМ пульса машиниста в поездке могла бы стать серьезным подспорьем в контроле его состояния.

Таким образом, концепция формирования ПМ, представляющего собой экспертно-аналитическую систему контроля состояния работника, является актуальным направлением повышения эффективности деятельности медицинской службы на железнодорожном транспорте.

Библиография

1. Концепция научно-технологического развития транспортного комплекса Российской Федерации на период до 2035 года (Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 декабря 2025 г. № 3871-р).
2. Filtness A., Naweed B. Causes, consequences and countermeasures to driver fatigue in the rail industry: The train driver perspective *Applied Ergonomics*. Volume 60, April 2017, Pages 12-21 <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.10.009>
3. Rudin-Brown CM, Harris S, Rosberg A. How shift scheduling practices contribute to fatigue amongst freight rail operating employees: Findings from Canadian accident investigations. *Accid Anal Prev*. 2019 May;126:64-69. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/j.aap.2018.01.027](https://doi.org/10.1016/j.aap.2018.01.027). Epub 2018 Feb 2. PMID: 29397875.
4. Fan C, Huang S, Lin S, Xu D, Peng Y, Yi S. Types, Risk Factors, Consequences, and Detection Methods of Train Driver Fatigue and Distraction. *Comput Intell Neurosci*. 2022 Mar 24; 2022:8328077. [HTTPS://DOI.ORG/10.1155/2022/8328077](https://doi.org/10.1155/2022/8328077). PMID: 35371223; PMCID: PMC8970922.
5. De Valck, Elke; Smeekens, Ludo; Vantrappen, Luc. Periodic Psychological Examination of Train Drivers' Fitness in Belgium Deficits Observed and Efficacy of the Screening Procedure. *Journal*

of Occupational and Environmental Medicine 57(4): p 445-452, April 2015.
[HTTPS://DOI.ORG/10.1097/JOM.0000000000000384](https://doi.org/10.1097/JOM.0000000000000384)

6. Stefana, E.; Marciano, F.; Rossi, D.; Cocca, P.; Tomasoni, G. Wearable Devices for Ergonomics: A Systematic Literature Review. *Sensors* 2021, 21, 777. <https://doi.org/10.3390/s21030777>

7. Костенко, Н. А. Персонализированный подход как концептуальное основание организации оценки функционального состояния работников железнодорожного транспорта / Н.А. Костенко // Гигиена и санитария. 2023. Т. 102, № 5. С. 463–465.

8. Приказ Министерства здравоохранения Российской Федерации от 6 мая 2024 г. N 226н «Об утверждении перечня медицинских противопоказаний к осуществлению работ, непосредственно связанных с движением поездов и маневровой работой» предусматривает широкое применение индивидуального подхода при принятии экспертных решений в вопросах дальнейшего продолжения работы лиц, у которых выявлены те или иные проблемы в состоянии здоровья».

9. Kostenko, N.A., Borisova, E.V., Danilov, D.A., & Kuznetsov, S.I. (2025) Database for monitoring the conditions of locomotive crew members. Certificate of registration of the database RU 2025625627, 02.12.2025. Application No. 2025625184, dated 19.11.-2025

10. Смерчинская С.О., Яшина Н.П. Агрегирование предпочтений в многокритериальных задачах // «Вестник Московского авиационного института». 2013. Т. 20. № 2. С. 219–225.

11. Бокерия Л.А., Проничесва И.В., Ревивили А.С., Неминуций Н.М. Внезапная сердечная смерть. ГЕОТАР-Меди, 2020, 2-е издание, переработанное и дополненное. 220 с.

12. Об утверждении Порядка формирования группы риска работников локомотивных бригад ОАО «РЖД» по психофизиологическим показателям. Распоряжение ОАО «РЖД» № 2228/р от 12.10.2018.

Поступила в редакцию: 26.05.26

Принята к публикации: 20.07.26