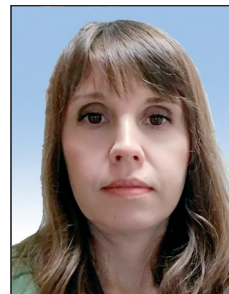


ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ В ЦЕЛЯХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

В статье проводится оценка возможностей использования интернета вещей в целях обеспечения безопасности работников железнодорожного транспорта. Использование возможностей интернета вещей даст дополнительный инструмент совершенствования системы безопасности руководству ОАО «РЖД» на основе количественной информации об условиях труда работников, их физическом и психологическом благополучии.

Ключевые слова: техносферная безопасность, нестационарное рабочее место, санитарно-бытовое обеспечение, условия труда

EDN: ХТЕОВЗ



Д.В. Климова



В.В. Самойлов

Современные условия глобализации производственных процессов требуют максимального повышения производительности предприятий, а также их работников. В этой связи большое внимание уделяется использованию технологических инноваций в системах управления крупных компаний, осуществляются действия по стратегической и тактической оптимизации ресурсов. Внедрение сложных решений в организации систем безопасности — дело достаточно трудоемкое и дорогостоящее. Следует учесть, что цифровизация производственных систем проходит в условиях динамично-непрерывных технологических процессов; в условиях ограниченных материальных и информационных ресурсов.

Многие профессии транспортного комплекса достаточно сложны с точки зрения обеспечения без-

опасности и соблюдения требований охраны труда. Недостатки в организации условий труда на рабочих местах приводят к несчастным случаям на производстве, преждевременным профессиональным заболеваниям работников, и, как следствие, к снижению работоспособности, преждевременному уходу или выходу на пенсию работников. При всем этом в настоящее время многие предприятия Российской Федерации испытывают острую нехватку в квалифицированных работниках. Согласно [2] в 2022 году в ОАО «РЖД» насчитывалось 75,7 тыс. рабочих мест с вредными условиями труда. Основное внимание уделено мероприятиям по улучшению условий труда согласно рис. 1. Статистика ОАО «РЖД» показывает, что несмотря на серьезные размеры средств, вкладываемых в улучшение условий и охраны труда, прийти

Климова Диана Викторовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: безопасность транспортных систем городских агломераций, системный анализ безопасности, охрана труда. Автор более 110 научных работ, в том числе 10 учебных пособий.

Самойлов Вадим Вадимович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: охрана труда, специальная оценка по условиям труда, профессиональные заболевания. Автор 12 научных работ.

к требуемым согласно концепции Vizion Zero нулевым показателям травматизма и смертельных случаев до сих пор не удается. Развитие интернета вещей и сопутствующих технологий (например, мобильных технологий, различных типов датчиков) открывает возможности для повышения безопасности и контроля санитарных и гигиенических условий труда в сложных условиях постоянной динамической работы работников ОАО «РЖД».

В современной стратегии управления ОАО «РЖД» много внимания уделяется роли человеческого фактора в производственной системе. При этом сама производственная система рассматривается как сложная социально-техническая система. Инциденты в сложных системах возникают в результате взаимодействий между элементами системы, будь то человек-оператор или технологические составляющие. Данный взгляд на оценку систем является основой системной оценки рисков технических и социальных систем. Он необходим в силу реальной сложности организации и устройства систем, а также необходимости всестороннего учета огромного количества факторов на этапах проектирования и планирования общей взаимосвязи систем. Для полноценного управления подобными системами необходимо иметь «ключики» оценки, т.е. информацию о параметрах и характеристиках элементов данных систем.

В транспортной отрасли традиционно большое внимание уделяется мониторингу самих транспортных процессов, в то время как безопасности уделяется много внимания, но не рассматриваются многие вопросы, связанные с перемещением работников в рабочем процессе и их местоположением. Производственные процессы ОАО «РЖД» включают в себя различные инженерные объекты и сложные технологические процессы. Сверхсложный механизм холдинга «РЖД» функционирует по единому графику с различными действиями и разной продолжительностью, заданной для каждой задачи, а также с использованием различных наборов компетенций персонала и его функциональных обязанностей. Соответственно, транспортным процессам присущи и динамично изменяющиеся параметры безопасности, образующие сложную взаимосвязь между различными показателями. Оценить параметры безопасности человека до сих пор остается очень сложной, порой даже невозможной задачей. Особенно, когда речь заходит о динамически изменяющихся условиях работы на нестационарных рабочих местах, которые не достаточно оценить одним только измерением освещенности и спектра шума на определенных частотах на рабочем месте. Привычные технологии контроля, даже с помощью отчетов в системах автоматизации ОАО «РЖД» сопровождаются рядом сложностей в отслеживании,



Рис. 1. Перечень основных мероприятий, направленных на улучшение условий труда [2]

при этом не учитывается динамичный характер работ на нестационарных рабочих местах. Необходимо дополнить данные, которые представляет современная система оценки условий труда, динамическими параметрами безопасности. Работам с тяжестью труда класса 3.2 и выше, таким как, монтер пути, осмотрщик вагонов, оператор дефектоскопной тележки, следует уделять более пристальное внимание.

Интернет вещей может обеспечить поддержку принятия решений в управленческой деятельности в режиме реального времени и повысить производительность работников. Это возможно, если работники смогут, например, использовать датчики, их поведение станет частью информационного потока. Необходимо подробно оценивать факторы физиологического состояния работников, цепочку возникновения повышенной усталости и утомляемости на рабочих местах, возникающие трудовые и психологические проблемы, которые могут мешать работнику в выполнении его трудовых обязанностей. Например, следует учитывать, что работники в возрасте более склонны к переутомлению, снижаются их возможности в объеме и уровне физической работы. В случае, если возникает текучка кадров, необходимо

больше внимания уделять контролю местоположения работников, выполняемым в течение рабочего дня обязанностям, т.е. чем и как они заняты в каждый конкретный момент рабочего процесса. Для выявления первопричин возникающих в работе инцидентов необходимо отслеживать все факторы, которые могут повлиять на работника и привести к нарушению его работоспособного состояния (рис. 2).

Трудовая (физическая) нагрузка работника в рабочем процессе напрямую влияет на его производительность, а также на показатели безопасности. Увеличение физической нагрузки (рис. 3) может негативно повлиять на безопасное поведение работника и соблюдение требований инструкций.

Сбор данных позволит анализировать взаимосвязь между производительностью и безопасностью (рис. 4). Для оценки производительности и безопасности можно применить выборки статистики производительности и поведения работников в целях обеспечения безопасности.

Комплексная оценка состояния работника требует понимания возможных отклонений в состоянии работников от нормального (здорового) путем постоянного мониторинга параметров здоровья работника.

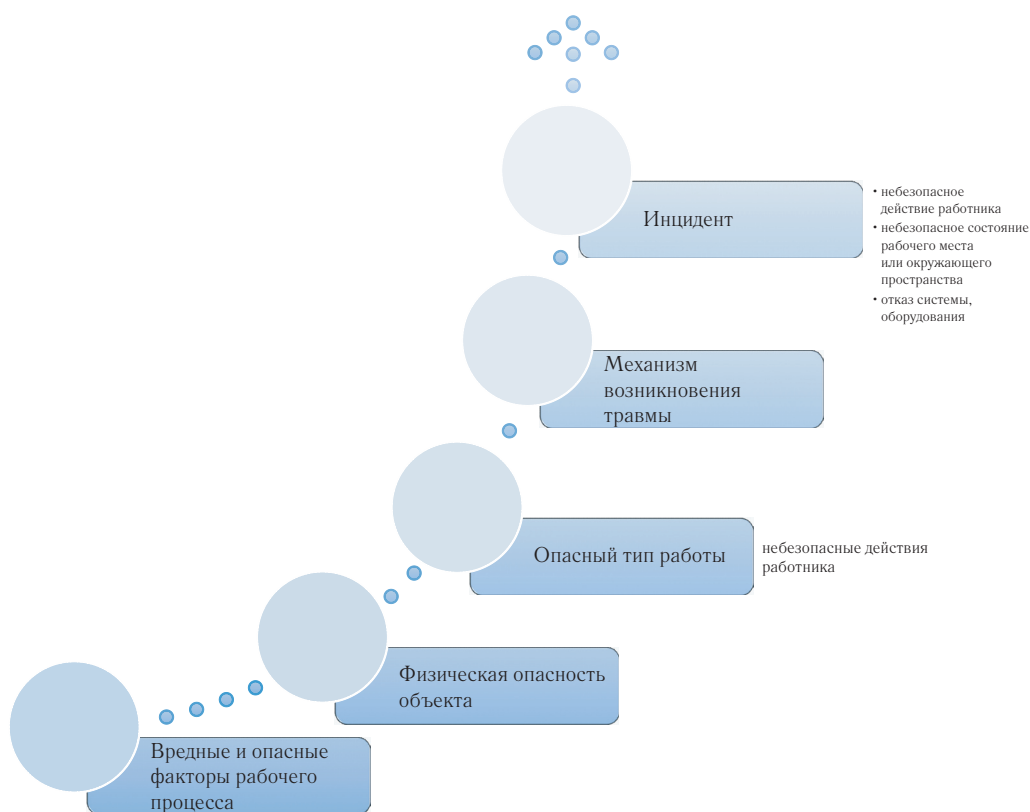


Рис. 2. Выявление первопричин инцидента

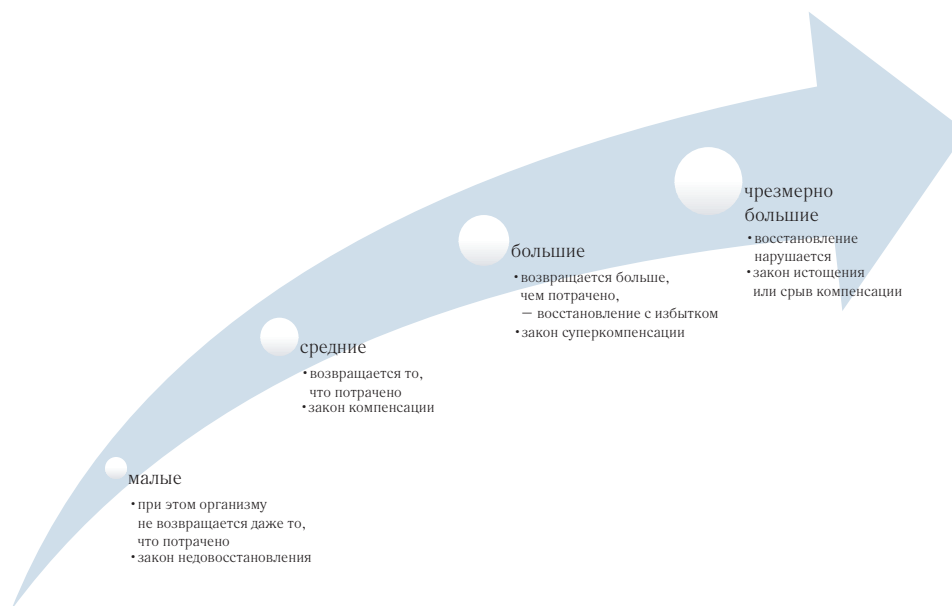


Рис. 3. Уровни трат ресурсов



Рис. 4. Исследовательские гипотезы

Необходимо принимать во внимание факторы, которые могут влиять на физиологические показатели работников, контролируя частоту сердечных сокращений, учитывая заболевания работника, его психологическое состояние, принимаемые им лекарства и т.п. Нагрузка на мышцы рук и ног напрямую влияет на пульс, что важно при наблюдении за физиологическим состоянием при тяжелых физических работах, например, монтеров пути. Но нельзя забывать, что даже самые обычные работы имеют динамический характер, в котором ритмически чередуются сокращения и

расслабления мышц. При регистрации частоты сердечных сокращений, должно быть понимание нагрузки на мышцы работника, задействованные группы мышц и влияния нагрузки на утомляемость работника.

Но и психологические факторы способны влиять на состояние работника и его пульс. Это могут быть стресс, усталость, отношение к выполняемой работе (положительное или отрицательное), страх. Согласно медицинским исследованиям, умственная нагрузка может вызывать увеличение частоты сердечных сокращений в момент отдыха или при низких

уровнях физической нагрузки. Потребление пищи, кофе, энергетических напитков, алкоголя и курение также влияет на сердцебиение. Мониторинг только частоты сердечных сокращений не сможет показать, что именно в данный момент больше влияет на работника. Поэтому полноценная оценка физиологического состояния работника требует более сложного отслеживания, в том числе с использованием датчиков движения и наклонов.

Анализируя исследования, проводимые в данном направлении на настоящий момент, можно сделать вывод, что большинство исследований уделяет мало внимания вопросам безопасности транспортных процессов с учетом человеческого фактора [5–8]. Разработанные модели эргономического анализа позволяют проводить анализ рисков рабочего процесса: системы анализа рабочих поз, вызывающих повышенную утомляемость [9–11]. В других исследованиях предлагаются методы анализа статической и динамической нагрузки [12;13], комплексного эргономического анализа [14–17], оценки времени загрузки работников, оценки риска в результате совместного влияния факторов опасности [18;19]. Специализированные методы анализа с использованием оборудования для биомедицинского и биомеханического анализа позволяют измерять величины мышечной нагрузки для определенных мышц [20]. Созданы таблицы эргономического анализа, таблицы рисков для различных видов деятельности, позволяющие оценить относится ли выполняемая работником задача к зоне опасности, в зависимости от продолжительности и частоты воздействия и совместного влияния факторов опасности. При этом недостаточно детально разработан аппарат для оценки влияния физических нагрузок конкретных частей тела, оценки корреляции влияния воздействующих опасностей и реакции организма работника. Несмотря на широкое применение, многие методы не позволяют полноценно

учитывать, например, влияние вибрации на работников, недостаточность перерывов в работе, дополнительных физических нагрузок, факторов окружающей среды, таких как холод, повышенная влажность.

Для обнаружения опасностей, связанных с состоянием и действием работников, используются многочисленные типы датчиков, в том числе акселерометры, гироскопы, датчики ЭКГ, инфракрасные датчики и RFID-метки. Также отслеживаются условия на рабочих местах, вблизи работника с помощью, например, обнаружения сближения с помощью датчиков приближения на основе Bluetooth-технологий, обнаружения небезопасных мест с помощью систем видеонаблюдения и Глонасс/GPS, предотвращения столкновений с помощью радиочастотных передатчиков и ультразвуковых датчиков. Существует множество методик использования датчиков, они могут быть интегрированы в защитную одежду работников, средства индивидуальной защиты, в том числе каски и перчатки. Разработка данных технологий последние десятилетия ведется семимильными шагами, многие решения и пилотные проекты сосредоточены на измерениях показателей состояния работников согласно рис. 5 и рабочей зоны согласно рис. 6. С точки зрения технологий этот вопрос достаточно продуман, стоимость подобных устройств уже не является заоблачной и вполне доступна.

Как и традиционно, работников необходимо обучать избегать небезопасные действия и маршруты передвижения. Цифровые датчики в режиме реального времени позволят обеспечить стабильный информационный поток о параметрах состояния работников. За счет этого становится возможным разработка огромного количества приложений и сервисов внутреннего информационного пространства ОАО «РЖД». Использование интернета вещей позволит добиться совершенствования функций системы управления безопасностью согласно рис. 7.

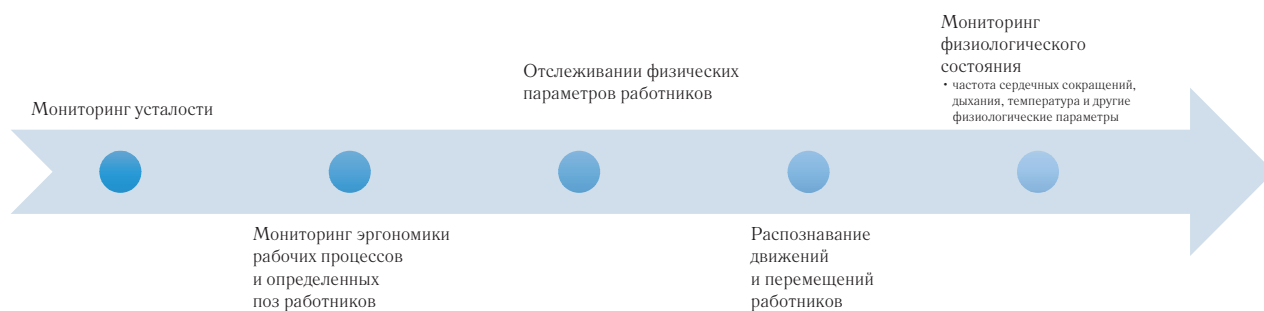


Рис. 5. Разработанные измерения состояния работников

Управление и мониторинг безопасности рабочих зон

- технологии зондирования и предупреждения с помощью датчиков, отслеживания и определения местоположения (RTLS, RFID, Глонасс/GPS, GIS, Bluetooth и WLAN).

Предупреждение о вторжении и обнаружение близости опасности

- обнаружение присутствия работников и третьих лиц в режиме реального времени при штатном функционировании и во время опасных ситуаций, системы предупреждения работников о жаркой и влажной среде

Мониторинг состояния конструкций

- Structural Health Monitoring (SHM)
- мониторинг повреждений и оценки износа
- мониторинг и оценка состояния конструкций (например, мостов, автомобильных магистралей)

Определение местоположения и отслеживания ресурсов

- система локального позиционирования в реальном времени (RTLS)
- технологии отслеживания (например, рабочих, материалов и оборудования)

Рис. 6. Основные направления измерений состояния рабочих зон



Рис. 7. Возможности интернета вещей

Внедрение любых изменений в компании, особенно такой крупной как ОАО «РЖД», — затяжной и трудоемкий процесс. Возникает множество вопросов со стороны работников и неприятие необходимости подобного отслеживания с помощью цифровых технологий. Людям кажется, что будет нарушена их конфиденциальность. Разберемся в факторах, которые могут способствовать внедрению инновационных технологий.

Работники зачастую считают, что работодатели проводят проверки и измерения для оценки качества и количества их работы. В случае внедрения цифровых технологий срабатывает некий страх, что работодатель будет использовать технологии не для защиты здоровья работника и его безопасности, а для полного

контроля работников и выполнения ими трудовых обязанностей с нарушением прав и свобод работников. Такое сопротивление нововведениям и изменениям подчеркивает необходимость детального изучения и широкого разъяснения возможностей повышения безопасности и позитивного влияния внедрения технологий с точки зрения работников ОАО «РЖД».

Внедрение технологий напрямую зависит от доверия людей. Технологическое доверие можно определить как веру в то, что данная технология может помочь человеку в достижении его целей в ситуациях, когда человеку это удобно, может облегчить его труд или когда он уязвим, не знает как поступить. На формирование доверия влияет множество факторов. В быту многие практически полностью при-

вышли к самостоятельному отслеживанию повседневной деятельности с помощью датчиков: давления сна, стресса и различных видов нагрузок с помощью тонометров, глюкометров, смарт-часов, электронных зубных щеток. Забывая о конфиденциальности люди добровольно передают свои данные через интернет для оценки параметров своего здоровья. Можно сказать, что люди более привержены самоконтролю, когда инструмент самоконтроля предоставляет значимую и легкую для понимания информацию и дает обратную связь в режиме реального времени.

Аналогично, на уровне внедрения инновационных технологий в рабочие процессы ОАО «РЖД» могут препятствовать соображения безопасности, анонимности и конфиденциальности персональных данных работников. Необходимо разработать соответствующие анкеты и провести опросы работников ОАО «РЖД». Работники будут более положительно настроены к использованию данных, если будут понимать, каким образом данные технологии могут помочь выявить опасности для личного здоровья, повысить безопасность труда свою и коллег. Прозрачность данных также может повысить доверие. Работники должны иметь возможность видеть собранные данные, а также результаты их использования, то как они влияют и могут повлиять на безопасность. Принятию технологий среди работников можно способствовать, активно привлекая их к разработке идей совершенствования систем безопасности, проектированию и разработке мобильных приложений в данном направ-

лении. Сформированность модели доверия к цифровым технологиям можно оценить по трем группам параметров (рис. 8).

Федеральное законодательство [2] требует законных оснований для сбора и обработки информации от работников в процессе мониторинга. На рис. 9 перечислены основные требования к сбору и обработке информации от работников.

Необходимо добиться повышения понимания и формирования положительного отношения работников ОАО «РЖД» к решениям по обеспечению безопасности работников на основе Интернета вещей. Создается возможность разработать систему, ориентированную на безопасность и комфорт работников, на основе сбора данных с помощью соответствующих инновационных систем и измерения параметров условий труда работников. В единое информационное пространство можно интегрировать различные персональные данные работников, данные о рабочих местах и рабочем процессе, которые ранее были разрознены и не поддавались обобщенному наблюдению. Измеряемые данные в режиме реального времени с использованием виртуальной и дополненной реальности, моделирования и симуляции рабочих мест, технологических процессов могут дать простор для оценки предложений по совершенствованию систем безопасности. Собранные данные можно использовать при оценке безопасности и эргономики рабочих мест, проектировании новых рабочих мест, оценке производительности труда.



Рис. 8. Параметры формирования доверия к цифровым технологиям

Согласие

- согласие на то, чтобы данные и личные данные работников будут использованы в определенных целях

Контракт

- возможность мониторинга должна быть прописана при заключении контракта с работником

Юридические обязательства

- обработка данных необходима для соблюдения требований законодательства

Жизненные интересы

- обработка данных необходима для защиты здоровья и жизни работников в технологических и рабочих процессах в штатных условиях и при возникновении инцидентов

Общественная задача

- обработка данных необходима для выполнения задачи в общественных интересах или для выполнения функций рабочего процесса

Законные интересы

- обработка информации в целях интересов работников или интересов третьих лиц, если не нарушаются права работников

Рис. 9. Требования к сбору и обработке информации от работников

Литература

1. Российская Федерация. Законы. Об информации, информационных технологиях и о защите информации № 149-ФЗ (последняя редакция : принят Государственной Думой 8 июля 2006 года : одобрен Советом Федерации 14 июля 2006 года Федеральный закон от 27 июля 2006 г. : [сайт]. - URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_61798/?ysclid=lzb5gv6az411021638 (дата обращения : 01.08.2024). - Текст: электронный.
2. Отчет ОАО «РЖД» об устойчивом развитии за 2022 год : [сайт]. - URL : <https://company.rzd.ru/gu/9386/page/103290?id=17643> (дата обращения: 05.04.2024). - Текст : электронный.
3. Климова, Д. В. Особенности обеспечения безопасных условий труда на нестационарных рабочих местах работников железнодорожного транспорта / Д. В. Климова. - Текст : непосредственный // Наука и техника транспорта. - 2024. - № 1. - С. 88-96. - EDN: UGXADB.
4. Подход к обработке параметров безопасности в системах поддержки принятия решений / А. А. Петров, Д. В. Климова, О. В. Дружинина, О. Н. Масина. - Текст : непосредственный // Прикладные проблемы системной безопасности : материалы Всероссийской конференции с международным участием, Елец, 21-22 сентября 2023 года. - Елец: Елецкий государственный университет имени И. А. Бунина, 2023. - С. 60-63. - EDN: JAONRC.
5. Гулый, И. М. Технологии интернета вещей (IoT) в транспортном комплексе и их экономические последствия / И. М. Гулый. - Текст : непосредственный // Экономические науки. - 2020. - № 193. - С. 216-219. - DOI: 10.14451/1.193.216. - EDN: YDQMNM.
6. Рахманова, М. А. Интернет вещей на железнодорожном транспорте / М. А. Рахманова. - Текст : непосредственный // История и перспективы развития транспорта на севере России. - 2020. - № 1. - С. 100-102. - EDN: SLAGVX.
7. Войнова, Д. А. Концепция интернета вещей в сфере транспорта / Д. А. Войнова, Я. М. Зиновьев, А. А. Войнов. - Текст : непосредственный // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте : сборник статей XI Всероссийской научно-технической конференции молодых ученых и студентов с международным участием, Пенза, 16 - 17 марта 2023 г. - Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. - С. 97-99. - EDN: OELJON.

8. Леонтович, А. С. Интернет вещей на железной дороге необходимо использовать в связке с другими технологиями / А. С. Леонтович : [сайт]. - URL: <https://www.rzd-partner.ru/zhd-transport/interview/internet-veshchey-na-zheleznoy-doroge-neobkhodimo-ispolzovat-v-svyazke-s-drugimi-tekhnologiyami/> (дата обращения: 11.04.2024). - Текст : электронный.
9. Lee, W., Seto, E., Lin, K. Y., & Migliaccio, G. C. An evaluation of wearable sensors and their placements for analyzing construction worker's trunk posture in laboratory conditions // *Applied ergonomics*. - 2017. - V. 65. - pp. 424-436. - DOI : <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2017.03.016>.
10. Yantao Yua, Heng Lia, Xincong Yanga, Liulin Kongb, Xiaochun Luo, Arnold Y.L. Wongc An automatic and non-invasive physical fatigue assessment method for construction workers // *Automation in Construction*. - 2019. - V. 103. - pp. 1-12. - DOI : <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2019.02.020>.
11. Susan Burt, Laura Punnett Evaluation of interrater reliability for posture observations in a field study // *Applied Ergonomics*. - 1999. - V. 30. - pp. 121-135. - DOI : [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(98\)00007-6](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(98)00007-6).
12. Mario Lušić, Christian Fischer, Jochen Böning, Rüdiger Hornfeck, Jörg Franke Worker information systems: State of the art and guideline for selection under consideration of company specific boundary conditions // 48th CIRP Conference on MANUFACTURING SYSTEMS (CIRP CMS 2015). - 2016. - V. 41. - pp. 1113-1118. - DOI : <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.12.003>.
13. Umberto C. Gatti, Giovanni C. Migliaccio, Suzanne Schneider, Rafael Fierro Assessing physical strain in construction workforce: A first step for improving safety and productivity management // 27th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2010). - Bratislava, ISARC, 2010. - pp. 255 - 264. - DOI : <https://doi.org/10.22260/ISARC2010/0027>.
14. Ndukeabasi Inyang, Mohamed Al-Hussein, Marwan El-Rich, Saad Al-Jibouri Ergonomic Analysis and the Need for Its Integration for Planning and Assessing Construction Tasks // *Journal of Construction Engineering and Management*. - 2012. - V. 138. - Issue 12. - DOI : [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000556](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000556).
15. Kati Kõrbe Kaare, Tauno Otto Smart Health Care Monitoring Technologies to Improve Employee Performance in Manufacturing // 25th DAAAM International Symposium on Intelligent Manufacturing and Automation (DAAAM 2014). - Procedia - engineering, 2015. - pp. 826-833. - DOI : <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.01.437>.
16. Juha Häikiö, Johanna Kallio, Satu-Marja Mäkelä, Janne S. Keränen, IoT-based safety monitoring from the perspective of construction site workers // *International Journal of Occupational and Environmental Safety*. - 2020. - V. 4. № 1. - DOI : https://doi.org/10.24840/2184-0954_004.001_0001.
17. T. C. Haupt, M. Akinlolu, M. T. Raliile. Applications of digital technologies for health and safety management in construction // *Proceedings of the 8th World Construction Symposium*. - Colombo, Sri Lanka, 2019. - pp. 88 - 97. - DOI : <https://doi.org/10.31705/WCS.2019.9>.
18. Tao Cheng, Jochen Teizer, Giovanni C. Migliaccio, Umberto C. Gatti Data Fusion of Real-Time Location Sensing and Physiological Status Monitoring for Ergonomics Analysis of Construction Workers // *Journal of Computing in Civil Engineering*. - 2012. - V. 27. - Issue 3. - DOI : [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000222](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000222).
19. S.M. ASCE Yantao Yu, Heng Li, Waleed Umer, Chao Dong, Xincong Yang, Automatic Biomechanical Workload Estimation for Construction Workers by Computer Vision and Smart Insoles // *Journal of Computing in Civil Engineering*. - 2019. - V. 33. - Issue 3. - DOI : [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)CP.1943-5487.0000827](https://doi.org/10.1061/(ASCE)CP.1943-5487.0000827).
20. Hakan Sporrang, Leif Sandsjö, Roland Kadefors, Peter Herberts Assessment of workload and arm position during different work sequences: A study with portable devices on construction workers // *Applied Ergonomics*. - 1999. - V. 30. - pp. 495-503. - DOI : [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00016-2](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00016-2).