

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Российский университет транспорта»
РУТ (МИИТ)

На правах рукописи



Локтева Ольга Степановна

СНИЖЕНИЕ ТРАВМАТИЗМА НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ С УЧЕТОМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО
СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКОВ ТРАНСПОРТА

2.9.10. Техносферная безопасность транспортных систем (технические науки)

Диссертация на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
Доктор технических наук, профессор
Завьялов Антон Михайлович

Москва 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
Глава 1. АНАЛИЗ ПРИЧИН, ПРИВОДЯЩИХ К СЛУЧАЯМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА, И СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ, МЕТОДОВ И СТАНДАРТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ	13
1.1. Анализ современного состояния проблемы безопасности труда и техносферной безопасности.....	13
1.1.1. Анализ производственного травматизма на производстве на примере Воронежской области	16
1.1.2. Анализ производственного травматизма на железнодорожном транспорте.....	19
1.2. Подходы, методы и стандарты обеспечения техносферной безопасности транспортных систем	20
1.2.1. Риск-ориентированный подход	21
1.2.2. Концепция «Нулевого травматизма»	25
1.2.3. Оценка профессиональных рисков	27
1.2.4. Сохранение человеческого капитала	29
1.2.5. Внедрение системы управления профессиональными рисками в транспортной отрасли.....	33
1.3. Система управления охраной труда в ОАО «РЖД».....	35
1.3.1. Совершенствование системы управления охраной труда	37
1.3.2. Роль социального партнерства в развитии СУОТ	40
1.3.3. Развитие СУОТ на основе государственно-частного взаимодействия	43
1.3.4. Совершенствование СУОТ за счет изменения нормативной правовой базы техносферной безопасности транспортных систем.....	46
1.4. Выводы по главе 1	48

Глава 2. ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ	51
2.1. Разработка модели риск-ориентированного подхода на вероятностной основе с учетом управляемых критериев и целевых функций.....	51
2.2. Алгоритм для оценки профессиональных рисков, предложенный ФГБУ «ВНИИ труда»	57
2.3. Разработка модифицированной модели формирования возможных профессиональных рисков	60
2.3.1. Теория случайных процессов в риск-ориентированном подходе.....	60
2.3.2. Исследование стационарных случайных процессов	62
2.4. Оценка воздействия факторов на состояние работника	65
2.5. Повышение эффективности системы управления охраной труда	68
2.5.1. Обучение персонала вопросам охраны труда	68
2.5.2. Развитие действенного социального партнерства	70
2.5.3. Развитие культуры корпоративного здоровья	73
2.6. Выводы по главе 2.....	78
Глава 3. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКА БЛАГОДАРЯ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ.....	81
3.1. Влияние личностных факторов сотрудника на безопасность труда	82
3.1.1. Влияние эмоционального состояния сотрудника на безопасность трудовой деятельности	83
3.1.2. Классификации эмоций	85
3.1.3. Влияние утомляемости и личностных характеристик работника на безопасность труда.....	88
3.1.4. Оценка первоначального психоэмоционального состояния и степени усталости	91
3.2. Влияние физической активности на деятельность сотрудника	92

3.2.1. Определение основных факторов, влияющих на спортивную деятельность человека	94
3.2.2. Активный отдых как одно из решений укрепления здоровья работника в целях безопасного труда.....	96
3.2.3. Площадь для активного досуга сотрудников как один из факторов, влияющих на занятия спортом.....	98
3.3. Выводы по главе 3.....	101
Глава 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКА	102
4.1. Поведенческий аудит на железнодорожном транспорте	103
4.2. Определение эмоций человека по его лицевой экспрессии	105
4.3. Сегментация изображения с помощью нейронных сетей.....	108
4.3.1. Описание нейронных сетей.....	109
4.3.2. Сверточная нейронная сеть.....	113
4.3.3. Определение областей интересов на изображении	115
4.3.3.1. Использование архитектуры U-net.....	116
4.3.3.2. Использование алгоритма YOLO	118
4.4. Определение контуров лица оператора	120
4.5. Использование алгоритма Виолы-Джонса для определения состояния человека	122
4.6. Оценивание параметров мышечной активности оператора	126
4.7. Разработка системы определения эмоциональных характеристик оператора и его усталости	129
4.7.1. Формирование функциональных и технических требований	129
4.7.2. Алгоритм работы системы определения эмоций и усталости человека по изображению его лица	131
4.7.3. Оценка качества работы алгоритма	134

4.7.4. Тестирование предлагаемой системы	135
4.8. Выводы по главе 4.....	137
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	138
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ.....	140
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	141

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. По оценкам Международной организации труда (МОТ), около 2,3 млн. сотрудников каждый год погибают в результате несчастных случаев на рабочем месте или связанных с работой заболеваний. Данная ситуация не только трагедия для близких, но еще и серьезный урон для экономики: потери от смертельного производственного травматизма приближаются к 4% глобального ВВП.

Национальным приоритетом Российской Федерации является сохранение человеческого капитала путем обеспечения безопасности жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности. Для достижения этой цели поставлена задача улучшения условий и охраны труда посредством обеспечения повышения эффективности механизмов предупреждения производственного травматизма и профессиональной заболеваемости, улучшения психоэмоционального состояния работающих.

Министерством Транспорта Российской Федерации и федеральной службой по надзору в сфере транспорта подготовлен приказ № ВБ-160фс от 18.03.2020 года «Об утверждении программы профилактики нарушений обязательных требований на 2022 год и плановый период 2022-2024 годы». Данная Программа предусматривает предупреждение нарушений при эксплуатации железнодорожного транспорта посредством правовой информированности; минимизации рисков возникновения транспортных происшествий и их последствий; снижения количества травм при транспортных происшествиях; повышения прозрачности и эффективности системы контроля в сфере железнодорожного транспорта. Предлагаемая Программа касается более 19 тысяч предприятий, эксплуатирующих инфраструктуру железнодорожного транспорта; производящих ремонт и хранение подвижного состава; юридических лиц, перевозящих железнодорожным транспортом пассажиров, а также выполняющих погрузку, разгрузку или перевозку опасных грузов.

Изложенные выше факты подчеркивают актуальность темы и

своевременность решения ряда задач, направленных на усовершенствование системы охраны труда на основе риск-ориентированного подхода и концепции «нулевого травматизма».

Степень разработанности темы исследования. Вопросам охраны труда, обеспечения безопасности технологических процессов посвящены работы Аксенова В.А., Апатцева В.И., Гуменюка В.И., Завьялова А.М., Пушенко С.Л., Ульянова В.А., Филлипова В.Н., Шварцбурга Л.Э., и др.

Проблемам, связанным с реализацией риск-ориентированного подхода, и, в целом, системам управления охраной труда посвящены работы ученых Воробьевой О.В., Завьялова А.М., Замигулова Е.А, Зубкова В.И., Копытенковой О.И., Рыбалкиной А.Л., Стасевой Е.В. и др.

Аспекты достижения показателей концепции «нулевого травматизма», в том числе, связанные с психоэмоциональным, психофизическим состоянием сотрудников, их физической усталости рассматривались в работах Аксенова В.А., Сачковой О.С., Матешевой А.В., Донцова С.А., Масловой Л.Ф., Разинкина С.М., Готовцева П.И., Плотниковой А.В., Стрельниковой И.В., Локтева А.А., Стасевой Е.В., Омельченко Е.В., Соколовой Г.Н., Локтева Д.А., Засимовой Л.С., Рыбалкиной А.Л., Еникеева Р.В. и т.д.

Подходы, использующие программно-аппаратные комплексы для распознавания и определения состояния работников, пассажиров и людей, в самом широком понимании этого слова, описывались и применялись в работах Завьялова А.М., Локтева Д.А., Спицына В.Г., Фана Н.Х., Алфимцева А.Н., Левчук С.А., Мищенко Е.С., Филатовой Н.Н., Сидорова К.В. и др.

Несмотря на существенные достижения в области создания эффективной системы охраны труда, многие вопросы, связанные с созданием модели профессиональных рисков, разработкой комплекса моделей и алгоритмов, позволяющих оценить психоэмоциональное состояние работника в режиме реального времени и мероприятий по его улучшению, объединенных целью достижения характеристик концепции «нулевого травматизма», в настоящее время не до конца изучены, в силу чего, тема диссертационной работы представляется

актуальной и своевременной, как с точки зрения работы отдельных предприятий, так с точки зрения функционирования всей системы транспорта в целом.

Целью диссертационной работы является установление закономерностей обеспечения безопасных условий труда, направленных на сохранение трудоспособности и исключение травмирования работников в процессе производственной деятельности на транспорте, путем оценки фактических производственных рисков и психоэмоционального состояния работника посредством анализа серии его изображений.

Для реализации поставленной цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Проведение анализа и оценки факторов и причин, приводящих к случаям производственного травматизма в транспортной отрасли, обоснование направления совершенствования системы обеспечения безопасных условий труда как на отдельных рабочих местах, так и в целом в отрасли;

2. Разработка модели формирования возможных профессиональных рисков с учетом возможной их оценки и выделения управляющих параметров, воздействие на которые может привести к реализации концепции «нулевого травматизма»;

3. Разработка предложений и системы улучшения эмоционального и физического состояния работника для повышения внимания, реакции и ответственности посредством увеличения физической активности.

4. Разработка математического и алгоритмического обеспечения с использованием информационно-коммуникационных технологий, позволяющего оценить психоэмоциональное состояние работника в режиме реального времени, посредством обработки серии его изображений.

Объект исследования: система оценки профессиональных рисков с учетом фактического состояния работника транспортной отрасли.

Предмет исследования: методы оценки состояния работника в режиме реального времени, методы оценки и управления профессиональными рисками.

Тематика работы соответствует п. 3. «Критерии, количественная оценка, мониторинг и экспертиза техносферной безопасности транспортных систем»; п.4.

«Физические, физико-химические, биологические и социально-экономические процессы, производственные и информационно-коммуникационные технологии и материалы, определяющие опасные факторы транспортной деятельности»; п. 13. «Инженерно-технические аспекты взаимодействия человека с транспортной системой и ее отдельными элементами»; п. 16. «Подготовка, переподготовка и повышение квалификации кадров в области техносферной безопасности транспортных систем» паспорта специальности 2.9.10. «Техносферная безопасность транспортных систем (технические науки)».

Научная новизна работы:

1. Установлены и научно обоснованы статистические зависимости изменения производственного травматизма от полноты развития социально-экономического партнерства между органами власти, работодателем и работником.

2. Впервые разработана модель представления профессиональных рисков с учетом наличия функциональных параметров, воздействие на которые позволит реализовать концепцию «нулевого травматизма».

3. Разработан комплекс мероприятий для улучшения эмоционального и физического состояния работника для повышения внимания, реакции и ответственности посредством стимулирования увеличения физической активности.

4. Впервые разработано и реализовано в виде программного приложения математическое и алгоритмическое обеспечение, позволяющее оценить психоэмоциональное состояние работника в режиме реального времени.

Теоретическая и практическая значимость диссертационной работы заключается в том, что полученные научные результаты, выводы и предложения позволяют усовершенствовать типовую систему охраны труда на предприятиях транспортной отрасли, а предложенные методы, модели и алгоритмы позволяют достаточно точно оценить психоэмоциональное состояние работника, профессиональные риски как на отдельном рабочем месте, так и в целом на предприятии, а также более полно описать систему «человек – техническая система – производственная среда» и направления ее развития с точки зрения охраны труда.

Результаты диссертации нашли практическое применение в учебном процессе и были использованы для совершенствования системы управления охраной труда ряда компаний, связанных с эксплуатацией транспортных систем.

Методология и методы исследования, применяемые для решения поставленных задач, базируются на методах математического моделирования, построения прогнозных моделей, статистического анализа и теории вероятности, адаптированных для изучения производственного травматизма, оценки профессиональных рисков, классификации и количественного представления опасностей, возникающих на предприятии и отдельных рабочих местах. Используются методы оценки психоэмоционального состояния работника в различные моменты времени, методы обработки образов объектов на изображениях, методы и алгоритмы имитационного и численного моделирования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа факторов и причин, приводящих к случаям производственного травматизма в транспортной отрасли, которые позволили обосновать направления совершенствования системы управления техносферной безопасностью транспортных систем и отдельных ее элементов.

2. Модель, определяющая закономерность профессиональных рисков с учетом возможной их оценки от функциональных параметров, управление которыми позволит в полной мере реализовать концепцию «нулевого травматизма».

3. Система мероприятий для улучшения эмоционального и физического состояния работника посредством увеличения физической активности, позволяющая повысить внимание, реакцию и ответственность, а также расширение профессиональных компетенций с помощью внедрения механизмов наставничества при повышении квалификации.

4. Комплекс математического и алгоритмического обеспечения, позволяющего посредством обработки серии фотографий работника оценить его психоэмоциональное состояние в режиме реального времени, что позволит снизить вероятность профессиональных рисков из-за человеческого фактора.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации подтверждается корректной постановкой решаемых задач, использованием традиционных и современных верифицированных методик и подходов в области системного и статистического анализа, сбора и обработки экспериментальных данных, сравнением полученных результатов с результатами других авторов и данными, полученными в ходе натурных и численных экспериментов. Экспериментальные данные получены с применением оборудования, имеющего соответствующие сертификаты.

Апробация работы. Результаты исследований, изложенные в диссертации, неоднократно докладывались и обсуждались на научно-практических конференциях и семинарах: на научных конференциях профессорско-преподавательского состава и семинарах РУТ (МИИТ) в 2017-2022; на конференциях «Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство» в 2018-2022 гг.; на Международной Интернет-конференции «Современные проблемы железнодорожного транспорта» в 2019-2022 гг.; на Международной конференции «Environment, Energy and Earth Sciences» (E3S Web of Conferences) в 2020.

Внедрение результатов исследования. На основании проведенных исследований разработаны система классификации возможных опасностей на рабочих местах; метод и алгоритмы оценки психоэмоционального состояния работника, которые используются при допуске сотрудников на рабочее место для проведения ремонтных работ транспортных средств; модель оценки профессиональных рисков в зависимости от параметров состояния рабочего места, сотрудника, типа выполняемых технологических операций исходя из концепции «нулевого травматизма»; математическое и алгоритмическое обеспечение в виде приложения обрабатывающего фотографии работника и по анализу образа, позволяющего оценить психоэмоциональное состояние перед перемещением в опасную зону, указанные элементы системы управления техносферной безопасностью используются в производственно-технологической деятельности и при повышении квалификации кадров в области техносферной безопасности транспортных систем Группой компаний «Вагонпутьмаш» (г.

Москва), Независимого испытательного центра наземных транспортных комплексов (г. Москва), АНО Центр Развития Транспортной Инфраструктуры (Институт Проблем Управления Транспортной Инфраструктуры).

Личный вклад автора диссертации заключается в постановке цели и задач научной работы, разработке плана проведения исследований, в анализе причин, приводящих к случаям производственного травматизма в транспортной отрасли, в разработке критериев классификации возможных опасностей на рабочих местах. Автором была предложена модель представления профессиональных рисков с учетом управляемых факторов для достижения параметров концепции «нулевого травматизма». Разработаны предложения для комплекса мероприятий, направленных на улучшение эмоционального и физического состояния работника. Автором разработано алгоритмическое обеспечение, совокупность моделей и методов, позволяющих оценить психоэмоциональное состояние работника в режиме реального времени. Также были систематизированы и обобщены полученные экспериментальные результаты и результаты моделирования, сформулированные в основных положениях и результатах диссертации.

Публикации. Основные результаты исследований изложены в 28 работах, в том числе в 7 статьях в рецензируемых научных журналах, рекомендованных ВАК РФ, которые соответствуют перечню рецензируемых изданий, где должны быть опубликованы научные результаты диссертации на соискание ученой степени по специальности 2.9.10 «Техносферная безопасность транспортных систем» и в 4 статьях из изданий, входящих в международную базу научного цитирования Scopus.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений и списка литературы. Общий объем исследовательской работы составляет 164 машинописных страницы, содержит 49 рисунков и 8 таблиц. Список литературы включает 195 наименований.

Глава 1. АНАЛИЗ ПРИЧИН, ПРИВОДЯЩИХ К СЛУЧАЯМ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА, И СУЩЕСТВУЮЩИХ ПОДХОДОВ, МЕТОДОВ И СТАНДАРТОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА В ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

1.1. Анализ современного состояния проблемы безопасности труда и техносферной безопасности

В экономике страны, по оценке экспертов, имеется около 48 млн. рабочих мест, на них занято свыше 71 млн. работников, из них на предприятиях железнодорожной отрасли работает более 1,3 млн. человек. С 2010 по 2020 годы наблюдается положительная тенденция снижения уровня производственного травматизма, в том числе уменьшения количества погибших из-за несчастных случаев на производстве.

По сложившейся практике Международной организации труда (МОТ) [99] ведется учет смертельного травматизма по показателю числа погибших на 100 тыс. занятых в экономике. В Российской Федерации также ведется учет данного расчетного показателя, который в настоящее время согласно статистике, в целом, соответствует среднему уровню смертельного травматизма в странах Европейского Союза, Японии и США и существенно ниже уровня смертельного травматизма в странах БРИКС. Однако, количество несчастных случаев со смертельным исходом из общего числа несчастных случаев в десятки раз больше, чем в странах Европы. Возможно, это связано с методикой учета несчастных случаев, когда нетяжелые случаи просто не учитываются [163]. Тем не менее, количество погибших работников в результате несчастных случаев на производстве в транспортной отрасли традиционно остается на высоком уровне [102, 108, 130, 141]. Производственная травма (трудовое увечье) – это следствие влияния на организм различных внешних, опасных производственных факторов [8]. Чаще всего производственная травма является результатом механического воздействия при наездах, падениях или контакте с механическим оборудованием

[56]. По данным Минтруда [102], уровень производственного травматизма в России выше, чем во Франции в 5,5 раза, США – 4,5 раза, Германии – 4 раза, Японии – 2,5 раза [158]. Согласно данным Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) [18] смертность от несчастных случаев занимает третье место после сердечно-сосудистых и онкологических заболеваний [99].

В период с 2014 по 2020 годы действовала стратегическая программа по охране труда Европейского социального фонда, направленная на решение стоящих перед ЕС проблем, она также включала профилактику заболеваний, связанных с работой [33].

Наряду с профилактическими мероприятиями важное значение имеет лечение пострадавших по причине тяжелых несчастных случаев на производстве на ранних этапах, потому что очень важно возвращение пострадавших к трудовой деятельности без определения им инвалидности и степени утраты профессиональной трудоспособности [13,32]. За период 2001-2020 гг. расходы на медицинскую, социальную и профессиональную реабилитацию значительно возросли [20,21].

Субъектами обязательного социального страхования являются застрахованные (работающие граждане), страхователи (работодатели) и страховщик – Фонд социального страхования Российской Федерации. Задачи социального страхования представлены на рисунке 1.1. В системе обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний зарегистрировано около 5,5 млн. страхователей, количество застрахованных составляет около 56 млн. человек [56]. Численность пострадавших от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, которые получают страховое обеспечение, составляет примерно 480 тыс. человек [56, 102, 158]. Расходы Фонда социального страхования Российской Федерации на обеспечение пострадавших от несчастных случаев на производстве и профзаболеваний за 2010-2020 годы увеличились в пределах 1,5 раза [56].

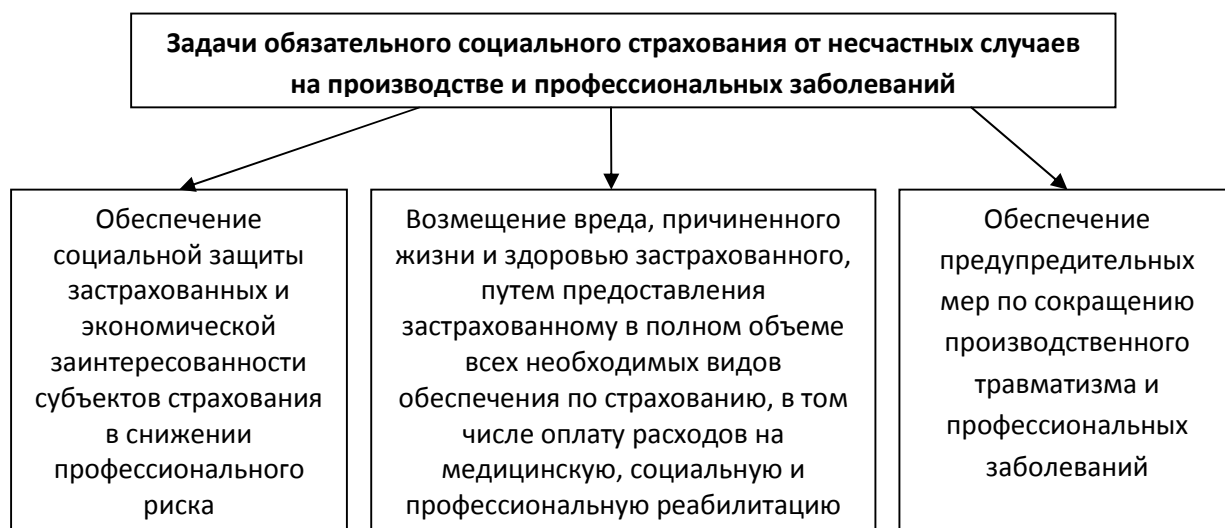


Рисунок 1.1 – Задачи социального страхования

Развитие экономики способствует все большему вовлечению работающих в производственный процесс, а, следовательно, и проблема охраны труда как составляющей техносферной безопасности становится более острой [7].

Несмотря на принимаемые меры, направленные на снижение травматизма, повышение безопасности труда, по оценкам Международной организации труда (МОТ) [56, 99, 102], около 2,3 млн. мужчин и женщин каждый год погибают в результате несчастных случаев на рабочем месте или связанных с работой заболеваний (6 тыс. человек ежедневно). В мире ежегодно регистрируется примерно 340 млн. несчастных случаев на производстве и 160 млн. жертв профессиональных заболеваний. С каждым годом статистические данные МОТ показывают рост количества несчастных случаев и ухудшения состояния здоровья [99]. Методологически рассчитанное количество несчастных случаев на производстве для стран СНГ равняется 11 000 человек, регистрируются, при этом, 5850 случаев (т.е. происходит занижение фактического количества несчастных случаев).

В общей структуре причин несчастных случаев на производстве с тяжелыми последствиями, произошедших в Российской Федерации в 2020 году, около 65,0% вызваны типичными причинами организационного характера: неудовлетворительная организация производства работ, нарушения требований

безопасности, недостатки в обучении работников безопасности труда, нарушения трудовой дисциплины и т.д. [159,160].

Данные статистики травматизма показывают, что основными причинами тяжелых несчастных случаев на производстве по итогам 2020 года явились причины, представленные на диаграмме (Рисунок 1.2).

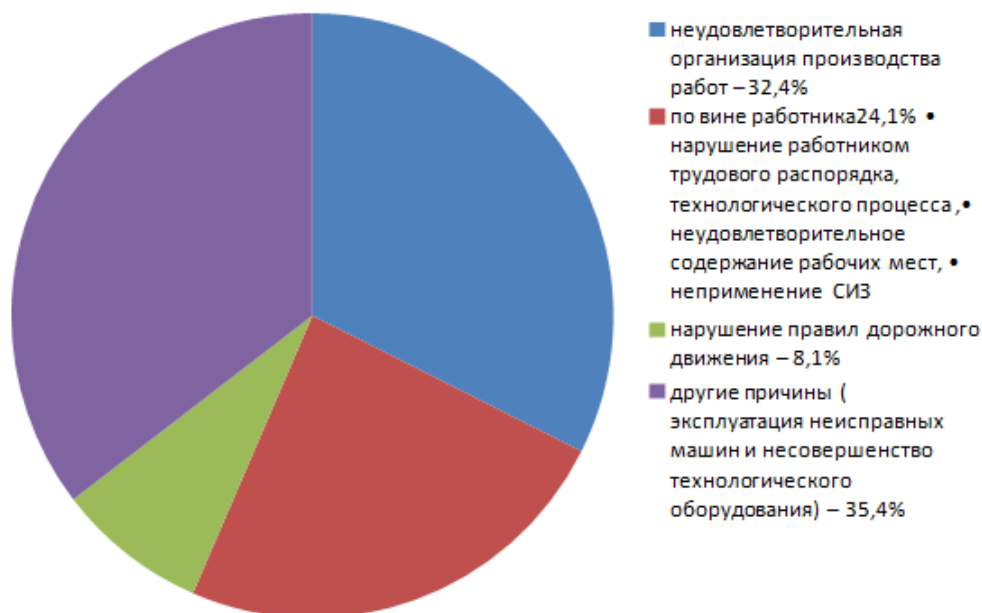


Рисунок 1.2 – Причины несчастных случаев на производстве

Доля несчастных случаев с тяжелыми последствиями, имеющими причинами технологические и технические (техногенные) факторы, составляет около 9,0% [56, 102, 162]. То есть ликвидация причин не требует каких-то дополнительных финансовых вложений, просто необходима действенная системы управления охраной труда на предприятии.

1.1.1. Анализ производственного травматизма на производстве на примере Воронежской области

Согласно докладу государственной инспекции труда в Воронежской области «О рассмотрении организаций, на которых произошли тяжелые несчастные случаи или несчастные случаи со смертельным исходом на производстве» [31] на предприятиях за период 2012 – 2015 гг. в целом наметился

спад производственного травматизма данных категорий. Так, например, если в 2013 году произошло 120 несчастных случаев с тяжелыми последствиями, из них: 12 – групповых несчастных случаев, 83 – тяжелых и 25 – со смертельным исходом. За 2014 год всего: 100 несчастных случаев, из них 7 групповых несчастных случаев, 68 тяжелых и 25 со смертельным исходом. За 2015 год расследовано и приняты к учету в Воронежской области, как несчастные случаи на производстве, всего: 91 несчастных случаев, из них: 7 – групповых, 64 – тяжелых и 20 – со смертельным исходом. Общее количество погибших на производстве за 2015 год по предприятиям Воронежской области составило 25 человек, в том числе 4 женщины.

Однако уже в 2016 году снова наметился рост производственного травматизма [30,31,148]. Так, в 2016 году расследовано и принято к учету всего: 99 несчастных случаев, из них: 7 - групповых, 67 тяжелых и 25 со смертельным исходом. Общее количество погибших на производстве за 2016 год по предприятиям Воронежской области составило 28 человек, в том числе 1 женщина.

За 1 полугодие 2017 года расследовано и принято к учету в Воронежской области [31], как несчастные случаи на производстве, всего: 41 несчастный случай, что на 11% больше, чем за аналогичный период 2016 года (37 – несчастных случаев). Из них: 3 – групповых, что на 13% меньше, чем за аналогичный период 2016 года (4 – несчастных случая), 32 – тяжелых, что на 28% больше, чем за аналогичный период 2016 года (25 – несчастных случаев) и 6 – со смертельным исходом, что на 33% меньше, чем за аналогичный период 2016 года (8 – несчастных случаев). Общее число погибших за 1 полугодие 2017 года составило 7 человек. Анализ представленных показателей выявил рост производственного травматизма за 1 полугодие 2017 года по сравнению с 1 полугодием 2016 года, данный рост стал возможным за счет увеличения числа тяжелых несчастных случаев на производстве (Рисунок 1.3).

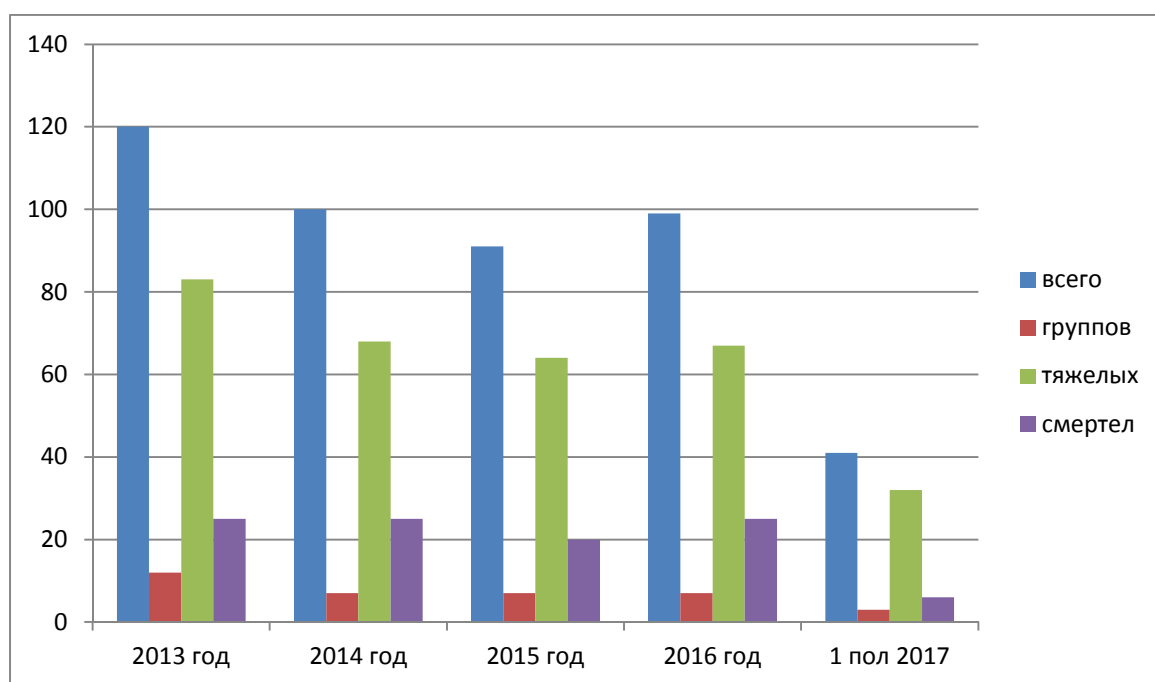


Рисунок 1.3 – Диаграмма производственного травматизма в Воронежской области

На основе проведенного анализа производственного травматизма можно сделать выводы, что наиболее травмоопасными периодами времени являются 2 и 3 кварталы каждого года, т.е. периоды наибольшей экономической активности предприятий [30,31]. Данный вывод подтверждается и результатами отчета за 2 квартал 2017 года. Так, если общее количество расследованных и принятых к учету в 1 квартале 2017 года составило 11 – несчастных случаев, то во 2 квартале их уже 30. Из них: количество групповых несчастных случаев в первом квартале – 1, во втором квартале – 2, количество тяжелых несчастных случаев в первом квартале – 10, во втором квартале – 22, количество несчастных случаев со смертельным исходом на производстве в первом квартале – 0, во втором – 6.

Для осуществления контрольно-надзорных функций государственными инспекциями труда в регионах Рострудом утверждены методические рекомендации по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда (приказ Роструда от 21.03.2019 N 77) [101]. Рекомендации подготовлены с учетом требований Трудового кодекса Российской Федерации, Типового положения о системе управления охраной труда [89,114,

144]. Данные рекомендации содержат алгоритм проверки создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда; меры инспекторского реагирования при выявлении нарушений трудового законодательства и другое.

1.1.2. Анализ производственного травматизма на железнодорожном транспорте

В зоне работы железнодорожного транспорта, на человека (работника) могут воздействовать факторы повышенной опасности травматизма [1,2]. Это электротравматизм, вредное воздействие шума, вибраций, электромагнитных полей, неблагоприятных микроклиматических факторов производственной среды, вещества, загрязняющие воздух рабочей зоны и др. [133, 135, 138]. На железнодорожном транспорте как среде с факторами повышенной опасности, на рабочих местах работников могут возникать и целые комплексы вредных воздействий [4] (Рисунок 1.4).

Профессиональная деятельность в зависимости от риска гибели делится на четыре категории: безопасная, относительно безопасная, опасная и особо опасная [132]

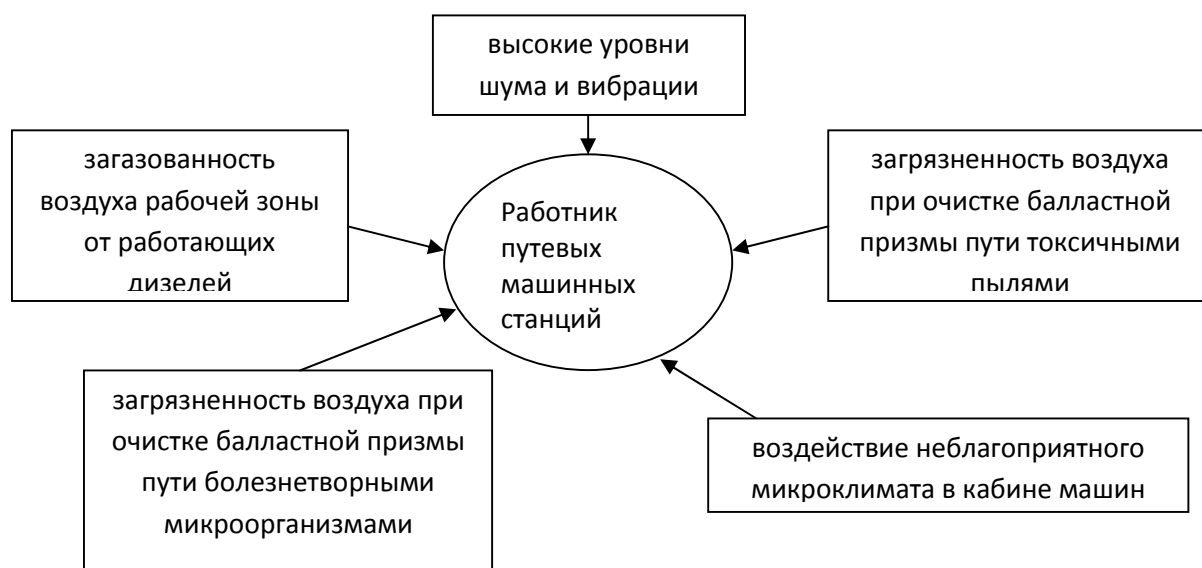


Рисунок 1.4 – Воздействие вредных факторов на работников путевых машинных станций

На железнодорожном транспорте наблюдаются следующие профессиональные заболевания, проранжированные по частоте их наступления: 1) связанные с воздействием пылей (аэрозолей); 2) вызываемые воздействием интенсивного производственного шума и вибраций; 3) заболевания опорно-двигательного аппарата от тяжести труда и заболевания от воздействия неблагоприятных микроклиматических факторов производственной среды [144, 145]. На многих рабочих местах присутствуют и другие факторы, сверхнормативные предельно допустимые уровни (ПДУ) воздействия которых также могут приводить к профессиональным заболеваниям [56, 91]. Это и загазованность рабочей среды, различного рода излучения, высокие уровни ультра- и инфразвука, чрезмерные зрительные напряжения и др. Одновременное воздействие комплекса факторов усугубляет негативное влияние одного основного неблагоприятного фактора на здоровье человека [90,122,123]. Исходя из того, что железнодорожная отрасль является потенциально высокоопасной, особенное внимание ОАО «РЖД» уделяется предупреждению производственного травматизма, несчастных случаев и профзаболеваний на производстве путем соблюдения правил и норм охраны труда и техносферной безопасности на производстве.

Кроме того, в транспортной отрасли внедряется риск-ориентированный подход в охране труда, меняется вектор внимания от реагирования на результаты воздействия опасных и вредных производственных факторов на здоровье работников к профилактике [83] такого воздействия путем создания системы управления профессиональными рисками на рабочих местах.

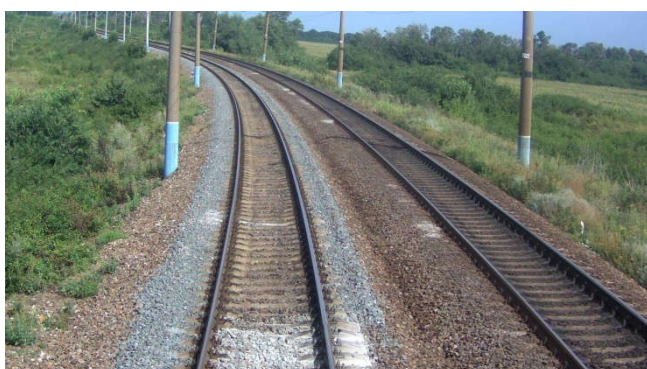
1.2. Подходы, методы и стандарты обеспечения техносферной безопасности транспортных систем

В области техносферной безопасности для различных отраслей народного хозяйства, включая транспортные системы, существуют различные подходы ее обеспечения, основные из которых будут рассмотрены далее.

1.2.1. Риск-ориентированный подход

В последнее время значительное внимание уделяется развитию именно транспортного строительства. Проектируются высокоскоростные железнодорожные магистрали, строятся объекты транспортной инфраструктуры и линейные транспортные объекты. Увеличение темпов строительства связано с созданием конкурентоспособных строительных технологий и организационно-технологических решений, обеспечивающих улучшение качества возведения сооружений при повышении уровня безопасности труда, усилении профилактики травматизма и заболеваемости работников на производстве. Развитие современных транспортных систем [15,91,151,175] предполагает увеличение скоростей, грузоподъемности подвижного состава, общей протяженности транспортных магистралей расположенных как на земляном полотне (Рисунок 1.5 а), так и на искусственных сооружениях, например, на мостовых переходах (Рисунок 1.5 б).

Одним из принципов профилактики производственного травматизма является принцип управления профессиональными рисками на основе риск-ориентированного подхода [91,92,94]. Указанный принцип устанавливает изменения в системе управления охраной труда, вызванные актуальными социально-экономическими вопросами [131].



а)



б)

Рисунок 1.5 – Магистральная железная дорога: а) верхнее строение пути расположено на земляном полотне, б) верхнее строение пути расположено на железобетонном балочном мосту

Актуальным в области развития технологий и организации строительства при совершенствовании технологических процессов, методов и форм организации строительства и его производственной базы является рассмотрение вопросов техносферной безопасности транспортных систем при увеличении роли комплексной механизации технологических процессов [91].

В связи с автоматизацией многих производственных процессов, в том числе, и в транспортном строительстве, своевременной является разработка принципов организации труда на базе, с одной стороны, комплексной механизации технологических процессов, а с другой стороны, техносферной безопасности транспортных систем [105]. В современных реалиях роста интенсивности труда, достижения количественных показателей производства [47] и сокращения технологических окон в графиках эксплуатации железнодорожной инфраструктуры традиционные модели охраны труда, основанные на понятиях неприемлемого, социально приемлемого риска, системах обучения инженерно-технических работников и рабочих, инструктажей по охране труда, не всегда имеется возможность разработки и реализации прогрессивных методов организации безопасного труда на базе комплексной механизации технологических процессов. Наиболее перспективной является предложенная риск-ориентированная модель охраны труда [113]. Данная модель основывается на применении методов оценки рисков для снижения общей административной нагрузки на субъекты предпринимательской деятельности [19]. Кроме того, внедрение риск-ориентированного подхода позволит повысить эффективность контрольно-надзорной деятельности [54].

Последующее Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2017 г. № 197 [114] дополняет список применения риск-ориентированного подхода 33 видами государственного контроля (надзора), включая и сферу транспортной безопасности.

В ОАО «РЖД» уделяется большое внимание техносферной безопасности транспортных систем, безопасности труда на железной дороге, разработке мероприятий по предупреждению несчастных случаев, профессиональных

заболеваний и профилактике травматизма, совершенствуется правовая база [36] и система управления охраной труда. Для этого, в частности, с 20 февраля 2017 года введен в действие Стандарт СТО РЖД 15.001-2016 «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Общие положения», утвержденный распоряжением от 29 декабря 2016 года № 2773р [143]. Стандарт является основополагающим стандартом системы управления охраной труда в ОАО «РЖД», он разработан на основе ратифицированной Конвенции № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда» [46] и Рекомендаций № 197 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда» [128], Международной организации труда, а также в связи с изменением структуры и совершенствованием системы управления охраной труда в ОАО «РЖД».

Согласно Стандарту [143] выявление и предотвращение опасностей в ОАО «РЖД» осуществляют в ходе проведения оценки и управления профессиональными рисками, специальной оценки условий труда, производственного контроля условий труда, обеспечения сертифицированными средствами индивидуальной и коллективной защиты, предупреждения аварийных ситуаций и ликвидации их последствий [36].

Несмотря на значительные подвижки в области нормативно-правового обеспечения охраны труда на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры многие вопросы остаются не до конца регламентированными на разных уровнях управления. В связи с вышесказанным актуальным и своевременным является необходимость в решении задач совершенствования комплексных систем охраны труда на предприятиях и объектах транспорта, в том числе, путем внедрения риск-ориентированного подхода на основе учета вероятности наступления того или иного страхового случая.

Применение риск-ориентированного подхода позволяет разрабатывать прогрессивные методы организации труда на базе комплексной механизации технологических процессов при строгом соблюдении условий эффективного и безопасного труда, без широкого использования статистических данных, связанных с уже произошедшими случаями производственного травматизма [91].

Потребность в управлении производственными рисками особенно актуальна при применении новой техники, современных средств комплексной механизации и технологий строительства [51]. Одной из современных технологий строительства и модернизации верхнего строения железнодорожного пути является укладка не готовой рельсошпальной решетки, а раздельная укладка шпал и рельсов, в последствии объединяемых в единую конструкцию. Такая технология хорошо зарекомендовала себя в Европе, в частности во Франции, и может быть эффективно использована в России на протяженных главных магистралях с малым числом ответвлений и примыканий железных дорог с малыми скоростями движения и низкой грузонапряженностью. Особенностью предлагаемой технологии является то, что работы возможно проводить только на закрытом перегоне в течение минимум 6 часов. Такие технологические окна в основном приходятся на ночное время суток, когда видимость ограничена, труд особо напряженный, следовательно безопасности труда должно уделяться наибольшее внимание. Организация рабочего места при снаряжении путеукладочного поезда раздельной укладки на железной дороге во Франции представлена на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Организация рабочего места при снаряжении путеукладочного поезда раздельной укладки на железной дороге во Франции

На рисунке 1.7 представлен строительно-монтажный поезд, с использованием которого выполняют раздельную укладку верхнего строения пути (Рисунок 1.7.а), а также работы в ночное время суток по замене старых шпал

на новые (Рисунок 1.7б) и замене рельсов (Рисунок 1.7в), а также установки креплений между рельсом и шпалой.

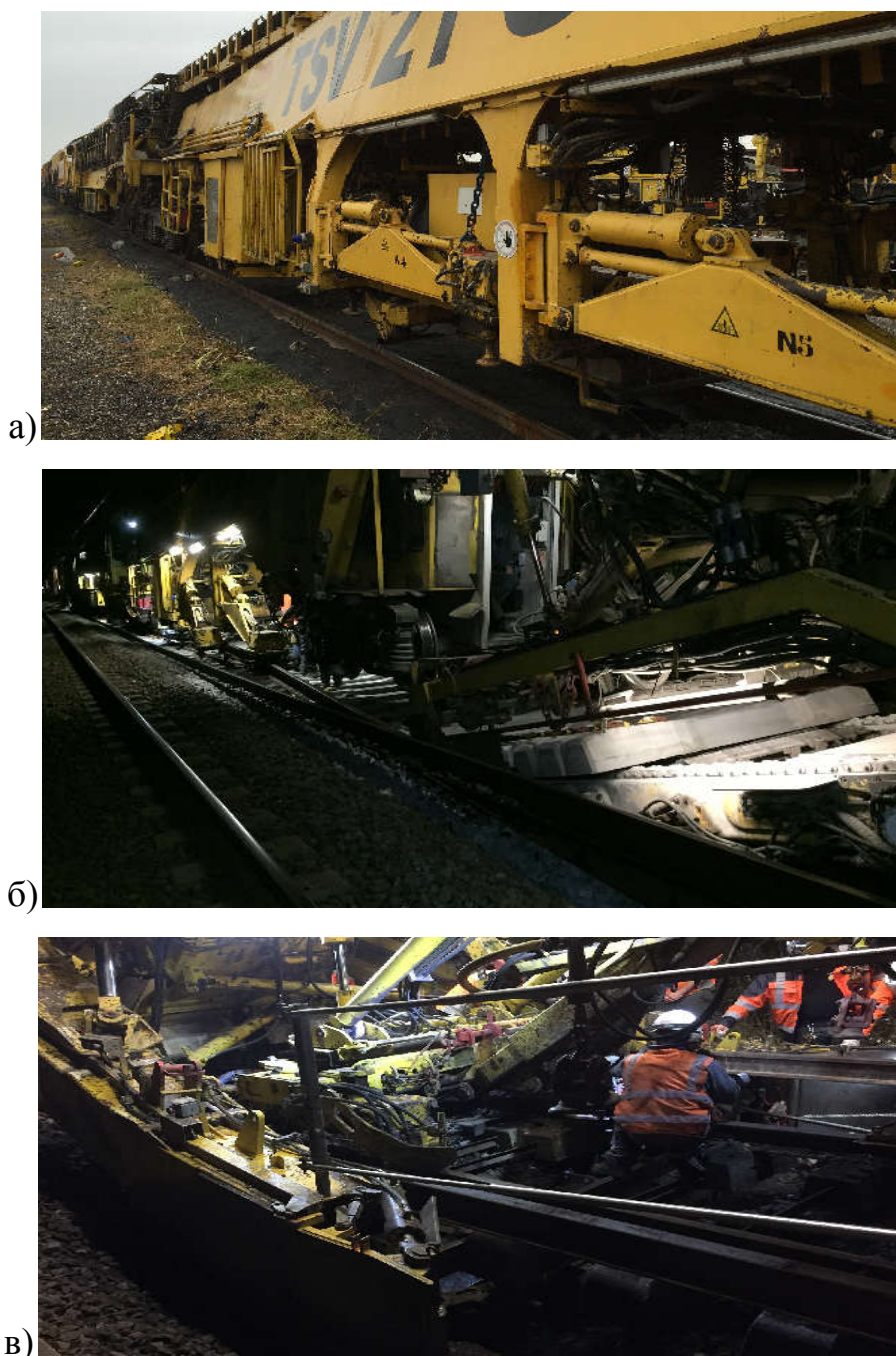


Рисунок 1.7 – Раздельная укладка верхнего строения железнодорожного пути:
а) Строительно-монтажный поезд TSV 21, б) укладка шпал, в) замена рельс

1.2.2. Концепция «Нулевого травматизма»

Другим подходом в обеспечении техносферной безопасности транспортных систем в ОАО «РЖД» явилось присоединение компании к международной

программе «Vision Zero» [49]. Концепция создана на основе всеобъемлющего обследования наиболее эффективных профилактических мер, путем анкетирования свыше 1000 работодателей, менеджеров, инспекторов и других представителей профессионального сообщества, которые ответили на вопросы относительно передовой практики. Международная организация социального обеспечения (МАСО) разработала «Руководство по реализации Концепции «Vision Zero».

Концепция «Vision Zero» предлагает семь основных правил [49,50]:

1. Стать лидером – показать приверженность принципам;
2. Выявлять угрозы – контролировать риски;
3. Определять цели – разрабатывать программы;
4. Создать систему безопасности и гигиены труда – достичь высокого уровня организации;
5. Обеспечивать безопасность и гигиену на рабочих местах, при работе со станками и оборудованием;
6. Повышать квалификацию – развивать профессиональные навыки;
7. Инвестировать в кадры – мотивировать посредством участия.

Для обеспечения следования этим правилам требуется серьезная организационная работа с использованием специального инструментария, с помощью которого можно достичь поставленных целей.

Для достижения «Нулевого травматизма» ОАО «РЖД» принимает целый комплекс мер, в том числе активно внедряет новые технические средства для выведения человека из рабочей зоны (проводится автоматизация производственных процессов), переходит на безлюдные технологии (например, регулярное движение в беспилотном варианте планируется использовать на МЦК). В компании внедряется риск-ориентированный подход в системе охраны труда [70,84,91,94] с вовлечением в работу персонала на основе комплексной оценки вредных и опасных производственных факторов на каждом рабочем месте. Завершено проведение специальной оценки условий труда на рабочих местах. Сейчас уровень общего травматизма в ОАО «РЖД» в четыре раза ниже

среднего по стране, а со смертельным исходом – в 1,5 раза; за последние 5 лет общий травматизм снижен более чем на треть (37%), а число смертельных случаев уменьшилось почти наполовину (на 44%) [158], поэтому есть позитивный прогноз о достижении требований концепции «Нулевого травматизма» в ОАО «РЖД».

В Программе нулевого травматизма предусматривается алгоритм действий работодателя по предотвращению производственного травматизма. Приоритетом Программы «Нулевой травматизм» является повышение техносферной безопасности, безопасности и гигиены труда, условий труда и общих условий работы в контексте их соответствующих миссий, стратегий, компетенций и ресурсов [87,92,93].

Изменения, внесенные в трудовое законодательство, способствуют внедрению передовых достижений в области техносферной безопасности, построению системы активного управления охраной труда, сближению и гармонизации требований техносферной безопасности в Российской Федерации с аналогичными требованиями лучших мировых практик, а, следовательно, снижению уровня производственного травматизма.

Положения Концепции «Нулевого травматизма» направлены на достижение безопасных условий труда. Безопасные и здоровые условия труда, кроме морально-юридических обязательств, окупаются и в экономическом плане. Международные исследования доходности инвестиций в профилактику доказали, что каждый доллар, вложенный в охрану труда, создает потенциальную прибыль более двух долларов.

1.2.3. Оценка профессиональных рисков

Для достижения целей Концепции «Нулевого травматизма» [49] в нормативных документах закреплено новое направление в охране труда – оценка профессиональных рисков для дальнейшего управления ими. Согласно принятым документам [113,114] оценка профессиональных рисков должна проводиться в

каждой организации независимо от числа имеющихся сотрудников и рода деятельности. Работодатель обязан создать систему управления охраной труда и контролировать, как она функционирует (ст. 212 ТК) [156]. Оценка профессиональных рисков осуществляется на основе применения одного из 31 предлагаемого метода (по выбору работодателя). Метод выбирают в зависимости от характера деятельности и сложности производственных операций (п. 37 Типового положения о системе управления охраной труда, утв. приказом Минтруда от 19.08.2016 № 438н) [116]. Чтобы управлять рисками, необходимо выявить (установить) все опасности на рабочих местах, оценить уровни профессиональных рисков и предложить мероприятия для их снижения [41]. Для разработки математической модели оценки уровня профрисков предлагается использовать модель, полученную при исследовании [85].

В целях снижения нагрузки на работодателя происходит конкретизация и уточнение предъявляемых требований и утверждаемых положений нормативных актов по различным направлениям охраны труда, уточнены отдельные правоотношения при ведении реестра организаций, выполняющих специальную оценку условий труда [40]. Обновляются профессиональные стандарты работников железнодорожной отрасли, например, работников по контролю за состоянием железнодорожного пути; по управлению и обслуживанию уборочных установок, мойке, уборке железнодорожного подвижного состава; наладчика контрольно-измерительных вагонов железнодорожного транспорта; специалиста по организации ремонта, технического обслуживания и изготовления узлов транспортных средств и элементов инфраструктуры, зданий и сооружений железнодорожного транспорта; бригадира по текущему содержанию и ремонту пути и искусственных сооружений железнодорожного транспорта; специалистов по обработке и оценке результатов контроля технического состояния элементов верхнего строения железнодорожного пути и др. В них устанавливается основная цель вида профессиональной деятельности, требования к образованию и обучению, особые условия допуска к работе и другие характеристики [82].

Кроме того, вводятся в действие обновленные правила по охране труда при сооружении мостов, при производстве дорожных строительных и ремонтно-строительных работ. Правила разработаны в рамках «регуляторной гильотины» [82] с учетом риск-ориентированного подхода и современного уровня технологического развития в целях минимизации риска получения производственных травм и профессиональных заболеваний работников. Правила устанавливают государственные нормативные требования охраны труда к организации и работам строительства [82], реконструкции, ремонта и содержания железнодорожных, автомобильно-дорожных, городских, пешеходных мостов, путепроводов, эстакад, виадуков, акведуков, труб под насыпями дорог в исправном состоянии, эксплуатации дорожной и строительной техники и технологического оборудования, а также при изготовлении сборных и монолитных бетонных и железобетонных конструкций на строительных площадках, выполняемых мостостроительными организациями [82].

Таким образом осуществляется переход от множества декларативных нормативов, оценивающих ситуацию апостериорно, требующих больших финансовых затрат на контроль их выполнения, к риск-ориентированному подходу предупреждения травм и заболеваний, к оценке профессиональных рисков в целях управления ими, к формированию культуры профилактики, которая является основой всей трудовой деятельности человека [82,85].

1.2.4. Сохранение человеческого капитала

Другим подходом обеспечения техносферной безопасности, безопасности и охраны труда является сохранение человеческого капитала.

Человеческий капитал – это интенсивный производительный фактор развития экономики, включающий в себя образованную часть трудовых ресурсов, инструментарий интеллектуального и управленческого труда [9]. Также человеческий капитал включает в себя человеческие ресурсы и вносит свой вклад в повышение качества и производительности труда во всех видах деятельности

[35]. Сохранение и развитие человеческого капитала необходимо для качественного совершенствования человеческих ресурсов, для эффективной деятельности организации и экономики в целом [87]. Человеческий капитал воплощен в личности человека и является источником будущих доходов [16].

Несмотря на большое внимание к техносферной безопасности в Российской Федерации с целью разработки методов и средств, обеспечивающих благоприятные условия для человека, на все меры социальной поддержки и программу материнского капитала, население нашей страны продолжает убывать [18]. Так, по итогам 2021 года общая естественная убыль составила – 1,04 млн. чел., в 2022 году – 599 тыс. 616 человек (на 42,5% ниже аналогичного показателя за 2021 год), и приток мигрантов не перекрывает этого. То есть статистика показывает устойчивое снижение народонаселения России [130]. Все это влияет на человеческий капитал страны (Рисунок 1.8). Согласно прогнозу Совбеза России 2009 года ежегодно объем физически трудоспособного населения России будет сокращаться в среднем на 700 тысяч человек в год. При этом предполагалось, что «кадровая яма» закончится к 2025 году. Однако данный прогноз продлен Совбезом до 2036 года. Происходит сокращение трудоспособного населения Российской Федерации, то есть физически способного к труду персонала в рамках всей страны.



Рисунок 1.8 – Изменение численности населения России [179]

Необходимо не только увеличивать количество населения, но и его качество, то есть развивать профессионализм специалистов, повышать их квалификацию, находить и привлекать новые таланты [87]. Исследования, проведенные компанией «HR-Лидер» во время пандемии в первом полугодии 2020 года, показали, что, несмотря на приостановку производства, высококвалифицированные специалисты в разных областях так и не высвободились.

Для этого предлагается использовать в том числе концепцию наставничества как один из наиболее эффективных способов подготовки и развития специалистов в различных сферах человеческой деятельности, в том числе в научной области [70]. Теперь мы стоим на пороге новой реальности «битвы за людей» в бизнесе. В настоящее время имеется конкуренция практически во всех отраслях экономики, есть инвестиционные программы, но нет людей. На большинстве производственных предприятий имеется значительный недостаток квалифицированных рабочих специальностей и грамотных инженерно-технических работников (ИТР).

При этом удовлетворенность работодателей трудовыми ресурсами представляет собой один из базовых критериев инвестиционной привлекательности регионов [87]. Этот показатель определяется основными четырьмя параметрами:

- достаточность трудовых ресурсов;
- время на поиск трудовых ресурсов;
- стоимость поиска трудовых ресурсов;
- профессионализм найденных трудовых ресурсов.

Все четыре характеристики от 2016 года к 2022 году показывают отрицательную динамику, и эта тенденция усугубляется. Причины отрицательной динамики разные – снижение рождаемости в 1990 годах, падение уровня профессионального образования, отсутствие технологий управления людьми в целом и человеческим капиталом на предприятии в частности. А в результате значительное количество работодателей уже начали ощущать дефицит не только

качественных кадров, но и физический дефицит кадров вообще. Зачастую руководители и собственники предприятий утверждают, что производственные мощности есть, деньги есть, но не хватает людей на конкретные рабочие места. Таким образом, появляется еще одна причина торможения экономического развития страны. Фраза «Кадры решают все» в новой реальности актуальна как никогда [87].

Поэтому реализация Концепции «Нулевого травматизма» на всех уровнях социально-трудовых отношений, в том числе на уровне организации, является важнейшей задачей, в том числе экономической [49]. Каждая отрасль, каждое предприятие должно выстроить свою стратегию и тактику управления человеческим капиталом для достижения своих производственных целей.

Одно из направлений инвестирования в человеческий капитал – это мотивация работников посредством привлечения их к решению всех вопросов охраны труда, поощрение за безопасное поведение, реагирование на неосторожные действия или опасную ситуацию [115], проявление интереса к их мнению в решении сложных производственных заданий [84,90,187]. Работник должен стать полноценным звеном в системе управления охраной труда, оценке рисков на рабочем месте. Очевидно, что без должных мер по усовершенствованию техносферной безопасности не может быть необходимой производительности труда и цивилизованной социальной составляющей экономики [96].

Президент Российской Федерации В.В. Путин в своих выступлениях не раз подчеркивал, что на здоровье и тем более на жизни людей экономить нельзя [111]. Также он говорит о немалой пользе реализации Генерального соглашения между Правительством и общероссийскими объединениями профсоюзов и работодателей [20,21], в том числе в сфере эффективного и безопасного труда.

Среди приоритетных целей соглашения стороны видят, в частности, создание условий, содействующих формированию структурно развитой, обеспечивающей нужды страны и населения, конкурентоспособной экономики на базе рабочих мест, позволяющих использовать материальные и человеческие

ресурсы эффективно с точки зрения интересов всех субъектов экономики; обеспечение нового, более высокого уровня жизни граждан Российской Федерации, прежде всего за счет кардинального повышения эффективности государственного управления и социальной ответственности всех субъектов экономики, внедрения принципов достойного труда на основе подходов Международной организации труда (МОТ) [21,99,106,107].

1.2.5. Внедрение системы управления профессиональными рисками в транспортной отрасли

Транспортная отрасль, включая ОАО «РЖД», является одной из ведущих отраслей народного хозяйства, обеспечивающая взаимодействие других отраслей экономики страны. Выполнение решений Правительства РФ, направленных на сохранение человеческого капитала, именно в этой сфере очень важно для развития всей экономики России.

На основе трехстороннего Генерального соглашения [20] для снижения смертности от производственного травматизма и предотвращения профессиональных заболеваний в сфере условий и охраны труда предусматривается внедрение системы управления профессиональными рисками [116], повышения роли специальной оценки условий труда [155], а также экономических методов управления охраной труда [141,149,150]. Разработана и внедряется программа действий по улучшению условий и охраны труда, техносферной безопасности [117].

Также в Генеральном соглашении предусмотрены обязательства сторон о продолжении совместной работы по подготовке концепции развития социального партнерства, ратификации Российской Федерацией конвенций Международной организации труда (МОТ).

Одна из основных задач МОТ – пропаганда и продвижение идеи достойного труда [98]. В 2007 г. под руководством МОТ в области управления охраной труда принят межгосударственный стандарт ГОСТ 12.0.230-2007 «Системы управления

охраны труда. Общие требования содружества независимых государств СНГ» [23]. В дальнейшем задачей МОТ в сфере охраны труда стало продвижение на каждом предприятии идей, предусмотренных стандартом.

При этом можно отметить, что и отечественный, и международный опыт показывает, что инспектирование и контроль не способны охватить все предприятия [53]. Гораздо более разумным подходом является развитие сотрудничества между работодателем и работником [10,39,91]. В этом плане осведомленность об экономических затратах, вызываемых плохими условиями труда, играет ключевую роль для мотивации работодателей [45]. Например, оценка экономических затрат некоторых предприятий на территории Ленинградской области в результате несчастных случаев показала, что сумма материальных потерь предприятий достигает сотен тысяч рублей [141]. Это так называемые «скрытые потери». По данным МОТ, они в 4 раза превышают потери явные [99]. Несчастный случай, произошедший на производстве, приводит к потерям не только денег, но и времени, и потере качества специалиста с его личностными параметрами. Страхование не покрывает затраты. Сумма всех расходов, вызванных несчастными случаями, может быть соизмерима с годовым доходом предприятия [151]. Получается, выгоднее вкладывать деньги в охрану труда, чем нести затраты, связанные с производственным травматизмом. В изданных МОТ методических пособиях даны практические рекомендации по данным аспектам [99]. Главная задача – способствовать созданию такого потенциала в регионах, когда они самостоятельно могли бы внедрять идеи безопасности труда, пользуясь методическим сотрудничеством с МОТ [101].

Международная организация труда видит возможность для создания условий безопасности труда во взаимодействии трех сторон социального партнерства: государства, работодателей и профсоюзов [99]. Без эффективной системы управления охраной труда и действенного социального партнерства достичь безопасных условий труда на предприятии невозможно [90,92].

1.3. Система управления охраной труда в ОАО «РЖД»

В целях обеспечения выполнения требований риск-ориентированного подхода для предупреждения травматизма в железнодорожной отрасли ОАО «РЖД» разработан Стандарт СТО РЖД 15.001-2016 «Система управления охраной труда» [143].

Система управления охраной труда как модель включает в себя (Рисунок 1.9):

- организационные структуры предприятия (организации) с фиксированными обязанностями его должностных лиц;
- план мероприятий по улучшению условий труда;
- документацию.



Рисунок 1.9 – Структура системы управления охраной труда

Стандарт устанавливает основные направления политики в области охраны труда ОАО «РЖД», определяет основные цели и задачи с учетом выявленных опасностей и профессиональных рисков, данных анализа производственного травматизма, профессиональных заболеваний на основе изменяющихся потребностей и приоритетов для конкретного периода времени.

Основными целями системы управления охраной труда (СУОТ) являются повышение эффективности управления охраной труда, создание безопасных и благоприятных условий труда, предупреждение и сокращение производственного травматизма и профессиональных заболеваний, уменьшение финансовых расходов и потерь от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний [82].

При этом основными задачами СУОТ являются обеспечение безопасности технологических процессов, безопасной эксплуатации производственного оборудования, железнодорожного подвижного состава и автотранспорта, зданий, строений и сооружений инфраструктуры.

Для решения поставленных задач проводятся научные исследования в области техносферной безопасности, участников производственного процесса обучают вопросам охраны труда [115], информируют их о состоянии в данной области [122,123].

Участие работников ОАО «РЖД» в управлении охраной труда, установленное статьями 53 и 370 Трудового кодекса Российской Федерации [156] осуществляется при проведении специальной оценки условий труда [155], производственном контроле, контроле и оценке состояния условий и охраны труда на производственном объекте [20, 93,106] .

При подготовке Положения о СУОТ [143] конкретного работодателя учитывается специфика деятельности организации и включаются разделы, касающиеся политики и целей работодателя в области техносферной безопасности, охраны труда, обеспечения функционирования СУОТ. Кроме того, предусматриваются процедуры по достижению целей работодателя в области охраны труда, включая процедуры управления профессиональными рисками, по

организации и проведению наблюдения за состоянием здоровья работников, обеспечения оптимальных режимов их труда и отдыха [20, 82,156].

1.3.1 Совершенствование системы управления охраной труда

Руководство ОАО «РЖД» осуществляет совершенствование СУОТ путем принятия управляющих и корректирующих воздействий на соответствующие элементы системы управления охраной труда и СУОТ в целом с учетом результатов анализа параметров состояния охраны труда и передового отечественного и зарубежного опыта в данной области.

Кроме того, распоряжениями от 24.12.2018 № 2752/р и от 16.11.2018 №2423-Р утверждены Правила по охране труда при ремонте и содержании зданий и сооружений и при техническом обслуживании и ремонте грузовых вагонов [124,125]. Основной целью обеспечения безопасности труда является предотвращение неблагоприятного воздействия на организм работника факторов производственного процесса.

Большое внимание совершенствованию управления профессиональными рисками уделяет Федеральная служба по надзору в сфере транспорта. В целях продвижения принципа управления профессиональными рисками 19 августа 2016 г. приказом Минтруда России № 438н утверждено Типовое положение о системе управления охраной труда на основе риск-ориентированного подхода [116].

Постановлением от 17 августа 2016 года №806 утверждены правила отнесения деятельности юридических лиц и индивидуальных предпринимателей и (или) используемых ими производственных объектов к определённой категории риска или определённому классу (категории) опасности [113].

Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2017 г. № 197 [114] перечень видов государственного контроля (надзора), осуществляются с применением риск-ориентированного подхода (утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 17 августа 2016 г. № 806), дополнен 33 видами государственного контроля (надзора). В данный

перечень включен и федеральный государственный контроль (надзор) в области транспортной безопасности [114].

Введению принципа риск-ориентированного подхода предшествовала реализация в некоторых регионах Российской Федерации, в том числе в Воронежской области, проекта «Декларирование деятельности организаций (индивидуальных предпринимателей) по обеспечению трудовых прав работников», который разработан совместно с государственной инспекцией труда в Воронежской области [121]. Цель проекта - обеспечение трудовых прав работников на основе принципов социального партнерства [121]. По результатам проекта сформирован Реестр хозяйствующих субъектов [26,30], получивших сертификаты доверия в государственной инспекции труда в Воронежской области. Большое количество подразделений ОАО «РЖД», действующих на территории Воронежской области, внесены в указанный Реестр.

В сфере железнодорожного транспорта Риск-ориентированный подход регламентируется распоряжением ОАО «РЖД» от 29 декабря 2016 г. N 2773р [126], которым утвержден и введен в действие с 20 февраля 2017 г. Стандарт СТО РЖД 15.001-2016 «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Общие положения» и Концепцией формирования системы управления рисками Федеральной службы по надзору в сфере транспорта и рекомендациями по применению риск-ориентированного подхода, утвержденными протоколом заседания научно-технического совета Федеральной службы по надзору в сфере транспорта от 16 декабря 2016 года № 6 [127,143].

Предложенная в Типовом положении о СУОТ система управления охраной труда на уровне работодателя с внедрением риск-ориентированного подхода является научно обоснованной, продуманной, направленной на совершенствование процессов безопасности предприятия [5,6,43,151].

Правительством Российской Федерации поставлена задача развития и совершенствования системы управления охраной труда на каждом предприятии в целях достижения нулевого травматизма в рамках Концепции «Нулевого травматизма» [82].

Кроме того, в федеральной программе «Демография» ставится задача сохранения жизни и здоровья населения, особенно населения трудоспособного возраста. Поэтому приоритетным направлением развития системы управления охраной труда, в том числе, в железнодорожной отрасли в настоящее время определена оценка профессиональных рисков [82,94].

18 марта 2020 года приказом министерства транспорта Российской Федерации и федеральной службы по надзору в сфере транспорта подписан приказ № ВБ-160фс «Об утверждении программы профилактики нарушений обязательных требований на 2020 год и плановый период 2021-2022 годы» [118].

Цель разработки данной программы – предупреждение нарушений требований законодательства РФ при эксплуатации железнодорожного транспорта путем правовой информированности; снижение контрольной и административной нагрузки на предприятия железнодорожного транспорта; минимизация рисков транспортных происшествий; уменьшения числа людей, которые получают травмы при транспортных происшествиях при перевозке пассажиров; повышение прозрачности и эффективности системы контроля в сфере железнодорожного транспорта. К задачам Программы относится определение способов недопущения или снижения рисков при эксплуатации железнодорожного транспорта; обеспечение возможности учета, сбора статистических данных, с помощью которых можно оценить состояние подконтрольной среды. В Программе предусматривается комплекс мероприятий по профилактике нарушений обязательных требований законодательства в области железнодорожного транспорта. В сфере железнодорожного транспорта осуществляют свою деятельность 19 тысяч предприятий, которые эксплуатируют инфраструктуру железнодорожного транспорта; железнодорожных путей необщего пользования, осуществляют ремонт, хранение подвижного состава и его составных частей. К ним также относятся юридические лица и индивидуальные предприниматели, которые перевозят железнодорожным транспортом пассажиров, опасные грузы, осуществляют погрузку и разгрузку этих грузов.

По результатам 8 тысяч нарушений безопасности движения на

железнодорожном транспорте за 2019 год был проведен анализ, предложены программные мероприятия, которые предполагают, что количество травмированных в результате транспортных происшествий при перевозке пассажиров в ближайшее время уменьшится на 20%, а также снизится общее количество негативных явлений (крушений, аварий).

Кроме того, приказом Ростехнадзора от 13 апреля 2020 г. № 155 [119] утверждены 12 типовых программ повышения квалификации в области промышленной безопасности (на 16-122 часа каждая), которые содержат в числе прочего: цель и планируемые результаты обучения, включая карту компетенций; примерный учебный план программы повышения квалификации; формы аттестации и др. В соответствии с утвержденными программами актуализируются дополнительные профессиональные программы и утверждаются уполномоченными федеральными государственными органами.

1.3.2. Роль социального партнерства в развитии СУОТ

В соответствии с Трудовым кодексом РФ [156] непосредственное участие в разработке и развитии системы управления охраной труда принимают работодатели и профсоюзы. Результатом диалога органов власти с профсоюзами и работодателями на федеральном, межрегиональном, региональном и территориальном уровне является трехстороннее соглашение.

Генеральное соглашение между Правительством РФ, общероссийскими объединениями профсоюзов и работодателей [20] готовится Российской трехсторонней комиссией по регулированию социально-трудовых отношений, созданной на основе Федерального Закона «О Российской трехсторонней комиссии» [154]. Российская трёхсторонняя комиссия по регулированию социально-трудовых отношений является основной площадкой, на которой всеми сторонами социального партнерства – представителями правительства, объединений профсоюзов и работодателей – принимаются взвешенные решения по наиболее острым и чувствительным вопросам социально-трудовых отношений.

Без консультаций с Комиссией Правительство Российской Федерации не выносит в парламент страны ни один законопроект в сфере труда и занятости.

На федеральном уровне сформирована законодательная база, которая позволяет развивать взаимоотношения между сторонами на всех уровнях социального партнерства. Приняты федеральные законы: «О профессиональных союзах, их правах и гарантиях деятельности» [153], «О Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений» [154], «Об объединениях работодателей» [152], региональные законы «О социальном партнерстве» [37], «Об областной трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений» [38]. На федеральном, межрегиональном, региональном, территориальном уровнях сформированы трехсторонние комиссии по регулированию социально-трудовых отношений, как постоянно действующие органы для взаимодействия социальных партнеров [88,90,92].

Органы власти не вмешиваются в договорные отношения между работниками и работодателями, их задачей является организация взаимных консультаций и переговоров между работодателями и профсоюзами, обеспечении их участия в реализации государственной политики в сфере труда, соблюдения участниками переговоров выполнения договоренностей [90].

Для России одинаково важны как сильные и авторитетные профсоюзы, так и мощные объединения работодателей, профессиональные ассоциации работников. Причём профсоюзы и работодатели должны выступать естественными союзниками в реализации планов модернизации экономики и создания миллионов новых эффективных безопасных рабочих мест.

В железнодорожной отрасли действует отраслевое соглашение по организациям железнодорожного транспорта на 2020-2022 годы [106]. В нем в разделе техносферной безопасности, условий и охраны труда включены положения о проработке направлений внедрения системы управления профессиональными рисками, экономических методов управления охраной труда для снижения смертности от производственного травматизма и предотвращения профессиональных заболеваний, а также повышения роли специальной оценки

условий труда в создании безопасных условий труда, разработки и внедрения безопасных техники и технологий [106].

При этом за основу берется не момент реагирования на несчастный случай, а момент предупреждения несчастных случаев на производстве. Каждый человек, который приходит на работу, должен быть уверен, что его жизни и здоровью ничего не угрожает.

Важно развитие социального партнёрства в отраслевом разрезе. В каждой отрасли существует набор возможных вариантов сотрудничества работодателей и работников на основе отраслевых тарифных соглашений [106], в которых также заключается и опыт повышения квалификации кадров, развития трудового соревнования на современном этапе [70,86].

Схема действующих соглашений на территории Российской Федерации представлена на рисунке 1.10.



Рисунок 1.10 – Схема действующих соглашений в России

Трудовой кодекс РФ фиксирует ответственность работодателя за создание безопасных условий труда для всех работников, а управление системой охраны труда является важным компонентом всего управленческого комплекса предприятия.

При этом работодатели обеспечивают разработку и эффективное функционирование системы управления охраной труда, соблюдение государственных нормативных требований охраны труда, информируют работников об условиях и охране труда на рабочих местах, о риске повреждения здоровья, полагающихся им компенсациях и средствах индивидуальной защиты, и обеспечивают их всем необходимым для этого. Объем средств, выделяемых на мероприятия по предупреждению травматизма и вывод работников из опасных зон, определяется в коллективном договоре организации. Также организуют поэтапное проведение специальной оценки условий труда на рабочих местах, разрабатывая и реализуя на ее основе план мероприятий по приведению и улучшению условий труда, обеспечивают последовательное приведение условий труда на всех рабочих местах в соответствие с требованиями нормативных правовых актов по охране труда, обеспечивают обучение и проверку знаний требований охраны труда работников. Все мероприятия производятся с учетом мнения выборного органа соответствующей первичной организации Профсоюза [106].

1.3.3. Развитие СУОТ на основе государственно-частного взаимодействия

Создание условий для техносферной безопасности транспортных систем требует учета рекомендаций бизнес-сообщества в обсуждении предлагаемых исполнительной и законодательной властью мер и разработке своих вариантов реформ промышленной и социальной политики [84], например, ОАО «РЖД» активно участвует в данном процессе. Настоящее взаимодействие осуществляется, в том числе, через государственно-частное взаимодействие в

железнодорожной отрасли [84].

Требования к скорости и комфортности перевозок грузов и пассажиров растут [1]. Основные фонды стареют, требуют ремонтов, модернизации, замены, при одновременном ограничении вложений финансовых средств и при снижении затрат [3]. Объекты транспортной инфраструктуры имеют значительную стоимость и большие сроки окупаемости (Рисунок 1.11), что существенно сказывается на возможности привлечения заемных средств.

Важным направлением развития государственно-частного взаимодействия является внедрение Стандарта ВОК-КСО-2007/КСР/КСО-2008 [142], охватывающего все составляющие социальной ответственности, в том числе установление требований к деятельности организаций в области охраны труда, охраны окружающей среды, ресурсосбережения, участия в социальных мероприятиях и поддержки инициатив местного сообщества, т.е. проведение социального аудита.

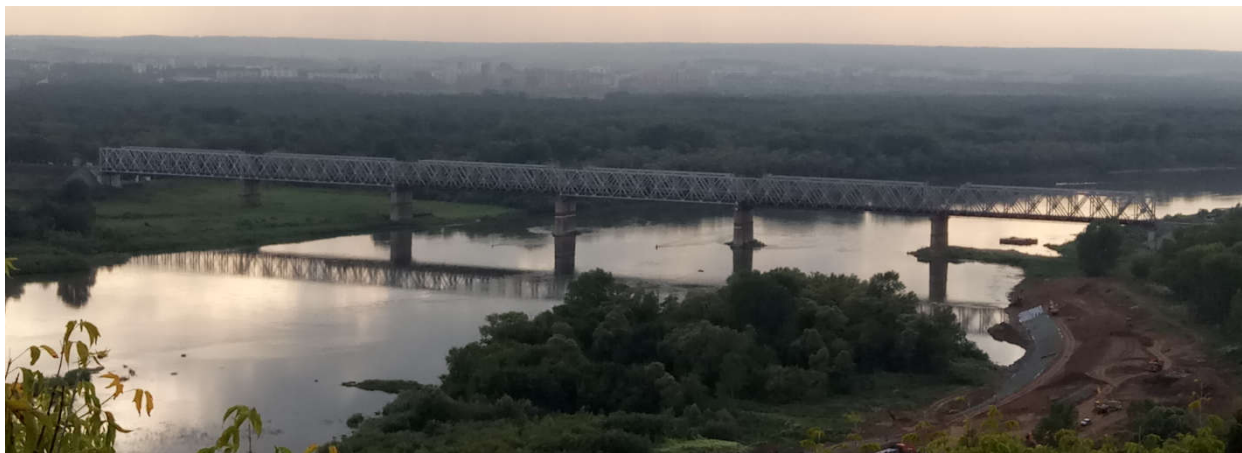


Рисунок 1.11 – Железнодорожный мост через реку Белая

Возникло и прочно утвердилось понятие социальной ответственности организаций, в полной мере это касается и железнодорожной отрасли [82]. Социальная ответственность включает оказание услуг надлежащего качества, соблюдение прав персонала на труд, требования к техносферной безопасности, безопасности труда, охране окружающей среды, вопросы ресурсосбережения, участия в социальных мероприятиях, добросовестное ведение бизнеса [90,92,175]. Подобная тема рассматривается в научных сообществах при решении задач

экономического развития с применением государственно-частного партнерства [44,93].

ОАО «РЖД» имеет опыт в области реализации подобных проектов, транспортная инфраструктура является одной из наиболее перспективных областей для развития государственно-частного партнерства (ГЧП) и обладает потенциалом для развития традиционных преимуществ этого вида партнерства, в том числе для обеспечения благоприятных условий для человека в создаваемой техносфере (Рисунок 1.12) [88]. Двойные стрелки между тремя основными блоками на рис. 1.12 показывают двусторонние связи между активными (государство и частные компании) и пассивными (население, пассажиры, жители региона или населенного пункта) участниками ГЧП.



Рисунок 1.12 – Преимущества государственно-частного партнерства в транспортной инфраструктуре

Целью развития рассматриваемых направлений ГЧП должно быть повышение уровня и качества жизни населения, улучшение качества человеческого потенциала, обеспечения техносферной безопасности, что, в свою очередь, становится источником инновационного развития экономики, обеспечивающего рост конкурентоспособности предприятий, региона в целом. В то же время это способствует увеличению инвестиций не только в производство, но и в человеческий капитал [88]. Данная взаимосвязь подчеркивает необходимость использования ГЧП, в том числе и для решения социальных задач.

1.3.4. Совершенствование СУОТ за счет изменения нормативной правовой базы техносферной безопасности транспортных систем

В настоящее время проводится ревизия («регуляторная гильотина») имеющихся нормативных правовых актов по охране труда и техносферной безопасности, они видоизменяются в целях повышения возможности их применения, как работодателями, так и работниками. Вместо множества актов создается малое количество документов, базирующихся на положениях Концепции «Нулевого травматизма» и учитывающих все необходимые стандартные требования, а также последние достижения в данной отрасли.

В Федеральном законе (ФЗ) «О специальной оценке условий труда» [155] специальная оценка считается завершенной только после выгрузки данных в Федеральную государственную информационную систему (ФГИС), а не после утверждения отчета председателем комиссии, как раньше.

Кроме того, если по результатам оценки условий труда на рабочем месте установят IV класс, то деятельность работодателя приостановят. Чтобы возобновить работу предприятия, работодателю нужно будет утвердить план по улучшению условий и охраны труда, а также провести внеплановую специальную оценку условий труда (СОУТ) (ст. 214.1).

В новой редакции Трудового кодекса РФ [156] отражены изменения в порядок расследования несчастных случаев на производстве. Теперь, помимо

понятий несчастных случаев и профзаболеваний, появилось такое понятие как микроповреждения (микротравмы), их учет будет способствовать оценке всех профессиональных рисков. Работодатель обязан учитывать микротравмы, проводить расследование, анализ обстоятельств их возникновения и причины, из-за которых такие повреждения возможны (ст. 226 ТК РФ). С другой стороны, приняты меры по снижению нагрузки на работодателя.

Целью системы охраны труда на каждом предприятии в конечном итоге является достижение показателя нулевого травматизма [49]. При этом, в качестве мероприятий в программу «нулевого травматизма» включается внедрение системы управления охраной труда [80] раннее выявление признаков профессиональных заболеваний у работников, регулярная оценка профессиональных рисков, дальнейшее управление профессиональными рисками. В основу системы управления охраной труда положен постулат - все производственные травмы и профессиональные заболевания могут быть предотвращены, формирование культуры профилактики является основой всей трудовой деятельности сотрудника [81]. Для предупреждения травм и заболеваний разработан новый подход оценки профессиональных рисков и управление ими. Для обеспечения данного нового подхода выстраивается нормативная база от федерального уровня до локального уровня организации.

Минтрудом предложена единая структура инструкций по охране труда, устанавливающая единый подход, принят новый порядок обучения работников охране труда и технике безопасности, изменено законодательство в области обеспечения работников спецодеждой и средствами индивидуальной защиты (СИЗ). Внедрение новых норм позволит снизить финансовую нагрузку на работодателя, а также даст возможность работодателю самостоятельно выбирать необходимые СИЗ.

1.4. Выводы по главе 1

1. Выполнен аналитический обзор исследований отечественных и зарубежных авторов, проанализированы подходы и методы обеспечения безопасности труда, методики расчета функциональных показателей и стандарты, действующие в транспортной отрасли. Собрана и проанализирована информация о случаях производственного травматизма и профзаболеваний. В отрасли происходит снижение травматизма, однако уровень его остается высоким. Более 65% несчастных случаев вызваны типичными причинами организационного характера (неудовлетворительная организация производства работ 32,4%; по вине работника (нарушение трудового распорядка, технологического процесса, неудовлетворительное содержание рабочего места, неприменение СИЗ) – 24,1%; нарушение правил дорожного движения – 8,1%). То есть ликвидация причин не требует каких-либо дополнительных финансовых вложений, а необходима действенная системы управления охраной труда на предприятии.

2. Рассмотрены основные проблемы сохранения человеческого капитала по многим критериям, в том числе, социально-трудовым отношениям, реализуемым через социальное партнерство, инициированное Международной организацией труда и обеспечивающее диалог между работниками и работодателями. В транспортной отрасли осуществляется внедрение риск-ориентированного подхода в охране труда, меняется направление от реагирования на результаты воздействия опасных и вредных производственных факторов на здоровье работников к профилактике указанного воздействия путем создания системы управления профессиональными рисками на рабочих местах. Несмотря на значительные подвижки в области нормативно-правового обеспечения охраны труда на транспорте и объектах транспортной инфраструктуры многие вопросы остаются не до конца регламентированными на разных уровнях управления. В связи с вышесказанным актуальным и своевременным является необходимость в решении задач совершенствования комплексных систем охраны труда на предприятиях и объектах транспорта, в том числе, путем внедрения риск-

ориентированного подхода на основе учета вероятности наступления того или иного страхового случая.

3. Применение риск-ориентированного подхода позволяет разрабатывать прогрессивные методы организации труда на базе комплексной механизации технологических процессов при строгом соблюдении условий эффективного и безопасного труда, без широкого использования статистических данных, связанных с уже произошедшими случаями производственного травматизма.

4. Изучена нормативная база обеспечения выполнения положений Концепции «Нулевого травматизма», начиная от федерального уровня и заканчивая местным, локальным уровнем организации. Установлено, функционирование система охраны труда на предприятии обеспечивается соблюдением установленных правил всеми сотрудниками, участвующими в конкретном производственном процессе. Идеология безопасности должна стать жизненной потребностью каждого из работающих. Здесь важна не только система знаний по охране труда, но и эффективная система управления охраной труда, основанная на обучении персонала вопросам охраны труда, действенном социальном партнерстве, государственно-частном взаимодействии, оценке профессиональных рисков.

5. Исследования причин несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний показал, что на безопасность можно влиять. И залог успешного влияния лежит в обучении, необходимо изменять корпоративную культуру, культуру отношения к делу. Развитие культуры эффективного отношения к безопасности позволяет устранить причины и предотвратить производственные аварии. Это направление отражено в концепции «Нулевого травматизма». Именно в области отношения находится ответ на главный вопрос травматизма, отношение – и есть та переменная, которая влияет на безопасность.

6. Процесс обеспечения охраны труда базируется на обнаружении, распознавании и прогнозировании опасностей, внедрении системы управления

охраной труда и риск-ориентированного подхода. Резервом повышения безопасности производственной деятельности является формирование системного подхода по достижению «нулевого травматизма» на основе оценки профессиональных рисков с учетом психоэмоционального состояния работников транспорта.

7. Разработка и внедрение системы управления профессиональными рисками на современном этапе развития системы управления охраной труда позволит уменьшить уровень производственного травматизма.

Итак, система управления охраной труда должна строиться на основе риск-ориентированного подхода, положениях Концепции «Нулевого травматизма», социальном партнерстве, частно-государственном взаимодействии, нормативно-правовом регулировании в сфере техносферной безопасности транспортных структур. А для этого необходимо исследование и оценка влияния психоэмоционального состояния работника транспорта на безопасность функционирования человеко-машинной системы, которое будет рассмотрено далее.

Глава 2. ПРЕДЛОЖЕНИЕ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ РИСКОВ ДЛЯ РАБОТНИКОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Для оперативной оценки профессиональных рисков необходимо разработать комплекс взаимосвязанных мероприятий для предотвращения производственного травматизма. Чтобы выявить и оценить уровни рисков, работодатель самостоятельно выбирает методику, исходя из специфики своей организации, и должен предусмотреть мероприятия, которые позволят быстро реагировать на происшествие: предупреждать и ликвидировать опасности и минимизировать последствия от них.

2.1. Разработка модели риск-ориентированного подхода на вероятностной основе с учетом управляемых критериев и целевых функций

Основным направлением при разработке системы управления охраной труда является переход от реагирования на результаты воздействия опасных и вредных производственных факторов на здоровье работников к профилактике указанного воздействия с помощью системы управления профессиональными рисками на рабочих местах. Работа в данном направлении заключается в совершенствовании правовой базы в области охраны труда.

В целях продвижения принципа управления профессиональными рисками [165,172] институтом государственной службы и управления Российской академии народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации разработаны Концепция формирования системы управления рисками и рекомендации по применению риск-ориентированного подхода [188]. В них рассматривается использование балльного метода для классификации субъектов и видов деятельности в сфере транспорта по потенциальному риску причинения вреда. За основные критерии риска предлагается брать два интегральных критерия [168,193]: тяжесть вероятных

негативных последствий и вероятность несоблюдения обязательных требований. Важным аспектом является разработка риск-ориентированного подхода, не замыкающегося на конкретные технологии и способы организации строительства, поскольку при строительстве, модернизации и капитальном ремонте часто используются новые средства механизации, строительно-дорожные и грузоподъемные машины и оборудование, по которым нет конкретных рекомендаций по их наиболее эффективному и безопасному использованию. Поэтому, разрабатываемая модель должна базироваться на вероятностном подходе и содержать управляемые критерии и целевые функции, которые возможно оптимизировать с точки зрения снижения возможного производственного травматизма.

Если, например, имеется набор N идентичных источников возможного травматизма [89,90], то в момент времени t_1 процесс получения травмы можно представить случайной величиной со значениями $x^1(t_1), x^2(t_1), \dots, x^N(t_1)$. Если принять, что x_1 – некоторое число из области определения случайной величины, то, рассматривая вероятность как функцию от x_1 при фиксированном t_1 , можно получить функцию распределения, которая является одной из наиболее общих характеристик случайных процессов [67].

$$P[\xi(t_1) < x_1] = F_1(x_1; t_1). \quad (2.1)$$

В прикладных задачах иногда удобнее рассматривать производную функции распределения, которая называется плотностью вероятности.

$$w_1(x_1; t_1) = dF_1(x_1; t_1)/dx_1. \quad (2.2)$$

Если рассматривать вероятности наступления нескольких случаев производственного травматизма при работе строительно-монтажного поезда по раздельной укладке верхнего строения пути (рис. 1.7 из главы 1), что не исключено, поскольку технологические процессы, происходящие при его эксплуатации, предполагают вовлечение около 50 специалистов различного профиля, то необходимо использовать n -мерную функцию распределения. Для n моментов времени $t_1, t_2, \dots, t_n$ n -мерная функция распределения выглядит так

$$P(\xi(t_1) < x_1, \xi(t_2) < x_2, \dots, \xi(t_n) < x_n) = F_n(x_1, x_2, \dots, x_n; t_1, t_2, \dots, t_n). \quad (2.3)$$

Если $F_n(x_1, x_2, \dots, x_n; t_1, t_2, \dots, t_n)$ дифференцируема, то получим n -мерную (и n -моментную) плотность вероятности

$$w_n(x_1, x_2, \dots, x_n; t_1, t_2, \dots, t_n) = \partial^n F_n(x_1, x_2, \dots, x_n; t_1, t_2, \dots, t_n) / \partial x_1 \partial x_2 \dots \partial x_n. \quad (2.4)$$

Получается, чем больше n , тем с большей точностью возможно описать всю технологию раздельной укладки верхнего строения пути с учетом комплексной механизации отдельных процессов.

При обработке статистической информации по отдельным отраслям или предприятиям можно получить графики характеристик, которые рассчитываются по выражениям (2.1) – (2.4) и найти особые точки, а также построить прогноз развития травматизма. Важным аспектом является возможность внесения изменений в процесс организации системы управления охраной труда и установления проблемных мест для достижения допустимого уровня по основным категориям производственного травматизма. Для этого и предлагается классифицировать субъекты согласно рисунка 2.1.



Рисунок 2.1 – Схема проведения классификации субъектов
(видов деятельности по уровню риска)

Среди множества критериев риска можно выделить два критерия риска: по тяжести потенциальных негативных последствий (риск ущерба) и вероятности несоблюдения обязательных требований [172]. Часть критериев влечет за собой повышение балльной оценки рисков, другая часть – снижение.

Критерии вероятности и тяжести риска подразделяются на 6 категорий в зависимости от количества присвоенных баллов. Категориям риска тяжести негативных последствий присваиваются буквенные обозначения от А до Е, а риск вероятности нарушения обязательных требований обозначается числами от 1 до 6. На основе предложенной модели обозначений строится матрица рисков, которая позволяет классифицировать субъекты по критериям вероятности нарушений и тяжести возможных последствий [165]. После классификации субъектов производят идентификацию рисков, проводят их анализ, разрабатывают мероприятия по минимизации рисков.

Основными целями построения риск-ориентированной модели контрольно-надзорных действий (КНД) является снижение количества несчастных случаев, включая смертельные, числа травмированных, уровня материального ущерба, административной нагрузки на организации, совершенствование процедур планирования КНД (Рисунок 2.2).

Контрольно-надзорные мероприятия в зависимости от уровня риска (от недопустимого до не принимаемого в расчет) могут быть от незамедлительного применения оперативных мер по снижению или устранению риска, (при этом проверки проводятся в первоочередном порядке с периодичностью, установленной в нормативном документе) до нереагирования на риски (проверки не проводятся). Те же самые меры применяются к выбору способа минимизации рисков.

Оценка эффективности [67] использования инструментов риск-ориентированного подхода осуществляется по результатам динамики ряда ключевых показателей: количество случаев причинения вреда, стоимостная оценка причиненного вреда и т.д.

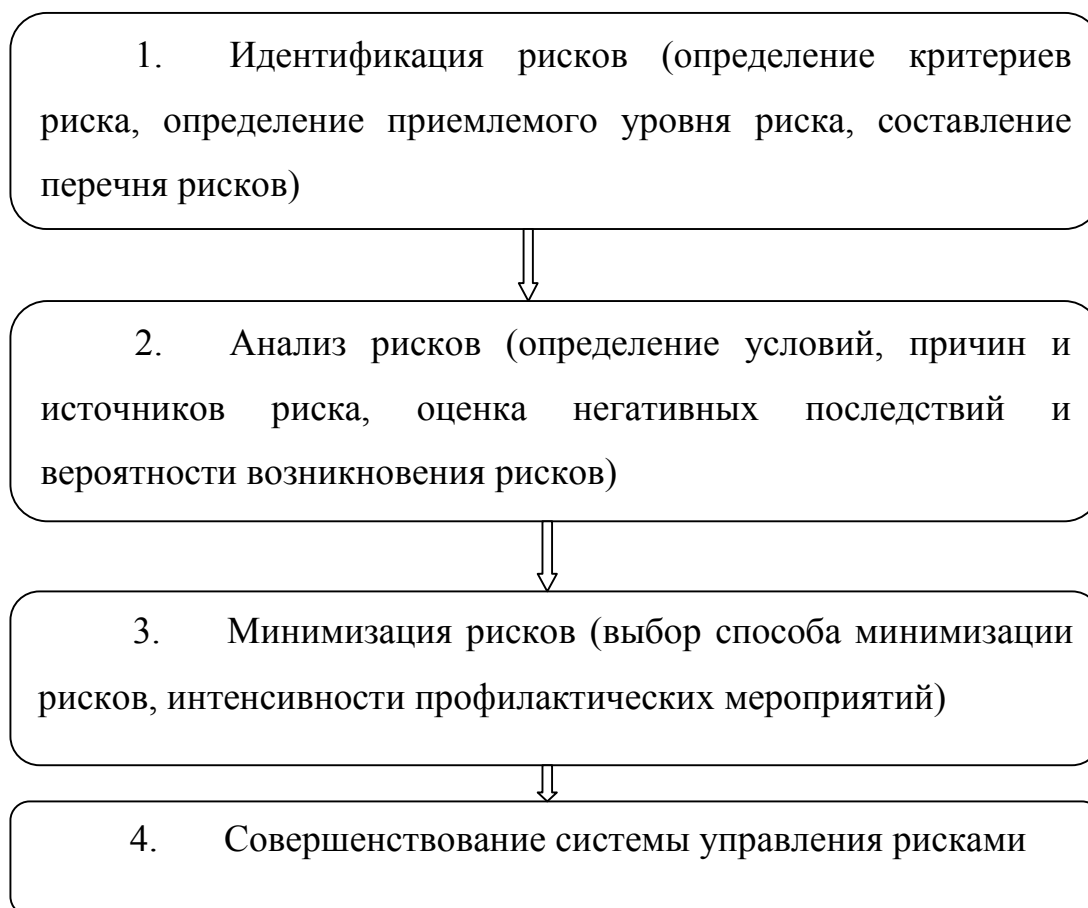


Рисунок 2.2 – Этапы контрольно-надзорных действий (КНД)

Одним из наиболее перспективных методов повышения уровня безопасности на транспорте, исходя из принципов риск-ориентированного подхода, является самопроверка и непрерывный мониторинг с привлечением и мотивацией самих подконтрольных субъектов к снижению интегрального уровня риска своей деятельности.

Предлагаемые этапы внедрения риск-ориентированного подхода:

- 1) ранжирование поднадзорных субъектов по ключевым критериям риска;
- 2) проведение пилотного тестирования, разработка учебных программ, формирование первого плана проверок;
- 3) внедрение системы электронной самопроверки субъектов, профессиональная переподготовка, внедрение в деятельность Ространснадзора механизмов непрерывного мониторинга, оценка эффективности системы управления рисками (СУР);

4) оценка эффективности системы управления рисками, разработка комплексной программы по внедрению средств объективного контроля рисков в транспортной сфере, внедрение средств объективного контроля рисков в транспортной сфере.

Повышение эффективности применения риск-ориентированного подхода в охране труда в сфере железнодорожного строительства, в том числе при разработке принципов новой раздельной технологии укладки верхнего строения пути на базе комплексной механизации технологических процессов и создания условий эффективного и безопасного труда, предлагается осуществлять путем применения метода декомпозиций общей технологии на отдельные процессы, их последующей классификации и составления соотношений вероятностного анализа. Затем отдельно проводятся процедуры контрольно-надзорных действий для внешнего наблюдения и оценки происходящих процессов.

При анализе производственного травматизма, рассмотренного в главе 1, как в отдельных субъектах Российской Федерации, так и в отраслевом разрезе (на железнодорожном транспорте) установлено, что несчастные случаи на производстве имеют причины. Исследования этих причин несчастных случаев и профессиональных заболеваний показал, что на безопасность можно оказывать влияние [73,182-184,185] путем правильной организации как отдельных рабочих мест, так и цепочек технологических процессов (Рисунок 2.3, 2.4).



Рисунок 2.3 – Организация места складирования железобетонных брусьев при снаряжении путеукладочного поезда раздельной укладки



Рисунок 2.4 – Организация рабочего места при проведении лабораторных испытаний железобетонной шпалы

2.2. Алгоритм для оценки профессиональных рисков, предложенный ФГБУ «ВНИИ труда»

Основными целями новой перспективной модели нормативного регулирования в сфере охраны труда являются: снижение травматизма, то есть сохранение здоровья работников и снижение регулирующей нагрузки на работодателя. Для достижения указанных целей требуется: совершенствование положений охраны труда с учетом современного уровня технологического развития; внедрение риск-ориентированного подхода с особым вниманием надзорных и контрольных органов конкретно к организациям с высоким риском травматизма; устранение дублирований в нормативных правовых актах Минтруда, Ростехнадзора и Роспотребнадзора.

Нужен единый действенный подход в охране труда, базирующийся на риск-ориентированном подходе, который способен верно и качественно оценивать

профессиональные риски, управлять ими в целях достижения нулевого травматизма на производстве [82,85].

ФГБУ «ВНИИ труда» для организации оценки рисков предложен алгоритм [102], (Рисунок 2.5), состоящий из 6 шагов, который, кроме того, позволяет учитывать микротравмы, что закреплено в новой редакции Трудового кодекса РФ [156].

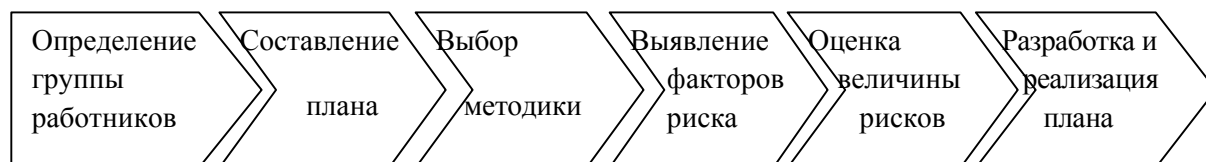


Рисунок 2.5 – Алгоритм организации оценки рисков

Шаг 1. Оценка рисков, которая может проводиться службой охраны труда или, что эффективнее, отдельной оценочной группой из 3-7 человек с привлеченными экспертами из сторонних организаций [102]. Группа работает по принципу «работодатель – специалисты (внутренние и внешние) – работники».

Шаг 2. Осуществляется выбор объектов оценки, для этого весь объем работы делят на части (по технологическим процессам, отделам, участкам, бригадам, по цехам или зданиям).

Шаг 3. На основании ГОСТа Р ИСО/МЭК 31010–2011 [25] выбирают метод оценки профессиональных рисков. ГОСТ содержит 31 метод, все они основаны на последовательном определении потенциальных опасностей, вероятности их появления и оценке возможных последствий. Выбор метода не регламентирован, его определяют самостоятельно в зависимости от характера деятельности и сложности производственных операций.

Шаг 4. Производится идентификация, цель которой заключается в определении имеющихся опасностей на рабочих местах и их возможных источников (результаты проверок, замеров при проведении СОУТ и производственного контроля, листы-опросники, мнения сотрудников, фотографии, видеосъемки).

Шаг 5. Риск оценивается качественными, количественными и смешанными методами. Наиболее простым количественным методом является метод оценки

индивидуальных рисков отдельного работника. Оценка профессионального риска производится по его количественной степени по трем бальным составляющим: подверженность, вероятность и последствия наступления события (Таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Бальная шкала

Вероятность (Вр)	Баллы	Подверженность (Пд)	Баллы	Последствия (Пс)	Баллы
Ожидается данный случай	10	Постоянно (чаще чем 1 раз в день или более 50% от рабочего времени смены)	10	Катастрофа	100
Очень вероятно	6	Ежедневно	6	Разрушения, есть жертвы	40
Возможно	3	Еженедельно – до 6 раз в неделю	3	Очень тяжелые, со смертельным случаем	15
Мало вероятно	1	Ежемесячно - до 3 раз в месяц	2	Потеря трудоспособности, инвалидность, профзаболевание	7
Можно допустить	0.5	Ежегодно – до 11 раз в год	1	Случай временной нетрудоспособности	3
Почти невозможно	0.2	до 1 раза в год	0.5	Легкая травма, достаточно оказания первой помощи	1
Фактически невозможно	0.1				

Количественная степень риска определяется по формуле:

$$\text{Риск} = \text{Подверженность} \times \text{Вероятность} \times \text{Последствия} \quad (2.5)$$

Полученный показатель классифицируют по нормативным значениям, и он является уровнем профессионального риска.

Шаг 6. На основе рассчитанного уровня риска оценочной группой разрабатываются мероприятия по снижению данного профессионального риска. К таким мероприятиям относятся:

- устранение фактора опасности;

- применение более эффективных средств индивидуальной и коллективной защиты;
- установка запрещающих и предупреждающих знаков на производственных участках;
- обучение работников безопасности и охране труда, техносферной безопасности;
- уменьшение времени воздействия опасных факторов на работников;
- поддержание технических средств в исправном состоянии;
- модернизация машин и оборудование;
- улучшение эргономики рабочих мест;
- автоматизация производственных процессов.

2.3. Разработка модифицированной модели формирования возможных профессиональных рисков

Поскольку множество явлений, влияющих на возникновение факторов риска или ситуаций, приводящих к профессиональному травматизму, имеют случайный характер [147] и зависят от времени, то имеет смысл говорить об изучении случайных процессов. Поэтому предлагается модифицировать алгоритм организации оценки рисков путем добавления оценивания характеристик случайных процессов. При этом возможно рассмотреть только стационарные случайные процессы, статистические характеристики которого не меняются с течением времени, т.к. любой временной ряд можно разложить на тренд, сезонность и шум, а затем рассматривать только шумовую составляющую, существенно уменьшив (или даже убрав) нестационарность.

2.3.1. Теория случайных процессов в риск-ориентированном подходе

На Всероссийской неделе охраны труда отмечалось, что в целях достижения положений Концепции нулевого травматизма [50], акцент развития и

совершенствования безопасности и охраны труда смещается в сторону риск-ориентированного подхода [94,99]. Риск-ориентированный подход предполагает максимальную персонализацию политики в области техносферной безопасности, безопасности и охраны труда, когда работодатель обязан учитывать возможные риски [92,94], возникающие на конкретном рабочем месте, и обеспечивать условия для охраны труда работника с учетом особенностей работы на конкретном рабочем месте [89,143]. Многие факторы изменяются с течением времени в зависимости от большого количества параметров, итоговые значения количественных величин при этом могут иметь случайный вид. Для описания значений количественных величин можно применять теории случайных процессов, имеющих ряд основных свойств, позволяющих правильно их использовать в риск-ориентированном подходе оценки состояния рабочего места [102].

1) Свойство непрерывности случайного процесса.

$$\text{Для детерминированной функции: } f(x + \Delta x) \xrightarrow{\Delta x \rightarrow 0} f(x). \quad (2.6)$$

Для случайного процесса понятие обычной сходимости неприменимо. Но, можно ввести другие определения предела на основе других определений сходимости, например, по вероятности:

$$\xi(t + \Delta t) \xrightarrow[p]{\Delta t \rightarrow 0} \xi(t). \quad (2.7)$$

Стационарный случайный процесс будет непрерывным в среднеквадратическом [91], если его корреляционная функция непрерывна в нуле (или непрерывна в точке максимума).

2) Дифференцируемость случайного процесса.

$$\text{Для детерминированной функции: } f'(x) = \lim_{x \rightarrow 0} [f(x + \Delta x) - f(x)] / \Delta x. \quad (2.8)$$

$$\text{Для случайного процесса: } \dot{\xi}(t) = \text{li.m.}_{\Delta t \rightarrow 0} [\xi(t + \Delta t) - \xi(t)] / \Delta t. \quad (2.9)$$

Отличие в том, что используется вероятностная сходимость, т.е.

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \left\langle \left[\frac{\xi(t + \Delta t) - \xi(t)}{\Delta t} - \dot{\xi}(t) \right]^2 \right\rangle = 0. \quad (2.10)$$

Аналогичным образом можно найти производную случайного процесса по вероятности:

$$\frac{\xi(t + \Delta t) - \xi(t)}{\Delta t} \xrightarrow[\Delta t \rightarrow 0]{p} \dot{\xi}(t). \quad (2.11)$$

Дифференцируемость случайного процесса в среднеквадратическом можно проверить, путем определения второй смешанной производной его корреляционной функции при совпадающих значениях аргументов [116]. Если эта производная существует, то процесс является дифференцируемым, и наоборот.

Стационарный случайный процесс будет дифференцируемым в среднеквадратическом, если его корреляционная функция дважды дифференцируема в нуле.

3) Интегрируемость случайных процессов. Если имеется случайный процесс $\xi(t)$ с нулевым математическим ожиданием, заданный на интервале $[a, b]$, то справедливо:

$$\sum_{i=1}^n f(t_i) \xi(t_i) (t_i - t_{i-1}), \quad (2.12)$$

где $f(t)$ – некоторая детерминированная функция. Так как под знаком суммы находятся величины, характеризующие случайный процесс $\xi(t_i)$, то при стремлении $n \rightarrow \infty$ и $\Delta t = |t_i - t_{i-1}|_{\max} \rightarrow 0$ получаем:

$$\int_a^b f(t) \xi(t) dt = \lim_{\substack{n \rightarrow \infty \\ \Delta t \rightarrow 0}} \sum_{i=1}^n f(t_i) \xi(t_i) (t_i - t_{i-1}). \quad (2.13)$$

Сходимость в последнем выражении понимается в каком-либо вероятностном смысле (в среднеквадратическом, по вероятности и т.д.) [23,24,116].

2.3.2. Исследование стационарных случайных процессов

Случайный процесс $\xi(t)$ является стационарным в строгом понимании в случае, когда его многомерная плотность вероятности инвариантна для любого рассматриваемого момента времени:

$$w_n(x_1, \dots, x_n; t_1, \dots, t_n) = w_n(x_1, \dots, x_n; t_1 - t_0, \dots, t_n - t_0). \quad (2.14)$$

Отсюда следуют свойства, которые возможно использовать при статистическом анализе получаемой информации по профессиональным рискам:

1) характеристические функции и функции распределения также будут удовлетворять свойству аналогичному, описываемому выражением (2.14);

2) одномерная плотность вероятности не описывает динамику изменения случайного процесса во времени, т.к. если использовать одномерную плотность вероятности $w_1(x_1; t_1) = w_1(x_1; t_1 - t_0)$ в момент времени $t_0 = t_1$, то ее зависимость от времени отсутствует $w_1(x_1; t_1) = w_1(x_1)$;

3) двумерная плотность вероятности $w_2(x_1, x_2; t_1, t_2) = w_2(x_1, x_2; t_1 - t_0, t_2 - t_0)$, в момент времени $t_0 = t_1$, записывается:

$$w_2(x_1, x_2; t_1, t_2) = w_2(x_1, x_2; \tau), \text{ при } \tau = t_2 - t_1. \quad (2.15)$$

Получается, что двумерная плотность вероятности зависит от разности моментов времени, а значит, может способствовать оценке изменения рисков по прошествии времени.

Если в соотношении (2.14) известно, что $t_0 \in \tilde{T}$, то процесс считается стационарным на временном интервале $\tilde{T}$; если $t \rightarrow \infty$ и выполняется выражение (2.14), то процесс стационарен асимптотически; если время t_0 кратно некоторому временному интервалу T_0 ($t_0 = kT_0$, k – произвольное целое число), то процесс является периодически стационарным.

Случайный процесс в первом приближении описывается математическим ожиданием, ковариационной и корреляционной функциями.

Математическое ожидание записывается в следующем виде:

$$m(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x w_1(x; t) dx = \int_{-\infty}^{\infty} x w_1(x) dx = m. \quad (2.16)$$

Поскольку плотность вероятности для стационарного процесса не зависит от времени, то математическое ожидание случайного процесса является константой.

Ковариационная функция записывается так:

$$\begin{aligned}
 B(t_1, t_2) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_1 x_2 w_2(x_1, x_2; t_1, t_2) dx_1 dx_2 = \\
 &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} x_1 x_2 w_2(x_1, x_2; t_1 - t_2) dx_1 dx_2 = B(t_2 - t_1)
 \end{aligned}
 \tag{2.17}$$

А корреляционная функция в виде:

$$K(t_1, t_2) = B(t_1, t_2) - m(t_1) m(t_2) = B(t_2 - t_1) - m^2 = K(t_2 - t_1). \tag{2.18}$$

Случайный процесс стационарен, если его математическое ожидание не зависит от времени, а корреляционная функция зависит только от разности моментов времени:

$$m(t) = m = \text{const}, \quad K(t_1, t_2) = K(t_2 - t_1). \tag{2.19}$$

Такое представление случайного процесса является приближенным, но предполагается, что для решения задач техносферной безопасности, описываемых множеством различных связанных и несвязанных, случайных и квазислучайных параметров, изложенная модель вполне обоснована.

Таким образом, в описанной постановке основными являются характеристики m и K , они не зависят от начала момента отсчета времени исследования рисков и сбора статистических данных.

При таком представлении случайных процессов есть частные случаи:

а) если выражение (2.19) выполняется только в конкретном интервале времени, то процесс является стационарным в широком смысле только в этом интервале;

б) если выполняются следующие выражения

$$m(t) = m(t + kT_0), \quad K(t_1, t_2) = K(t_1 + kT_0, t_2 + kT_0), \tag{2.20}$$

то процесс является периодически стационарным в узком (строгом) смысле.

В общем случае два типа стационарности (в строгом и нестрогом представлении, или, в узком и широком смысле) не следуют друг из друга, однако они могут быть связаны между собой в случае, когда если для случайного процесса существуют хотя бы первые два момента, тогда из стационарности в узком смысле следует стационарность в широком смысле и если случайный

процесс является гауссовским, то из стационарности в широком смысле следует стационарность в узком смысле.

2.4. Оценка воздействия факторов на состояние работника

При управлении профессиональными рисками недостаточно рассматривать факты производственного травматизма как совокупность случайных явлений, необходимо составлять целевые функции и условия-ограничения, которые позволяют представить систему охраны труда в виде управляемой модели. Поэтому далее предлагается развить подход, основанный на достижении показателей нулевого травматизма для всей системы охраны труда на предприятиях транспортной отрасли [85]. Для этого используется математическая модель определения значений параметров, отвечающих за представление и реализацию каждого из семи основных правил Концепции «Нулевого травматизма» [50], к которой присоединилась Российская Федерация. При этом конечная целевая функция рассматривается в виде суммы [71,72] пороговых значений для каждой факторной переменной; применяются коэффициенты, учитывающие вклад каждого критерия в общее значение итоговой величины; учитываются вредные и опасные факторы для отдельно взятого рабочего места.

При оценке влияния отдельных факторов предлагается применять модели множественной регрессии:

- линейную $F(\bar{x}) = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + a_3x_3 + a_4x_4 + a_5x_5 + a_6x_6 + a_7x_7$, (2.21)

- параболическую $F(\bar{x}) = a_0 + a_1x_1^2 + a_2x_2^2 + a_3x_3^2 + a_4x_4^2 + a_5x_5^2 + a_6x_6^2 + a_7x_7^2$, (2.22)

где $\bar{x} = \{x_i\}$ - векторы переменных, a_i – весовые коэффициенты модели. При этом, основной вклад в результирующую функцию вносят весовые коэффициенты с различными единицами измерения. Для обеспечения возможности сравнения влияния различных параметров применяются коэффициенты эластичности, бета- и дельта- коэффициенты.

Используемые коэффициенты позволяют сравнивать коэффициенты различных слагаемых в выражениях регрессии (2.21) и (2.22) для выявления степени

их влияния на исследуемую функцию. Правило обеспечения функционирования всей системы охраны труда можно представить в виде функции:

$$F(\bar{x}) = \sum_{i=1}^7 k_i(\bar{g}) \left(\frac{x_i}{x_i^0} \right)^{n_i}, \quad (2.23)$$

здесь величина x_i^0 представляет собой нормируемое пороговое значение для каждой факторной переменной; k_i – коэффициенты, отражающие вклад каждого фактора в общее значение итоговой величины для конкретного рабочего места; $\bar{g}$ – вектор вредных и опасных факторов для рабочего места; n_i – показатель, который рассчитывается с помощью метода экспертных оценок и учитывает общее состояние системы управления охраной труда на предприятии.

Предлагаемая схема организации оценки воздействия на состояние работника с учетом рассмотренной выше модели для оценки влияния отдельных анализируемых факторов представлена на рисунке 2.6.

Предложенная математическая модель позволяет достигнуть целей Концепции «Нулевого травматизма» путем сбора, обобщения и системного анализа информации о состоянии рабочих мест на предприятии, самих работников, СУОТ для техносферной безопасности транспортных систем в целом, безопасности и охраны труда с помощью оценки профессиональных рисков, методологического и алгоритмического обеспечения для управления ими.

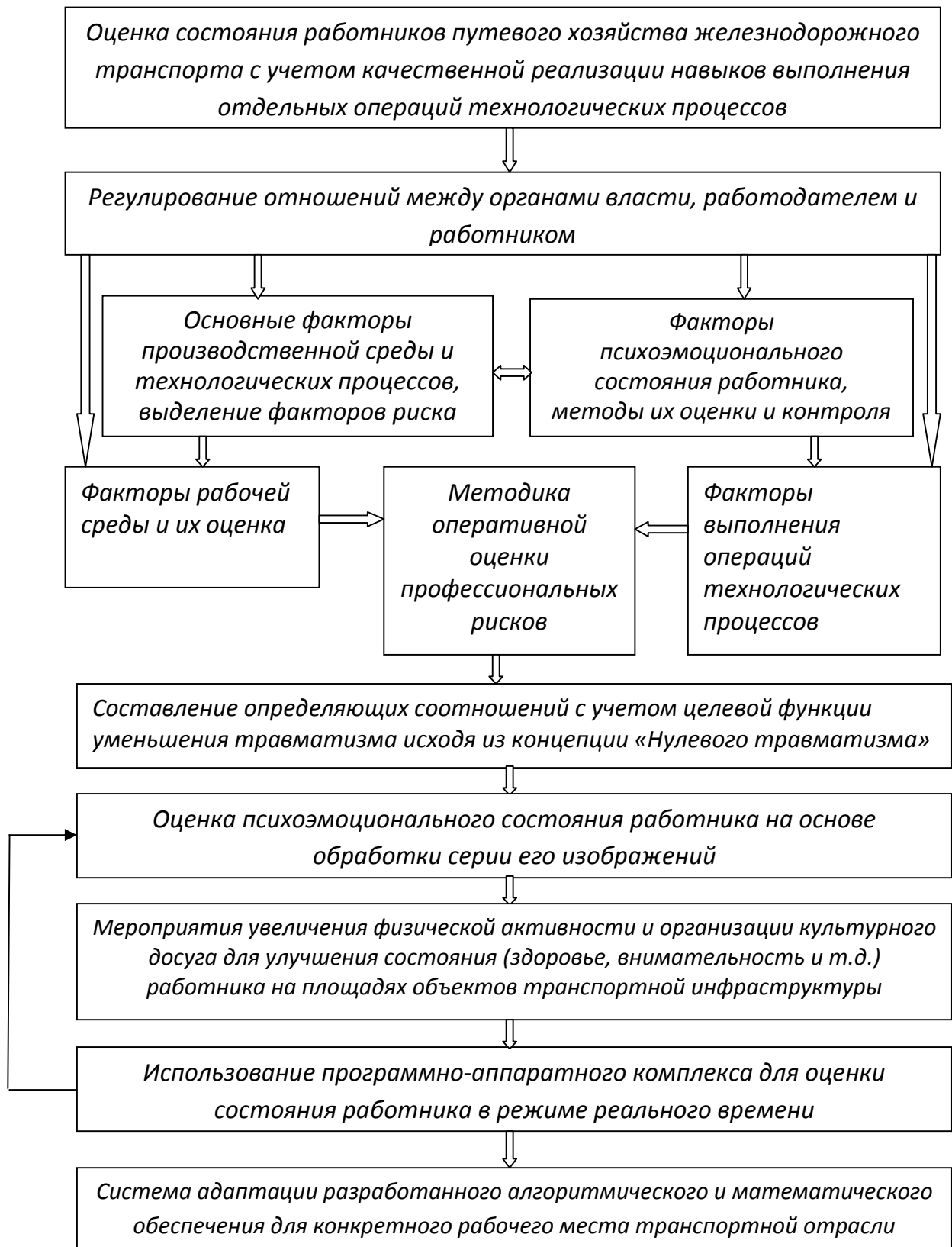


Рисунок 2.6 – Схема организации оценки воздействия на состояние работника

2.5. Повышение эффективности системы управления охраной труда

Для создания эффективной системы охраны труда необходимо также брать во внимание следующие общие функции: обучение персонала вопросам охраны труда, развитие действенного социального партнерства и улучшение культуры корпоративного здоровья.

2.5.1. Обучение персонала вопросам охраны труда

Решение проблем безопасности на производстве в значительной степени может быть обеспечено определенными требованиями к подбору кадров. Качество личностных характеристик работника влияет на безопасность труда. Нарушение человеком правил промышленной безопасности чаще других причин становится источником происшествий на транспорте [6]. Влияние человеческого фактора [129] пока остается еще слабым звеном в обеспечении техносферной безопасности транспортных систем, безопасности трудовых процессов и начинает занимать значимое место в проблемах охраны труда и промышленной безопасности [6]. Чтобы на рабочем месте успешно справляться с опасными ситуациями, возникающими иногда внезапно, необходимы определенные физиологические возможности организма и личностные качества работника [6], которые возможно прогнозировать на стадии профессионального, медицинского и психологического отбора.

Никакие меры не обеспечат сохранение жизни и здоровья работника, если он систематически пренебрегает производственной дисциплиной на своем рабочем месте, то есть сам работник должен быть мотивирован на сохранение собственного здоровья. Каждого человека, поступающего на работу на железнодорожном транспорте, обязаны предварительно обучить безопасным методам и приемам выполнения работ. В процессе трудовой деятельности постоянно появляется необходимость переобучения работников по охране труда. Такая потребность связана с развитием технического оснащения, обновлением

производственного оборудования, подвижного состава, станочного парка, инструмента и др.

По прогнозам Центра стратегических исследований гражданской защиты МЧС России, население России живет в условиях нарастания угроз и постоянного воздействия чрезвычайных ситуаций террористического, военного, техногенного и природного характера. Железные дороги подвержены всем перечисленным видам угроз, несмотря на то, что из всех видов транспорта, по статистике, железнодорожный транспорт считается самым безопасным [5].

Ежегодно на железных дорогах России случается 6-7 катастроф, сопровождающихся гибелью людей [28]. Очень часто чрезвычайные ситуации на транспорте бывают чреваты тяжелыми экологическими последствиями [28]. Во многих случаях аварии сопровождаются отравлением людей, заражением воды, почвы и атмосферы аммиаком, хлором, кислотами и др [28]. Аварийные ситуации часто обостряют экологические проблемы окружающей среды [28]. Возникает необходимость защиты населения и природной среды, чтобы неблагоприятная экологическая обстановка, возникшая в результате аварии на транспорте, не сказалась негативно на здоровье людей, оказавшихся или работающих в пределах опасной зоны [9].

На железнодорожном транспорте к действиям в зоне ликвидации аварийных ситуаций при необходимости могут быть привлечены работники различных профессий [28]. Грамотные действия при ликвидации последствий аварийной ситуации более доступны для понимания работников, если ранее они усвоили основополагающие базовые знания.

Таким образом, безопасность работника на железнодорожном транспорте обеспечивается, прежде всего, знаниями о грозящих ему опасностях и вредных факторах производственной среды, соблюдением установленных правил взаимодействия человека с техникой и с производственной средой, привитой культурой безопасности. Защита собственных жизненно важных интересов и интересов общества от аварий в современной небезопасной производственной среде обеспечивается разносторонностью знаний в области техносферной

безопасности транспортных систем, охраны труда и промышленной безопасности при обучении работников.

2.5.2. Развитие действенного социального партнерства

Возможным способом решения проблем безопасности труда на производстве является использование механизмов социального партнерства.

Практика показывает, что контрольно-надзорные функции не способны охватить все предприятия и не являются панацеей от всех бед [90,92]. Наиболее разумным подходом в данном вопросе является сотрудничество между работодателем и работником, то есть развитие социального партнерства на всех уровнях, от федерального уровня до каждой конкретной организации. Чтобы труд стал достойным и безопасным, жизнь и здоровье человека были защищены, имелась возможность снижения рисков до минимума необходимо взаимодействие на всех уровнях всех сторон социального партнерства: государства, работодателей и профсоюзов [90,92].

На федеральном, межрегиональном, региональном, территориальном уровнях это возможно через заключение соглашений с обязательным разделом по охране труда и окружающей среды, включающем, в том числе требования к техносферной безопасности транспортных систем, на локальном уровне – это заключение коллективных договоров и организация комитетов (комиссий) по охране труда, которые создаются на паритетной основе из представителей работодателя и работников [90,92].

Согласно действующему законодательству контроль за выполнением договоренностей осуществляется всеми сторонами социального партнерства. При этом все стороны равноправны. В диссертации предлагается применение алгоритма отслеживания эмоций работника в целях повышения безопасности его труда. Алгоритм обеспечивает право работодателя.

Для повышения доверия между работником и работодателем, в отличие от существующего механизма контроля за выполнением трехсторонних соглашений

предлагается модифицированный механизм автоматизации независимого от сторон контроля за выполнением соглашений, коллективных договоров. Требования об автоматизации контроля необходимо отразить в Генеральном соглашении и соглашениях других уровней, а также в нормативных документах, касающихся органов надзора и контроля в техносферной безопасности, безопасности и охраны труда. Разработать механизмы выполнения данного требования, создать условия для их прозрачности и доступности всем сторонам (профсоюзам, работодателям и администрации) отчетной информации по результатам выполнения соглашений и коллективных договоров. В планах по реализации соглашений всех трех сторон отразить источники материального и организационного обеспечения данного требования.

Таким образом, осуществляется взаимодействие всех сторон социального партнерства по недопущению нарушений норм и требований охраны труда.

Развитие техносферной безопасности транспортных систем возможно при организации взаимодействия промышленных предприятий и ОАО «РЖД» на основе механизмов социального партнерства [93]. Исследуем этот вопрос.

Стратегией социально-экономического развития Российской Федерации на долгосрочную перспективу [120] предусмотрено формирование территориально-производственных конкурентоспособных кластеров в базовых отраслях экономики, проведение кластерной политики в секторах, ориентированных на рост рынка сбыта за счет повышения конкурентоспособности предприятий, поставщиков оборудования и комплектующих, специализированных производственных услуг, научно-исследовательских и образовательных организаций. Целью кластерного развития является повышение уровня и качества жизни населения, улучшение качества человеческого потенциала, что, в свою очередь, способствует инновационному развитию экономики.

В железнодорожной отрасли Стратегия предусматривает организацию взаимодействия промышленных предприятий и ОАО «РЖД» на основе соблюдения принципов социального партнерства [93]: ответственности сторон, реальности и обоснованности принятых решений, учета интересов каждой

стороны, невмешательства во внутренние дела партнеров, сохранение и развитие конкурентоспособности каждой организации [89].

Кластерный подход является переходным процессом к новым производственным технологиям (НПТ), когда полностью меняются подходы в производстве, вводятся единые системные подходы, учитывающие весь жизненный цикл сложного изделия, формируется новый уклад в разделении труда: переход от управления предприятием к управлению кооперацией, и от выпуска изделия к управлению его жизненным циклом. При этом вопросы техносферной безопасности, безопасности и охраны труда стоят, как нельзя, остро [84].

Все эти процессы требуют строгой согласованности всех участников процесса и кооперации всех отраслей науки, техники, промышленности, и, конечно же, транспорта. Основным транспортным поставщиком является ОАО «РЖД».

Согласование интересов всех участников производственного процесса, реализации мероприятий по достижению намеченных целей и задач при организации взаимодействия промышленных предприятий и ОАО «РЖД» возможно лишь на основе использования механизмов социального партнерства [89,91,93].

Для дальнейшего развития деятельности в указанном направлении необходимо взаимодействие трехсторонних комиссий различных уровней, обобщение и распространение лучшей практики социального партнерства. Встречи, посвященные изучению такого опыта в регионах, и на всероссийском уровне могли бы оказать большую помощь в работе.

Кроме того, необходимо вести постоянный диалог с объединениями работодателей в целях вовлечения их в процесс заключения коллективных договоров и соглашений, обсуждение с профсоюзами социально-экономических проблем, проблем техносферной безопасности, безопасности труда, путей их решения. Вести пропаганду в СМИ о роли и значении социального партнерства в соблюдении конституционных прав граждан на достойную жизнь и безопасный

труд [92].

Таким образом, развитие действенного социального партнерства является еще одним направлением организационного обеспечения техносферной безопасности, безопасности и охраны труда на производстве.

2.5.3. Развитие культуры корпоративного здоровья

В качестве одного из примеров, использующегося в большинстве отраслей народного хозяйства, включая и транспортную отрасль, проанализируем трудовую деятельность в офисе для ее улучшения с точки зрения безопасности.

В рамках достижения положений концепции «нулевого травматизма» офисному и удаленному персоналу отводится небольшая роль в нормативных и руководящих документах, хотя по числу работающих данное направление превосходит остальные направления [50]. Количество легких травм в офисе даже больше, чем на производстве (бьются головой о столы, получают сотрясение мозга, падают с лестниц, на мокром скользком полу, цепляются за провода и т.д.). Вводимый подробный учет микротравм даст возможность увидеть, в какие пиковые периоды происходит травмирование, кто чаще попадает в ситуацию травмирования.

Работа офисных и удаленных работников предполагает применение персональных электронных вычислительных машин (ПЭВМ) в закрытом помещении на рабочих местах. Особенностью труда в офисе является наличие ряда неблагоприятно воздействующих на здоровье факторов [133-139].

В качестве примера исследуем оптимальное рабочее место и проанализируем вредные факторы, которые оказывают воздействие на состояние пользователя.

При работе с ПЭВМ на пользователя в той или иной степени могут воздействовать такие вредные физические факторы [133, 134, 139]:

- чрезмерный или недостаточный уровень освещенности рабочей зоны;

- повышенная блескость от попадания в поле зрения работающего чрезмерно яркого света различных излучающих объектов;
- повышенная отраженная блескость из-за наличия зеркальных отражений, яркого экрана;
- повышенный уровень электромагнитного и электростатических полей [133];
- повышенный шумовой фон в помещении из-за работы самих ЭВМ, вспомогательной печатной и множительной техники [135,136,138];
- повышенное напряжение в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;
- пожарная опасность;
- повышенное содержание положительных аэроионов, пониженное содержание отрицательных аэроионов в воздухе рабочей зоны [133,137];
- повышенная или пониженная температура воздуха в помещении и т.д.

К химическим опасным факторам можно отнести ряд веществ и соединений (раздражающие, токсичные, канцерогенные), которые негативно сказывающихся на состоянии здоровья сотрудников. Источники химических факторов опасности могут содержаться в синтетических лакокрасочных материалах стен и полов помещений, в мебели и радиоэлектронных устройствах.

При работе электронных устройств и электрооборудования возможен нагрев электроизолирующих материалов с выделением вредных химических веществ в том числе, двуокиси углерода, формальдегида, фенола, аммиака и т.д.

Имеются и биологические факторы опасности. При большом скоплении рабочих мест в помещении с недостаточной вентиляцией может повышаться содержание патогенных микроорганизмов, что увеличивает вероятность заболевания сотрудников.

При работе с персональными компьютерами существенно влияют психофизические факторы риска:

- эмоциональная нагрузка — часто пропорциональна степени ответственности сотрудника за выполняемые трудовые обязательства. Особо выражена при дефиците времени и ресурсов для выполнения поставленных задач

[58] (особенно, если работа связана с проектированием и программированием ПО);

- интеллектуальная перегрузка – связана с постоянным поступлением новой информации и необходимостью своевременной и квалифицированной реакции на нее [34];

- повышенная нагрузка на зрение и органы чувств – обусловлена воздействием мониторов и шума.

- гиподинамия – развивается при малоподвижном положении человека на рабочем месте. Характерна при работе с персональными компьютерами;

- монотонность трудовой деятельности присуща работе, связанной с программированием, особенно при широко распространенном в крупных ИТ-компаниях разделении труда.

Воздействие перечисленных факторов влияет на производительность труда, ухудшение самочувствия работников во второй половине рабочего дня. Длительное нахождение человека в зоне воздействия комплекса неблагоприятных факторов может привести к профессиональному заболеванию [156].

Для предотвращения травм, поддержания высокого уровня трудоспособности и снижения риска профессиональных заболеваний среди пользователей ПК, необходимо придерживаться установленных правил и рекомендаций. Рассмотрим основные требования нормативной документации направленные на снижение влияния перечисленных выше опасных факторов риска для сотрудников организации. Помещение, где стоит компьютер, должно хорошо проветриваться. Чистый воздух – это лучший источник легких ионов, который трудно заменить ионизаторами. Поэтому большое значение для комфортной работы и повышения производительности труда пользователя ПЭВМ имеет газовый состав воздуха в помещении. При этом желательно выделять в офисе рабочие места, где работник проводит всю смену и гостевые рабочие места, где могут размещаться посетители офисного пространства (Рисунок 2.7). Интересным при этом является представление времени нахождения работника на

своем рабочем месте в качестве полноценного аргумента функций состояния и изменения вредных факторов [99].



Рисунок 2.7 – Пример организации гостевой зоны офиса

Минимально и максимально допустимые значения нормируемых показателей определяют диапазоны концентраций аэроионов обеих полярностей и коэффициента униполярности, отклонения от которых могут привести к неблагоприятным последствиям для здоровья человека [136,137]. Значения нормируемых показателей концентраций аэроионов и коэффициента униполярности представлены в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Показатели концентраций аэроионов и коэффициента униполярности

Нормируемые показатели	Концентрация аэроионов, ρ (ион/см ³)		Коэффициент униполярности Y
	положительной полярности	отрицательной полярности	
Минимально допустимые	$\rho^+ \geq 400$	$\rho^- > 600$	$0,4 \leq Y < 1,0$
Максимально допустимые	$\rho^+ < 50000$	$\rho^- \leq 50000$	

Требования к пожарной безопасности. В современных офисах высокая плотность размещения офисной техники [133,135,138]. В непосредственной

близости друг от друга размещаются соединительные провода и коммутационные кабели, которые находятся под напряжением, при этом может выделяться значительное количество теплоты, следовательно, повышаться температура.

Кроме того, в ПЭВМ источником опасности является электрическая часть, а именно входные цепи блока питания, который подключен к сети напряжением 220 В частотой 50 Гц.

Актуальные изменения в Трудовом кодексе РФ (ТК РФ) позволяют улучшить условия труда работников. В нем сформулированы основные принципы обеспечения безопасных условий труда – предупреждение, профилактика опасностей и минимизация повреждения здоровья работников, расширены обязанности работодателя в части профилактических мер, предусматривающих выявление опасностей и профессиональных рисков на рабочем месте, анализ и оценку условий труда, учет микротравм и расследование причин их появления. Также в ТК РФ с учетом изменений предусмотрено право работника знать, в каких условиях он работает, с какими профессиональными рисками сталкивается, положены ли ему средства защиты и какие-либо компенсации, а также установлены ли на его рабочем месте видеокамеры и прочие устройства дистанционного контроля [24,74,85]. Рабочее место в новой трактовке – это не просто локация для выполнения трудовых функций, оно должно отвечать установленным государством требованиям.

Особое внимание уделяется учету микроповреждений (микротравм), которым подвержены, в том числе, офисные работники. Микротравмы – это ссадины, кровоподтеки, ушибы мягких тканей, поверхностные раны и другие повреждения, полученные работниками и не повлекшие расстройства здоровья или наступления временной нетрудоспособности [86,89,177,178]. Учет микротравм в специальном журнале позволит работодателю выявлять потенциальные риски травмирования, свести к нулю профессиональные риски и обеспечивать улучшение условий труда [42,74].

Таким образом, созданные согласно данным требованиям условия труда должны обеспечивать комфортную работу, предотвратить снижение

трудоспособности работника, уменьшить риск многих заболеваний, связанных со спецификой работы за компьютером, снять значительную нагрузку на организм и зрение и сделать рабочее место максимально удобным.

Чтобы снизить производственный травматизм и профзаболевания, планируется запретить работу в опасных условиях труда. Исключение составит работа по устранению чрезвычайных ситуаций по отдельным видам деятельности по установленному Правительством Российской Федерации перечню.

2.6. Выводы по главе 2

1. В рамках предложенной реализации парадигмы обеспечения оптимального функционирования системы управления охраной труда представлена схема проведения классификации видов деятельности по уровню риска и этапы контрольно-надзорных действий, представление которых в виде значащих параметров в определяющих соотношениях позволит не только констатировать влияние того или иного фактора в риск-ориентированной модели, но и оказывать управляющее воздействие на нее.

2. Кроме того, анализ общей структуры системы обеспечения безопасности движения на железнодорожном транспорте в комплексе с переходом на риск-ориентированный подход при осуществлении контрольно-надзорной деятельности показал необходимость обязательной разработки и внедрения на предприятиях транспортного комплекса системы управления безопасностью как при организации движения, так и при получении организационно-технологических решений, обеспечивающих интенсификацию процессов, повышение качества возведения, реконструкции и модернизации сооружений с учетом выполнения условий безопасности труда.

3. Предлагаемый подход позволяет создать риск-ориентированную модель практически для любой технологии строительства, реконструкции или ремонта, представленной в виде совокупности технологических процессов, для которых можно провести классификацию субъектов деятельности по видам риска, оценить

вероятность возникновения того или иного случая производственного травматизма, применительно для каждого отдельного рабочего места и должностной функции. Для этого предлагается использовать *n*-мерную плотность вероятности, графическое представление которой позволит выявить наиболее сложные этапы в технологии с точки зрения безопасности труда.

4. Была рассмотрена работа по внедрению риск-ориентированного подхода для управления профессиональными рисками и осуществления безопасности функционирования объектов железнодорожного транспорта, а также на примере раздельной укладки верхнего строения пути оценены возможности подхода по обеспечению безопасности труда при работе по новой для отечественной транспортной и строительной отрасли технологии укладки железнодорожного пути.

5. В результате данной работы рекомендуется повысить эффективность контрольно-надзорной деятельности, а также использования методов оценки рисков в целях снижения общей административной нагрузки на субъекты предпринимательской деятельности. Предложение оценки влияния того или иного фактора на появляющиеся риски и возможный производственный травматизм с помощью определения многомерной плотности вероятности, которая учитывает количество и опасность каждого фактора, а также конкретные технологические процессы, может быть востребовано при работе по новым технологиям в строительстве, в том числе с использованием новых средств механизации и автоматизации. В целом, внедрение риск-ориентированной модели в системах управления охраной труда приведет к эффекту сохранения человеческого потенциала, повышения производительности труда, сохранения материальных ресурсов, повышения экономической целесообразности, а также позволит разработать новые принципы и прогрессивные методы организации строительства и эксплуатации транспортных сооружений при создании условий эффективного и безопасного труда.

6. Еще один инструмент – учет микротравм. Устранив нарушения, которые привели к незначительным повреждениям здоровья, работодатели смогут исключить более серьезные травмы по тем же причинам в будущем.

7. Предложена математическая модель, основанная на Концепции «Нулевого травматизма», включающая в себя оценки профессиональных рисков, методологического и алгоритмического обеспечения для управления ими.

8. Кроме того, предложено решение задачи повышения безопасности на производстве за счет создания эффективной системы управления охраной труда, действенного социального партнерства, обучения персонала вопросам охраны труда на федеральном, региональном и локальном уровнях. Для повышения доверия между работником и работодателем, в отличие от существующего механизма контроля за выполнением трехсторонних соглашений, предлагается модифицированный механизм автоматизации независимого от сторон контроля за выполнением соглашений, коллективных договоров.

9. Рассматривается комплекс мероприятий, направленных на совершенствование безопасных условий труда и системы управления охраной труда посредством оценки возникающих профессиональных рисков. Для достижения поставленной цели используются методы учета, анализа, прогноза и социально-экономических последствий аварийности, производственного травматизма и профессиональной заболеваемости; предлагаются подходы научной организации безопасности труда, учета, контроля и профилактики вредностей и опасностей посредством представления профессиональных рисков в виде стационарных случайных процессов. Предлагаемые алгоритмы могут стать основой для создания нормативной документации следующего поколения по сертификации методов и средств снижения уровня травматизма и профзаболеваний.

Глава 3. ПОВЫШЕНИЕ ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЗА СЧЕТ УЛУЧШЕНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКА БЛАГОДАРЯ ФИЗИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

В данной главе рассматриваются направления решения проблем техносферной безопасности согласно требованиям охраны труда с внедрением риск-ориентированного подхода и концепцией «нулевого травматизма» за счет улучшения психоэмоционального состояния работника, один из вариантов реализации которого – увеличение физической активности сотрудника. Для этого необходимо рассмотреть факторы, влияющие на спортивную деятельность индивидуума.

Требования охраны труда включают в себя как различные государственные нормативные требования (например, стандарты безопасности трудовой деятельности), так и требования охраны труда, установленные локальными правилами и инструкциями, для чего работодателю (самостоятельно или с привлечением сторонних организаций и специалистов) необходимо разработать Положение о системе управления охраной труда (СУОТ). При этом Положение рекомендуется реализовывать с внедрением риск-ориентированного подхода, что представляет собой научно обоснованную, продуманную, направленную на совершенствование процессов безопасности предприятия концепцию [91].

Далее Положение должно согласовываться как с представительным органом работников, например, как часть коллективного договора, так и с контролирующими органами. То есть, необходим полный доверительный диалог между работниками и работодателями по вопросам безопасности труда, который может быть закреплён в виде трехсторонних соглашений на различных уровнях между работодателями, работниками и органами власти и коллективных договоров. Это необходимо для того, чтобы контроль за их выполнением мог осуществляться всеми участниками производственного процесса – подписантами договора: профсоюзами, объединениями работодателей, органами

исполнительной власти, контрольно-надзорными органами. Это позволит трудовой деятельности стать более производительной, безопасной и прозрачной.

3.1. Влияние личностных факторов сотрудника на безопасность труда

Помимо знаний и умений применять основные правила, законы, регламенты, существующие для поддержки техносферной безопасности на рабочем месте, а также владения соответствующими инструментами и устройствами, которые используются на конкретном производстве, необходимо своевременно определять личное отношение сотрудника к его работе и всем процессам, происходящим в течение рабочего дня рядом с ним.

Для анализа знаний и навыков сотрудников все четко продумано и прописано – какие мероприятия проводить для инструктажа работников, их обучения, определения наличия необходимых уровней выработки, заполнения журналов посещения, выполнения и т.д. [91]. Что касается личностного фактора сотрудника – его отношения к работе, характеристик, - это более сложно представимо в количественном виде для того чтобы была возможность сравнивать их с соответствующими порогами-эталопами, а значит и менее полно изучено, несмотря на существенное влияние на результат профессиональной деятельности и безопасность труда в целом. При этом личностные качества сотрудника и его отношение к трудовой деятельности сильно зависят от его психофизических характеристик, а также от изменения внешних условий окружения работника, что может влиять на его эмоциональный фон.

К подобной внешней среде, в том числе, относятся отношения сотрудников между собой, причем изменения в этом плане могут происходить резко. Поэтому необходимо непрерывно наблюдать за процессами труда, периодически контролировать отношение на работе к ним – все это относится к человеческому фактору, влияющему на возникновение возможных несчастных случаев. Поэтому считается, что наилучшим вариантом для повышения техносферной безопасности

при сложных и опасных производствах является исключение влияние человеческого фактора, однако это не всегда возможно [12, 145].

3.1.1. Влияние эмоционального состояния сотрудника на безопасность трудовой деятельности

Более подробно рассмотрим эмоции и их влияние на восприятие человека, его действия, сознание, а значит и на трудоспособность работника и, в итоге, на безопасность его трудовой деятельности [81].

Эмоции – психический процесс, который отражает субъективное оценочное отношение к существующим или возможным ситуациям и объективному миру.

Очевидно, что негативные эмоции человека могут существенно ухудшить его концентрацию внимания, что влияет на итоговую организацию всей его профессиональной деятельности, однако, помимо них, также и сильные позитивные эмоции могут также отрицательно влиять на процесс труда. То есть необходимо определять именно сильные эмоции сотрудника, чтобы уменьшить их влияние на производственный процесс в целом [22].

Рассматривая эмоциональные состояния человека, можно предложить следующие принципы:

1. Согласно закону Йеркса-Додсона эмоциональное возбуждение положительно влияет на эффективность действий человека до определенного предела, после которого происходит резкий спад (Рисунок 3.1) [22].

2. Сильные факторы-раздражители, действующие на человека, могут привести к торможению его психофизиологических процессов (Рисунок 3.2). При этом для простых действий высокий уровень эмоциональной активности может положительно влиять на человеческую деятельность, а при выполнении сложных задач необходимо уменьшить эмоциональную возбужденность работника.

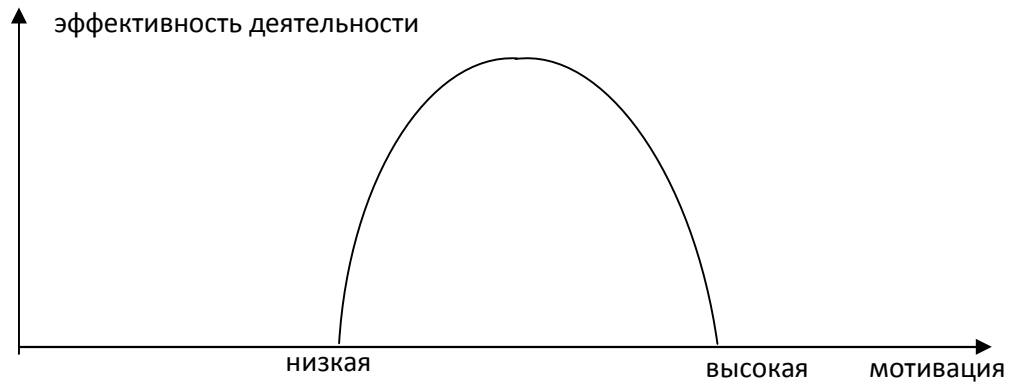


Рисунок 3.1 – Закон мотивации Йеркса-Додсона

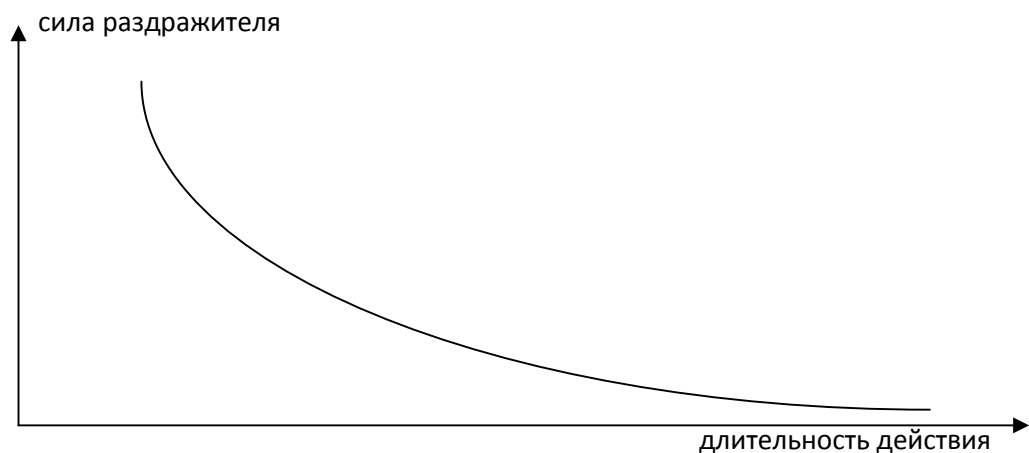


Рисунок 3.2 – Зависимость силы раздражителя от времени его воздействия

3. Мыслительные процессы человека обратно пропорциональны его эмоциональному напряжению.

4. Эмоции развиваются однонаправленно. Существуют как активные (восхищение, радость, удивление), так и пассивные эмоции (скука, грусть, апатия, стыд), вследствие которых происходит сужение кровеносных сосудов, из-за чего увеличивается бледность кожи, снижается температура, увеличивается усталость человека. Также существуют и неоднозначные эмоции, которые могут как положительно влиять на человека, так и отрицательно, например, гнев, который может, например, разрушать равновесие при работе в коллективе, так и увеличивать его эффективность при недостижении определенных порогов.

Внешние проявления многих эмоций можно определить с помощью специальных датчиков, например, контроля давления, температуры, тремора рук

и т.д. Например, по дыханию человека, его сердцебиению, потовыделению можно определить возможное состояние тревоги или страха, для чего необходимо провести сравнение с соответствующими характеристиками человека при обычных (нестрессовых) условиях – для этого необходимы специальные устройства, обычно тесно контактирующих с человеком, что может также негативно влиять на его поведение, создавая лишний стресс. Некоторые эмоции можно определить по изменению выражения лицевой экспрессии сотрудника и внешнему его поведению, что возможно автоматизировать путем использования удаленных устройств в системе контроля и мониторинга, таких как фото- и видеодетекторы, для получения изображений сотрудника и дальнейшего применения методов и алгоритмов компьютерного зрения, что дает возможность непрерывно оценивать психоэмоциональное состояние человека, определяя те или иные проявления базовых эмоций.

3.1.2. Классификации эмоций

Для научных исследований эмоциональных характеристик как теоретической направленности, так и практической, существенно предположение о том, что одни и те же эмоции имеют одинаковые характеристики для разных индивидуумов, что позволяет их классифицировать.

Рассмотрим три основных подхода к классификации эмоциональных выражений [29]: 1) дискретный подход, основанный на выделении базовых эмоций, из которых и состоят все остальные эмоциональные явления; 2) многомерный подход, основанный на выделении ряда измерений, характеризующем эмоции; 3) агрегированный подход – сочетание первых двух. От выбора используемого метода классификации будет зависеть формат данных о состоянии человека и детектируемый набор эмоций.

Дискретный (или категориальный) подход основан на следующей гипотезе: эмоциональные выражения имеют ярко выраженные физиологические признаки на лице человека и любая эмоция характеризуется набором состояний с

определенными начальными значениями. Это одним из первых предположил Ч. Дарвин, основываясь на преемственности в первоначальных проявлениях эмоций, таких как боль, гнев, удивление и ужас, у разных видов животных [180]. Эти эмоции можно назвать базовыми, если они возникли в результате эволюционно-биологических процессов, имеют отчетливые нервные субстраты, проявляют себя при помощи выразительной определенной конфигурации мимических движений, влекут за собой отчетливое осознанное переживание, оказывают адаптирующее и мотивирующее влияние на человека. Было проведено изучение гипотезы об универсальности эмоций в межкультурных исследованиях человека, где различным участникам было предложено определить те или иные эмоциональные выражения [166] и показать определенные выражения лиц с помощью набора признаков, присущих для предлагаемых эмоций. То есть, базовые эмоции можно рассмотреть как набор дискретных измерений, которые представляют собой то или иное состояние, например, страх, гнев, печаль или счастье [181]. Более сложные (комбинационные) эмоции (например, любовь), в свою очередь, можно представить как соединение нескольких базовых эмоций.

Исследователь Экман [169] предложил классификацию основных эмоций, разделенных на шесть групп (радость, удивление – положительные эмоции, страх, печаль, гнев, отвращение – негативные эмоции) и основанных на универсальности лицевой экспрессии людей различных культур, и представил ее в виде системы кодирования лицевых движений человека.

В еще одной предлагаемой концепции – «Общая психозволюционная теория эмоций» [110] – эмоции рассмотрены как появившиеся и развившиеся эволюционным путем навыки человека, необходимые для его выживания, то есть предполагается, что каждая эмоция связана с определенным комплексом адаптивного поведения. В этой концепции базовые эмоции уже делятся на восемь групп: радость, удивление, одобрение, ожидание (положительные эмоции), гнев, страх, отвращение, печаль (отрицательные).

При рассмотрении классификации эмоций с помощью многомерного подхода эмоциональные выражения представляются как нечеткие категории в n-

мерном по координатному неразрывному пространству с осями, например, характеризующими валентность (удовольствие), активацию (возбуждение) и интенсивность, то есть пространство эмоций характеризуется измерениями более низкого порядка [178]. Тогда получается, что эмоциональные выражения распределены по круговой структуре и точки, лежащие на пересечении двух независимых измерений, относят от себя на равные промежутки отдельные эмоции. То есть категории эмоций не сгруппированы по осям, а упорядочены по длине окружности круговой структуры, что позволяет их идентифицировать в соответствии с их расположением, которое характеризуется выбранными основными измерениями. При таком подходе детектирование видов лицевой экспрессии будет проводиться не путем сопоставления с базовыми эмоциями, а путем определения ближайшего кластера к текущему образцу в этом непрерывном n -мерном пространстве представления эмоций, то есть одни типы выражений (например, отвращение и гнев) будут ближе друг к другу, чем другие (например, грусть и счастье). Такая близость одних эмоций друг к другу относительно других говорит о необходимости проводить границы в пространстве эмоций более низкого измерения. Получается, что распознаваемые по лицевой экспрессии эмоции имеют тенденцию перекрываться, что указывает на не полностью дискретную природу категорирования эмоций, то есть отдельные классы эмоций могут быть созависимы. Например, эмоция «печаль» может рассматриваться как менее интенсивная эмоция «горе» или более интенсивная эмоция «задумчивость».

Таким образом, получается, что дискретный подход (предполагающий базовые эмоциональные выражения) в отличие от многомерного подхода (использующего эмоциональные измерения) ориентирован на изучение внутренней организации эмоций, при этом проводится анализ взаимосвязей между ними, определяются сходства и различия.

Существуют также и агрегированный подход, который объединяет два рассмотренных выше варианта. Например, эмоция может рассматриваться как состояние, связанное нелинейными отношениями с другими состояниями-

эмоциями. К подобному виду можно отнести модель, характеризующуюся 6 уровнями силы эмоционального выражения, составляющих итоговый набор из 24 эмоций [164].

3.1.3. Влияние утомляемости и личностных характеристик работника на безопасность труда

На безопасность деятельности работника может влиять как переизбыток, так и недостаток положительных эмоций. Поэтому при приеме на работу кандидатов необходимо проверять на профессиональную пригодность различными психологическими тестами, установленными для каждой конкретной профессии, как это делают, например, в ОАО «РЖД».

Негативные эмоции сотрудника отрицательно влияют на организм человека, при длительном воздействии его состояние и поведение может непроизвольно меняться, что, очевидно, ухудшает техносферную безопасность самого сотрудника и окружающих его людей. Это, например, можно увидеть при стрессе и других подобных состояниях, когда человек невольно отвлекается от своих трудовых обязанностей. Внешне же это выражается, например, изменением электрической активности мышц лица [95].

Трудовую деятельность можно разделить на физическую (по тяжести труда) и умственную (ментальную). При этом во втором виде важную роль играет повышенная эмоциональная нагрузка, т.к. в таких условиях одновременно обрабатываются процессы мышления, памяти и внимания. Работу оператора-машиниста можно отнести как раз к этому виду труда, так как ей характерна высокое эмоциональное напряжение в связи с большой ответственностью и постоянным дефицитом времени, высокая нагрузка восприятия информации и определения на ее основе агрегированной оценки параметров. Получается, что трудовую деятельность оператора-машиниста можно разделить на следующие классы (Таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Классификация трудовой деятельности по степени тяжести

№	Трудовая деятельность	Классы степени тяжести труда			
		Легкий	Средний	Тяжелый	
				менее	более
		1	2	3	4
1	Интеллектуальная:				
1.2	Степень сложности задания	Обработка, выполнение	Обработка, выполнение, проверка	Обработка, контроль за выполнением	Контроль, предварительная работа по распределению заданий
1.3	Индивидуальный рабочий план	Индивидуальный рабочий план	Установленный график с возможной его коррекцией по ходу деятельности	Дефицит времени	Дефицит времени, дефицит информации, повышенная ответственность
2	Сенсорная:				
2.1	Длительность концентрации внимания (в % от длительности всей смены)	до 25	26-50	51-75	более 75
2.2	Плотность принимаемых сигналов в среднем за 1 час работы	до 75	75-175	176-300	более 300
2.3	Число производственных объектов одновременного наблюдения	до 5	6-10	11-25	более 25
2.4	Наблюдение за экранами видеотерминалов (часов в смену)	до 2	2-3	3-4	более 4
3	Эмоциональная:				
	Степень риска для жизни работника	Исключена			Вероятна
	Степень риска за безопасность других лиц	Исключена			Возможна
4	Монотонная:				
4.1	Число	более 10	9-6	5-3	менее 3

	элементов (приемов), необходимых для реализации простого задания или в многократно повторяющихся операциях				
4.2	Продолжительность (в секундах) выполнения простых производственных заданий, повторяющихся операций	более 100	100-25	24-10	менее 10
	Продолжительная:				
5.1	Фактическая продолжительность рабочего дня	6-7 часов	8-9 часов	10-12 часов	более 12 часов
5.2	Фактическая продолжительность рабочего дня	Односменная работа (без ночной смены)	Двухсменная работа (без ночной смены)	Трёхсменная работа (с ночной сменой)	Нерегулярная сменность с работой в ночное время

По итогам прохождения аттестационных мероприятий работника определяется класс условий его трудовой деятельности, после чего возможно, например, установление доплат, если рабочее место относится к третьему или четвертому классу тяжести труда. Так, например, к условно аттестованным местам по вибрациям, шуму, напряжённости труда относится практически 70% рабочих мест машинистов и помощников машинистов мотовозов, 76% машинистов и помощников машинистов автомотрис, 64% водителей и помощников водителей дрезин, работающих на Московской железной дороге [81].

Профессия машиниста относится к типу «человек – техника», связана с управлением локомотивами. Для подобной деятельности сотрудникам необходимы не только аккуратность, организованность, умение концентрировать внимание на продолжительное время, монотонность, проявляющаяся в

постоянном выполнении одного и того же набора действий, но и эмоциональная и высокая физическая устойчивость, хорошее зрение, логическая, слуховая и пространственная память. Машинисты всегда работают с помощниками, так как движение на больших скоростях часто сопряжено с чрезвычайными ситуациями и требуется своевременная помощь коллеги. Работа оператора-машиниста связана со стрессом и риском возникновения аварий, требует повышенной концентрации внимания, также возможна работа в ночное время суток. Таким образом, условия работы способствуют высокой утомляемости работников подобных профессий, что снижает производительность труда.

3.1.4. Оценка первоначального психоэмоционального состояния и степени усталости

Рассмотренный ранее набор эмоциональных характеристик оператора-машиниста возможно использовать с целью мониторинга состояния сотрудника в режиме реального времени с использованием информационно-коммуникационных технологий [80,95].

Оценка первоначального психоэмоционального состояния и степени усталости происходит на основе определения характерных точек исследуемого образа работника, полученный с помощью фото- или видеокамеры, и градиентных переходов на образе (Рисунок 3.3).

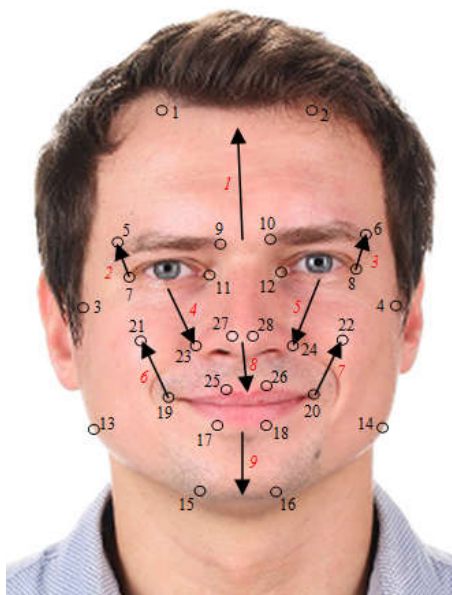


Рисунок 3.3 – Характерные точки и градиентные переходы на образе

На первом этапе предлагается определить 28 координатных пар (x,y – измеряемые в условных пикселях), устанавливающих положение характерных точек на образе. В качестве основных критериев описывающих состояние работника предлагается использовать длину незамкнутых линий (L), замкнутых контуров (K) и градиентных переходов для определения тени (G) в соответствии с совокупностью следующих выражений:

$$L_{1-9} = \sum(1 + 9); L_{5-3-13-15} = \sum(5 + 3 + 13 + 15);$$

$$L_{23-25} = \sum(23 + 25); L_{19-21} = \sum(19 + 21); \quad (3.1)$$

$$K_{1-5-9} = \sum(1 + 5 + 9); K_{1-2-9-10} = \sum(1 + 2 + 9 + 10);$$

$$K_{9-10-11-12} = \sum(9 + 10 + 11 + 12); K_{9-11-7-5} = \sum(9 + 11 + 7 + 5); \quad (3.2)$$

$$G_{9-10-1-2} = \frac{9+10}{2} \rightarrow \frac{1+2}{2}; G_{7-5} = 7 \rightarrow 5;$$

$$G_{7-11-23} = \frac{7+11}{2} \rightarrow 23; G_{19-21} = 19 \rightarrow 21. \quad (3.3)$$

Набор предложенных критериев вместе с совокупностью каскадных классификаторов, определяющих объект изучения (задача распознавания образа), позволяет определить изменение в состоянии работника на основе сравнения с тестовым изображением, данный подход составляет конкуренцию существующим системам детектирования и распознавания эмоций людей (Face Reader, EMotion Software, FacE Analysis System, FaceSecurity, EmoDetect).

Развитие алгоритма определения эмоциональных характеристик и степени утомленности сотрудника будет рассмотрено в главе 4 данной работы.

3.2. Влияние физической активности на деятельность сотрудника

Сегодня во многих отраслях хозяйственной деятельности на помощь человеку пришла автоматика и информационные интеллектуальные системы. Но, уменьшая физические усилия, она требует повышенного внимания, значительного психического напряжения [27]. То есть, научно-техническая революция совершила переворот и в требованиях к организму человека – ведь тысячелетиями развития человечества до этого было наоборот: большой расход энергии сопровождался незначительными психическими напряжениями. Отсюда рост

сердечно-сосудистых заболеваний, «выгорания» специалиста на работе, влияние «человеческого фактора» при производственном травматизме, при авариях на транспорте, и на других видах производства. Но и здесь для борьбы с малоподвижностью, порожденной «сидячими» профессиями с нервными перегрузками предлагается повышение физической активности в целях укрепления здоровья нации, физическая культура и спорт. Даже в современных практически полностью автоматизированных лабораториях транспортной отрасли при проведении испытаний элементов верхнего строения пути приходится устанавливать на стенд в ручную элементы массой до 50 кг (Рисунок 3.4а,б).



а)



б)

Рисунок 3.4 – Стенды для лабораторных испытаний: а) рельсов, б) промежуточных рельсовых скреплений

Во всем этом большую роль играет спортивная составляющая [27]. Не случайно вопрос занятий физкультурой и спортом все чаще и чаще звучит в выступлениях Президента Российской Федерации, рассматривается на трехсторонних встречах профсоюзов, работодателей и Правительства РФ.

Работодатели совместно с профсоюзами предусматривают в коллективных договорах мероприятия по физкультурной и спортивной работе, пропаганде здорового образа жизни с финансированием за счет средств организаций и профсоюзов; создают сеть спортивно-оздоровительных клубов при организациях. Исполнительные органы государственной власти в сфере физической культуры и спорта готовят методические рекомендации для использования при организации

физкультурных и спортивных мероприятий в организациях. Идея состоит в том, чтобы сформировать культуру профилактики на производстве. Например, на строительной площадке предотвращение несчастных случаев является ключевым, но, скажем, в таких организациях, как больницы или учреждения образования, психосоциальные факторы и эргономика выходят на первое место [140]. То есть, одним из направлений достижения поставленных целей является внимание к психическому и физическому здоровью работника. Для улучшения его психоэмоционального состояния предлагается рассмотреть влияние активного отдыха [48] на их трудовую деятельность.

3.2.1. Определение основных факторов, влияющих на спортивную деятельность человека

Занятия спортом можно рассматривать как способ инвестирования в здоровье [27], желание сохранить настоящее и будущее здоровье индивида – используется для описания зависимости продолжительности жизни, а также заработной платы и заболеваемости от инвестиций в здоровье [104,140]. В этом случае связь между физической активностью и полезностью – косвенная, потому что люди извлекают пользу от здоровья, а не непосредственно от физической активности.

Был рассмотрен эмпирический анализ основан на данных опроса, проведенного аналитическим центром Ю. Левады в Российской Федерации [77]. Опрошено 4001 респондентов в возрасте от 15 до 93 лет во всех федеральных округах. Так, например, в процентном соотношении большее количество более образованных людей занимается спортом по сравнению с менее образованными [77].

Еще одним индивидуальным фактором, который можно отнести к социально-экономическим, является убежденность людей о зависимости здорового образа жизни от материальных затрат [83]. На рис. 3.5 представлена предлагаемая в опросе шкала ответов.

(1) может любой без больших затрат	2	3	4	5	6	(7) могут только состоятель- ные люди	8 затруд . отв.
---	---	---	---	---	---	---	-----------------------

Рис. 3.5. Шкала, представленная в опросе

Таблица 3.2 – Распределение занимающихся и не занимающихся спортом в зависимости от убеждений

Убеждения \ Спорт	Не занимается спортом	Занимается спортом	Всего человек
Без затрат	1139/ 70.7%	472/ 29.3%	1611/ 100%
Со средними затратами	1284/ 79.8%	324/ 20.2%	1608/ 100%
С большими затратами	487/ 87.9%	67/ 12.1%	554/ 100%

Получается, что доля людей, занимающихся спортом выше среди тех, кто считает, что заниматься может каждый без затрат, по сравнению с теми, кто считает, что спортом могут заниматься только состоятельные люди.

Кроме того была исследована связь между расходами на профилактику и спорт и занятиями физической активностью [83]. Для того чтобы узнать сумму расходов индивидов на спортивные занятия, был задан следующий вопрос с вариантами ответов. «Какую примерно сумму в рублях Вы тратите ежемесячно на профилактику, укрепление, восстановление собственного здоровья (в том числе на занятия спортом, физкультурой, на активный отдых, на профилактические процедуры и пр.)? Без расходов на лечение».

Таблица 3.3 – Распределение занимающихся и не занимающихся спортом в зависимости от расходов на профилактику и спорт

Спорт \ Траты на спорт	Не занимается спортом	Занимается спортом	Всего
Нет трат	2366/ 83.1%	482/ 16.9 %	2848/ 100%
< 1000 рублей	404/ 64.0%	227/ 36.0%	631/ 100%
1000-3000 руб	97/ 45.3%	117/ 54.7%	214/ 100%
≥3000 руб	29/ 48.3%	31/ 51.7%	60/ 100%

Процент занимающихся спортом выше у тех, кто вкладывается в профилактику и в физическую активность, чем у тех, кто не тратит на это средства.

В целом, результаты проведенных исследований показывают, что для повышения физической активности в нерабочее время значимым является наличие спортивной инфраструктуры на предприятии; наличие убеждений о том, что повышение физической активности в нерабочее время доступно каждому вне зависимости от доходов; наличие расходов на профилактику заболеваний и спорт. А к незначимым параметрам относятся: наличие субсидий на месте работы, доходы индивида, убеждения в доступности физической активности в нерабочее время только состоятельным людям.

3.2.2. Активный отдых как одно из решений укрепления здоровья работника в целях безопасного труда

Одним из толчков для развития интереса к спорту среди населения страны может стать пропаганда активного отдыха. Для того чтобы хорошо трудиться, человек должен хорошо и отдыхать, отдыхать активно, то есть заниматься спортом и физкультурой [104]. Сегодня, в достаточно сложный период, который переживает наша страна, наша экономика, когда Правительством Российской Федерации поставлена задача повышения производительности труда, создания 25 миллионов новых рабочих мест, чтобы повышать число высококвалифицированных рабочих, необходимо понимание, что передовым производствам нужны специалисты, отвечающие современным требованиям. Такими специалистами могут быть только здоровые люди. Тогда рост производительности труда приведет к повышению доходов граждан, к изменению к лучшему их условий труда, качества жизни.

В настоящее время появляется все больше профессий, которые практически лишают человека движений, что отрицательно сказывается на здоровье человека. Одним из вариантов компенсации нехватки движения из-за сидячего образа

жизни и работы является активный отдых. Так, например, согласно трудам физиолога И.М. Сеченова [140], рука, поднимающая груз, наилучшим образом отдыхает, если совершает более легкую работу. Смысл его учения об активном отдыхе заключается в том, что мышцы и нервная система человека лучше всего отдыхают и восстанавливаются не при полном покое, а когда один вид деятельности сменяется другим или при переключении работы с одних групп мышц на другие. Чтобы лучше отдохнуть, надо менять виды деятельности: например, периодически варьировать «сидячую» рабочую деятельность с занятиями спортом. Исходя из учения об активном отдыхе, на предприятиях вводится производственная гимнастика, во время которой работникам предлагается комплекс упражнений для бездействовавших мышц.

Один из возможных видов активного отдыха – туризм. Развитие активного туризма [146, 157] также будет стимулировать население заниматься спортом, причем в данном случае также важна эмоциональная сторона [61-64]. Он дает достаточную физическую нагрузку, разнообразные и богатые положительные эмоции. Именно это направление следует взять за основу при разработке программ развития туризма и спорта в стране. Возможно связать культурно-исторический туризм и спорт, сделав своего рода «квесты», рассчитанные на любителей истории и физической активности.

При физической нагрузке улучшаются функции организма как двигательные (повышение выносливости, силы мышц, гибкости, координации движений), так и вегетативные (совершенствование работы дыхательной и других систем организма, улучшение обмена веществ). Занятия физкультурой и спортом способствуют расширению кровеносных сосудов, нормализации тонуса их стенок, улучшению питания и повышению обмена веществ в стенках кровеносных сосудов.

Таким образом, физическая культура, кроме основной функции – создание возможности удовлетворения естественных потребностей человека в двигательной активности и обеспечения на этой основе необходимой в жизни физической дееспособности – выполняет и другие специфические функции

частного характера: образовательные функции, которые выражаются в использовании физической культуры как учебного предмета в общей системе образования в стране; прикладные функции, имеющие непосредственное отношение к повышению специальной подготовки к трудовой деятельности и т.д.

3.2.3. Площадь для активного досуга сотрудников как один из факторов, влияющих на занятия спортом

Для вычисления площадей, которые могут быть вовлечены в дополнительную деятельность в рамках увеличения физической активности в нерабочее время, необходимо учесть требования нормативов [112], задающих параметры пассажиропотока и площадь помещений для обеспечения основного функционала объекта.

Для оценки использования площадей объектов транспортной инфраструктуры общего пользования предлагается использовать следующий коэффициент (Рисунок 3.6):

$$f_{\text{исп}} = (N_{\text{раб}} + N_{\text{ф}}) / N, \quad (3.4)$$

здесь $N_{\text{раб}}$ – среднее число работников объекта транспортной инфраструктуры, $N_{\text{ф}}$ – среднее среднесуточное число пассажиров в зависимости от месяца, N – расчетная вместимость вокзала для пассажиров.

Оценку возможного дополнительного использования объектов транспортной инфраструктуры общего пользования предлагается проводить с помощью следующего показателя (рис. 3.7):

$$f_{\text{предл}} = (N_{\text{раб}} + N_{\text{ф}} + k_{\text{ш}} \cdot N_{\text{ш}} + k_{\text{р}} \cdot N_{\text{р}} + k_{\text{ан}} \cdot N_{\text{ан}} + k_{\text{нн}} \cdot N_{\text{нн}}) / N, \quad (3.5)$$

где $N_{\text{ш}}$ – число жителей населенного пункта проживающих в шаговой доступности, $N_{\text{р}}$ – число жителей района вне зоны шаговой доступности, $N_{\text{ан}}$ – активное население, $N_{\text{нн}}$ – неактивное население, $k_{\text{ш}}$, $k_{\text{р}}$, $k_{\text{ан}}$, $k_{\text{нн}}$ – средневзвешенные показатели вероятности посещения многофункционального центра соответствующими категориями населения.

На рисунке 3.6 показана степень полноты использования площадей железнодорожного вокзала в городе Острогожск Воронежской области, здесь можно обратить внимание на сезонность изменения соответствующего параметра и на его объективную малость в отдельные месяцы.

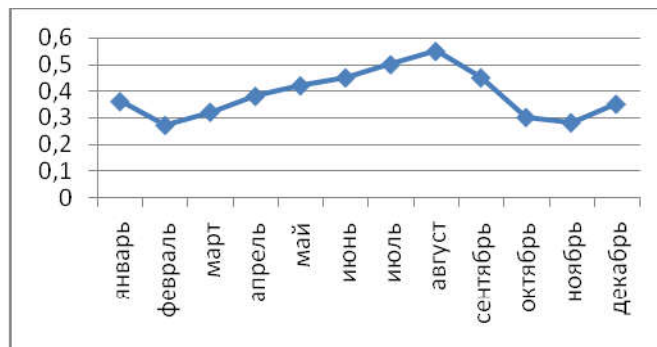


Рисунок 3.6 – Зависимость коэффициента полноты использования вокзальных площадей в районном центре от месяцев

С целью более полного использования эксплуатируемых круглый год площадей объекта транспортной инфраструктуры [69] предлагается активно вовлекать жителей населенного пункта [59], в котором расположен данный объект, а также работников транспортной отрасли в качестве посетителей и участников различных мероприятий [76], проводимых в свободных помещениях, увеличивая тем самым использование пустующих площадей (Рисунок 3.7).

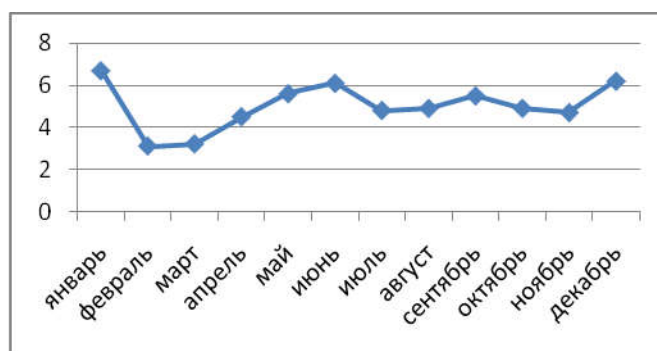


Рисунок 3.7 – Зависимость коэффициента возможного использования вокзальных площадей от месяцев

Данный подход позволяет использовать потенциал объектов транспортной инфраструктуры [79] без дополнительных капитальных вложений для улучшения психоэмоционального состояния работников транспорта [78]. После участия индивида в мероприятиях развития физической активности в нерабочее время его состояние также предлагается оценивать по предложенному алгоритму (Рисунок 3.8).

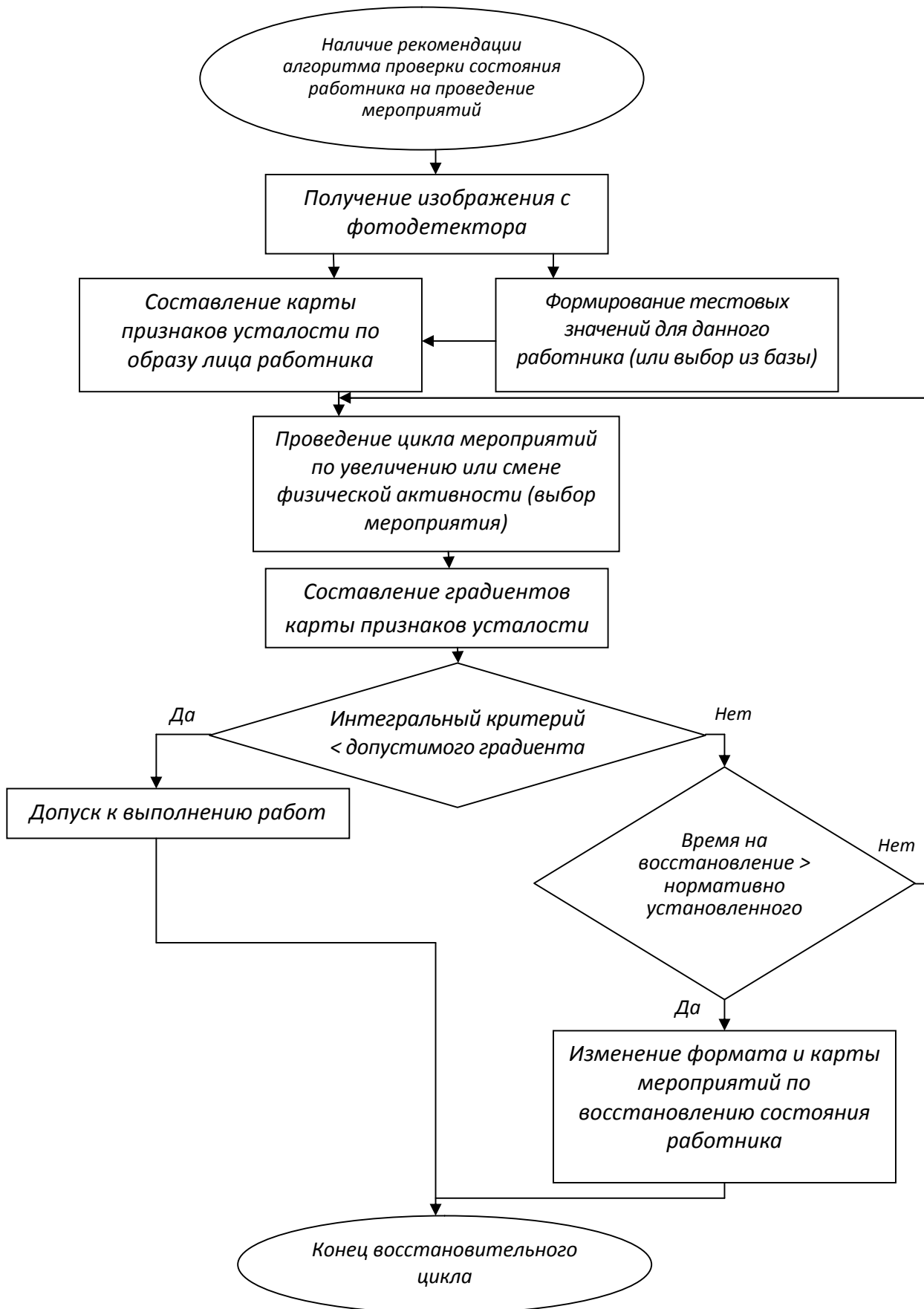


Рисунок 3.8 – Блок-схема алгоритма проверки состояния работника при прохождении мероприятий физической активности

3.3. Выводы по главе 3

Безопасность труда зависит, в том числе, от психофизиологических возможностей человека – вида и условий трудовой деятельности, ее тяжести, умений человека и его личных качеств, а также от его эмоционального состояния, задатков, настроения и мотивации. В зависимости от данных факторов и должны строиться основные рекомендации по охране труда.

Обеспечение безопасности является приоритетной целью и внутренней потребностью, приводящей к осознанию личной ответственности и к самоконтролю в процессе выполнения всех работ, влияющих на безопасность, для этого необходимо формировать в субъектах транспортного комплекса «культуры безопасности», как квалификационной и психологической подготовленности работников (персонала). Для определения психоэмоционального состояния сотрудника, его усталости возможно использовать информационно-коммуникационные технологии, такие как программно-аппаратные системы видеомониторинга, которые могут в автоматическом режиме анализировать по изображениям работника его начальное состояние, непосредственно при выполнении его профессиональной деятельности, а также проверять его состояние при прохождении мероприятий физической активности, которая играет немаловажную роль в укреплении здоровья человека, что приводит к усилению безопасности его труда.

Глава 4. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ РАБОТНИКА

В данной главе рассматривается возможность автоматизации отслеживания состояния сотрудников (что является частью прохождения поведенческого аудита) с помощью обработки его изображений в режиме реального времени. Для этого предлагается математическое и алгоритмическое обеспечение, позволяющее обрабатывать серию изображений, с целью распознавания образа сотрудника и детектирования параметров его усталости и эмоционального состояния. Распознавание работника по изображению происходит с помощью информационно-коммуникационных технологий с использованием модифицированного алгоритма Виолы-Джонса и нейронных сетей.

Поведенческий аудит – часть системы управления охраной труда, направленная на повышение техносферной безопасности работников путем выявления и предупреждения опасных действий и условий труда как на травмоопасных производствах, так и в тех областях рынка услуг, где необходима эмоциональная устойчивость и повышенная концентрация внимания, и основанная на том факте, что легче и дешевле предотвратить аварии и травмы, чем бороться с их последствиями. К таким отраслям, где необходимо использовать подобный механизм, относится и работа на транспорте.

Если рассматривать в качестве примера оператора-машиниста, то чаще всего к его ошибкам приводит сонливость, монотонность работы, переутомление, снижающее концентрацию внимания и ухудшающее его реакцию, особенно в ночное и предутреннее время [161].

Для более объективной и беспристрастной оценки действий работников предлагается увеличить автоматизацию проведения поведенческого аудита, что позволит, в том числе, своевременно реагировать на возможные негативные

изменения психоэмоционального состояния сотрудника в режиме реального времени, на примере оператора-машиниста железнодорожного транспорта.

4.1. Поведенческий аудит на железнодорожном транспорте

Работа машиниста – работника железнодорожного транспорта – относится к классу напряженной работы. На безопасность работы оказывает существенное влияние качество и состояние работника в каждый конкретный момент времени (т.е. велико влияние человеческого фактора).

На снижение работоспособности оператора влияют такие причины, характеризующие данную профессию, как однообразие и повторяемость поступления информации, шум и помехи определённого спектрального состава и интенсивности и т.д., что в свою очередь приводит к когнитивной и эмоциональной перегрузке, высокой напряжённости и интенсивности труда, а к внутренней напряжённости сотрудника и его переутомлению [109].

Работа оператора-машиниста обычно подразумевает сменный график, в том числе и работу в ночные часы, что приводит к росту числа производственных ошибок и способствует возникновению аварийных ситуаций из-за утомления и низкой адаптации организма человека к бодрствованию ночью. Также снижению работоспособности, ухудшению здоровья и появлению ошибок способствует изменяющаяся сложность и интенсивность возникновения задач, внештатные ситуации, воздействие других неблагоприятных профессиональных факторов [97].

В связи с перечисленными выше факторами необходимы повышенные требования к психическому состоянию операторов-машинистов, и для их формирования, а также для создания рекомендаций по профилактике необходимо определить основные закономерности их психофизиологического обеспечения [11]. К основным категориям, описывающим психологический, эмоциональный и поведенческий анализ деятельности сотрудника, относятся надёжность, вероятная аварийность, диагностика и формирование пригодности человека к

рассматриваемой профессии, эргономическое проектирование его трудовой деятельности [11].

Оператор проводит манипуляции над объектом среды не напрямую, а через определенные устройства отображения информации, т.е. происходит работа по схеме «человек-машина-среда». Получается, что оператор получает информацию об изменениях состояния и поведения объекта опосредованно через вспомогательные системы, считывающие и отображающие те или иные процессы и характеристики объекта, т.е. деятельность сотрудника, контроль и управление происходят дистанционно, что и является основной особенностью подобных систем [97,109].

Также на результаты деятельности оператора-машиниста и других подобных профессий сильно влияют его эмоциональные характеристики, психотип человека. В связи с этим необходимо, помимо анализа стандартного мышления человека, определяемого в том числе, например, коэффициентом IQ, наблюдать и его эмоциональный интеллект (EQ), т.к. эмоциональная часть первична по сравнению с логической. Также особенности работы, связанные с посменным режимом, очень сильно могут влиять на деятельность оператора, принятие им решений, поэтому необходимо определять его хронотип, т.е. биоритмологические особенности, чтобы было понятно, когда оператор наиболее продуктивен в своей профессиональной деятельности и принимает наименьшее количество ошибок. При трудовой деятельности оператора-машиниста все это имеет большое значение [97], поэтому на основе этого необходимо дальнейшее совершенствование критериев профессионального отбора сотрудников в данной области деятельности, для чего, в том числе, можно использовать современные информационно-коммуникационные технологии.

Для уменьшения влияния человеческого фактора на железнодорожном транспорте ОАО «РЖД» прикладывает значительные усилия, проводя, помимо существующих основных видов проверки работоспособности сотрудников при их приеме на работу и контроля выполнения установленных государственных нормативов и стандартов техносферной безопасности, и т.н. поведенческие

аудиты безопасности (ПАБ) [75, 100], что помогает выявлять опасные условия труда и неправильные действия сотрудника, для чего проводятся интерактивные процессы наблюдения за поведением работника и за состоянием его рабочего места.

Однако подобные аудиты не могут точно определять возможные резкие изменения настроения и поведения работников в связи с влиянием на них непредвиденных внешних факторов, связанных, например, с какой-либо неприятной информацией или с резким изменением психофизиологического состояния сотрудника [75], поэтому для получения актуальной информации о состоянии и поведении работника в режиме реального времени предлагается автоматизировать систему непрерывного поведенческого аудита, где с помощью методов компьютерного зрения предлагается детектировать состояние человека – его эмоции и возможную усталость.

4.2. Определение эмоций человека по его лицевой экспрессии

При определении эмоций человека по его лицевой экспрессии предлагается использовать общепринятую систематическую классификацию физического выражения эмоций EmFACS (эмоциональная система кодирования лицевых движений) [169], в которой предполагается, что на проявление эмоции влияет не только первоначальный характер лицевой экспрессии, но и культурные традиции социума. Вследствие этого, различают шесть основных эмоций – счастье, гнев, страх, печаль, удивление, отвращение, – которые универсальны по своей природе, т.е. все люди одинаково используют мышцы своего лица при их выражении. Каждая из этих эмоций связана с определенной, фиксированной в генетической памяти программой движений лицевых мышц [29].

Человеческие эмоции состоят из спонтанных и произвольных мимических реакций, которые можно анализировать отдельно по физиологическим параметрам (силе, тону, динамике, симметрии) в различных зонах лица человека – лоб, рот, глаза, – а также в целом, например, по наклону и повороту головы.

Итоговые лицевые выражения состоят из набора мимических признаков, которые, в свою очередь, могут быть проявляться сильно или слабо, быть неопределёнными или четко выраженными, общими или индивидуальными, а также зависят от быстроты смены подобных выражений, их разнообразия [81].

Существующие системы распознавания эмоций человека (например, системы EmoDetect [170], FaceVACS Engine [173], Face Reader [174], EMotion Software [171]) обладают рядом недостатков, основным из которых является их функциональность, увеличение возможных ошибок при изменении внешних условий среды или поведения самого объекта (плохое освещение, распознавание только фронтально расположенных лиц, повороты и наклоны головы, цвет кожи), а также высокая стоимость подобных систем. Также важными проблемами существующих решений является проблема верификации – сложность отличить реального человека от его изображения, что можно решить путем определения объемных характеристик лица человека с помощью методов стереозрения или анализа размытия изображений [68], возможные неточности аппроксимации получаемых данных [60], а также сложность в том, чтобы отличить натренированную имитацию эмоций человека от реального состояния человека, что можно нивелировать длительностью измерения эмоциональных характеристик человека, построением паттерна его обычного поведения и определением физиологических параметров пользователя [95].

К основным параметрам лица человека для разработки системы контроля эмоций относятся, в первую очередь, глаза (зрачки), рот, положение головы [191].

Глаза выделяются, главным образом, меньшим открыванием век и повышенной частотой моргания глаз. Кроме того, движения век (моргание) в этом случае становятся значительно медленнее, чем в состоянии покоя. Также следует обратить внимание на направление обзора. В то время как состояние усталости люди часто долго смотрят в одну точку, это так называемое состояние «подвешенности».

При анализе реакций рта оператора – основной, свидетельствующей об усталости оператора, является зевота. Предполагая, что по умолчанию положение

рта закрыто или слегка приоткрыто, достаточно проанализировать раскрытие верхней и нижней губ. Кроме того, стоит отметить, что во время зевоты, в момент максимального открывания рта, человек также часто закрывает глаза и хмурится.

Анализ поведения контура головы человека также важен. Усталому человеку трудно держать голову прямо и вертикально. В последней стадии утомления (как и в момент засыпания) голова падает вперед или отклоняется далеко назад или в какую-либо сторону. Уставший человек начинает также чаще прикасаться к своему лицу.

Для определения большего количества эмоций необходимо также брать во внимание анализ брови человека и рассматривать их поведение относительно обычного спокойного состояния. С помощью их анализа возможно определить такие эмоции, как удивление, напряжение, заторможенность человека.

Психофизическое состояние человека предлагается определять по его изображению, внешне усталость может быть идентифицирована по наличию затененных областей на образе исследуемого, расслабленности носогубного треугольника, уголков рта, повышенной отечности, динамических и поверхностных морщин, темных кругов и мешков под глазами, малярных мешков, других видов гиперпигментации периорбитальной области. В общем случае, указанные факторы не приводят к появлению новых каскадных примитивов, с помощью которых происходит распознавание и идентификация конкретного человека, а только вносят изменения в существующие классификаторы или набор характерных признаков.

Для составления характеристики исследуемого объекта предлагается использовать следующее соотношение:

$$F_{sost} = F_{const} + F_{foto} + F_{izn}, \quad (4.1)$$

здесь F_{sost} – функция текущего состояния образа объекта, измеряемая в единицах площади; F_{const} – функция образа объекта, определяемого каскадным классификатором, на основе примитивов типа Хаара; F_{foto} – функция, показывающая количественно области бликов и затенения образа, из-за качества первичного изображения; F_{izn} – функция, определяющая на изображении признаки усталости.

Для вычисления F_{izn} в настоящей работе предлагается использовать подход на основе контурной сегментации с использованием двумерного дискретного преобразования Фурье, которое используется при обработке изображений:

$$F(\omega_x, \omega_y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(x, y) e^{(-i(\omega_x x + \omega_y y))} dx dy, \quad (4.2)$$

здесь ω_x, ω_y – пространственные частоты спектров изображения, экспонента представляет волновую кривую в плоскости изображения для конкретных значений пространственных частот, $F(x, y)$ – яркость изображения в точке с координатами x и y .

4.3. Сегментация изображения с помощью нейронных сетей

На следующем этапе происходит сегментация изображения, представляющая собой разделение множества пикселей спектра исходного изображения на k связанных между собой областей $A = \{A_1, A_2, \dots, A_k\}$. Для каждой области A_i устанавливается некоторое условие гомогенности булевого типа, условие топологической смежности с соседними областями, а для всего изображения устанавливается множество параметров гомогенности, которые используются при сегментации всей картины.

Описанная процедура обладает недостатками, связанными с фильтрацией шумов и объединением фрагментов контуров, полученных для соседних областей сегментации, в единый контур. Если с первой задачей достаточно хорошо справляются различные алгоритмы фильтрации шумов, то для решения задачи связывания фрагментов в единый контур предлагается использовать градиентный подход, согласно которому наибольшее изменение функции яркости $F(x, y)$ происходит в направлении ее градиента $G(x, y)$, определяемому в виде

$$G(x, y) = \sqrt{\left(\frac{\partial F(x, y)}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F(x, y)}{\partial y}\right)^2}. \quad (4.3)$$

Сегментация необходима для того чтобы выделить границы объектов на изображениях, то есть она позволяет определить пиксели с общими визуальными

характеристиками, которые определяются одинаковыми метками, присваиваемися каждому пикселю изображения.

4.3.1. Описание нейронных сетей

Обработка нейронными сетями изображений [186], получаемых с помощью фото- или видеодетекторов, позволит обнаружить элементы лица человека и с помощью их анализа далее определять эмоции работника, его степень усталости.

Нейронные сети имеют иерархическую структуру, состоящую из связанных между собой нейронов (Рисунок 4.1).

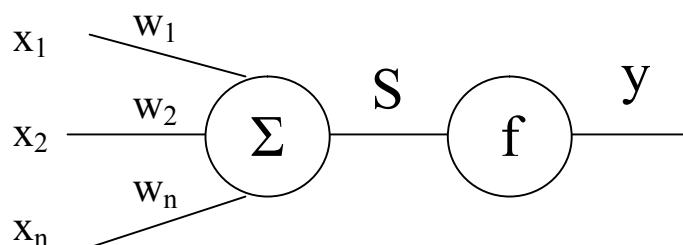


Рисунок 4.1 – Схематичное изображение нейрона сети ($x_1..x_n$ – значения, поступающие на входы нейрона, $w_1..w_n$ – веса входов нейрона, S – взвешенная сумма входных сигналов, f – функция активации нейрона, преобразующая взвешенную сумму в выходной сигнал y)

Один из самых простых вариантов нейронной сети (Рисунок 4.2) в математическом виде можно представить как:

$$s_k = \sum_{i=1}^m w_{ki} x_i, y_k = \varphi(s_k + b_k) \quad (4.4)$$

где x_i – входные сигналы; w_{ki} – синаптические (входные) веса для каждого нейрона k ; s_k – сумма произведений входных воздействий и весов; b_k – пороговое значение для сумматора; $\varphi()$ – функция активации; y_k – выходной сигнал одиночного нейрона.

Для анализа различных данных синоптические веса и пороговые значения из (4.4) в нейронных сетях можно изменять, что позволяет создавать более сложные нейросети с большим количеством слоев. На выходе линейного сумматора u_k с помощью порогового значения b_k в (4.4) можно использовать аффинное преобразование.

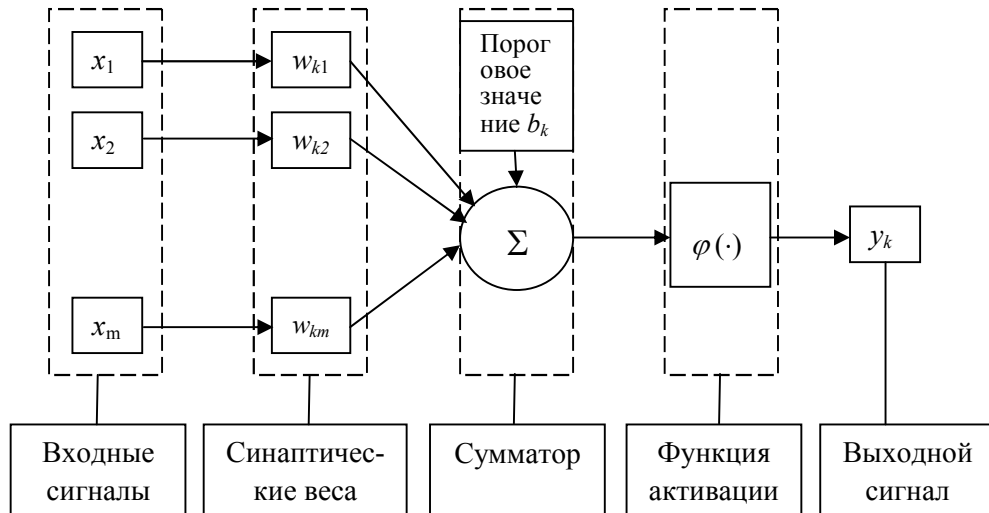


Рисунок 4.2 – Структура искусственного нейрона типа МакКалока-Питтса

В модели нейрона (Рисунок 4.2) потенциал активации (индуцированное локальное поле) u_k нейрона k (Рисунок 4.3) может быть представлен в следующем виде:

$$u_k = s_k + b_k. \quad (4.5)$$

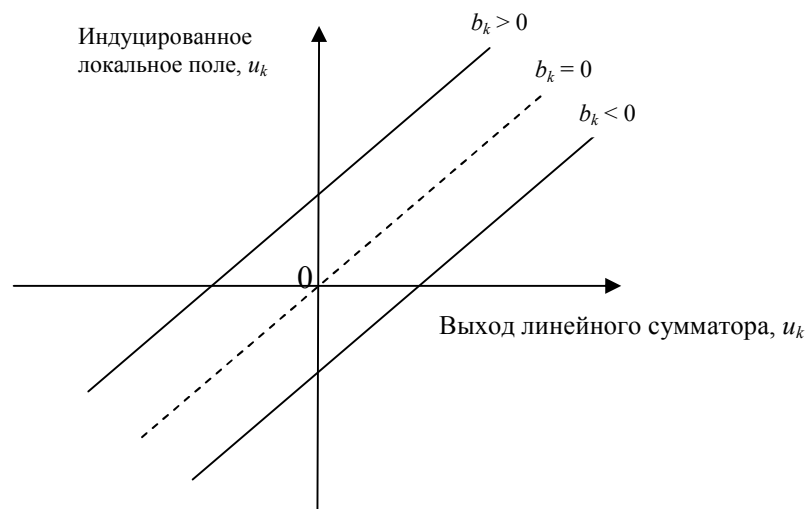


Рисунок 4.3 – Аффинное преобразование из-за использования порогового значения b_k

Наиболее распространенный вид нейрона – персептрон [17]. В нем входные сигналы x_i умножаются на их весовые коэффициенты w_i , затем вычисляется сумма их произведений $\sum w_i \cdot x_i$, после этого происходит ее сравнение с пороговым

значением – смещением b . Если сумма не меньше этого порога, то на выходе получается результат, равный 1, если иначе получается 0:

$$\begin{cases} 1, \text{если } W * x + b \geq 0, \\ 0, \text{если } W * x + b < 0, \end{cases} \quad (4.6)$$

где x – вектор входных значений, W – вектор весовых коэффициентов.

Большое внимание при использовании подобных сетей следует уделить изменению весовых коэффициентов и пороговых значений, так как даже небольшое их изменение может привести к резкому изменению результата. Поэтому, чтобы функция менялась соразмерно изменениям весовых коэффициентов и пороговых значений (это нужно для того, чтобы более контролируемо оценивать поведение нейронной сети), предлагается использовать ее сигмовидный вариант (Рисунок 4.4), выход которого дает результат в диапазоне от 0 до 1:

$$\varphi(v) = \tanh(v) \quad (4.7)$$

или:

$$\varphi(v) = \frac{1}{1 + \exp(-av)} \quad (4.8)$$

где a – параметр наклона сигмовидной функции, v – входной сигнал.

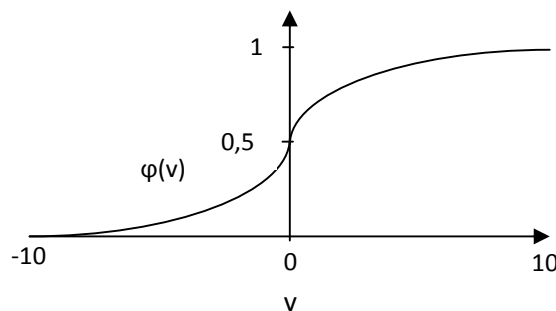


Рисунок 4.4 – Сигмовидная функция активации

То есть, применение сигмовидной функции σ к входным данным с учетом весовых коэффициентов и пороговых значений можно записать как:

$$\sigma = \frac{1}{1 + e^{-a(\sum_{j=1}^m w_{kj}x_j + b_k)}} \quad (4.9)$$

где k – номер нейрона.

При определении изменения выходного сигнала сигмовидной функции (4.9) можно рассматривать ее первую производную сигмовидной функции, а также частные производные относительно подставляемых весовых коэффициентов и пороговых значений:

$$f'(\sigma) = f(\sigma) * (1 - f(\sigma)). \quad (4.10)$$

Обычно используются многослойные нейронные сети [52] с прямой связью, то есть те, где на вход одного слоя подается выход предыдущего. При первоначальном обучении сети весовые коэффициенты и задаваемые смещения назначаются случайным образом т.н. матрицей синапсов – входов в сеть.

Более сложная модель нейронной сети – персептрон Розенблатта (Рисунок 4.5), где нейроны одного слоя не связаны между собой, но связаны со всеми элементами соседних слоев.

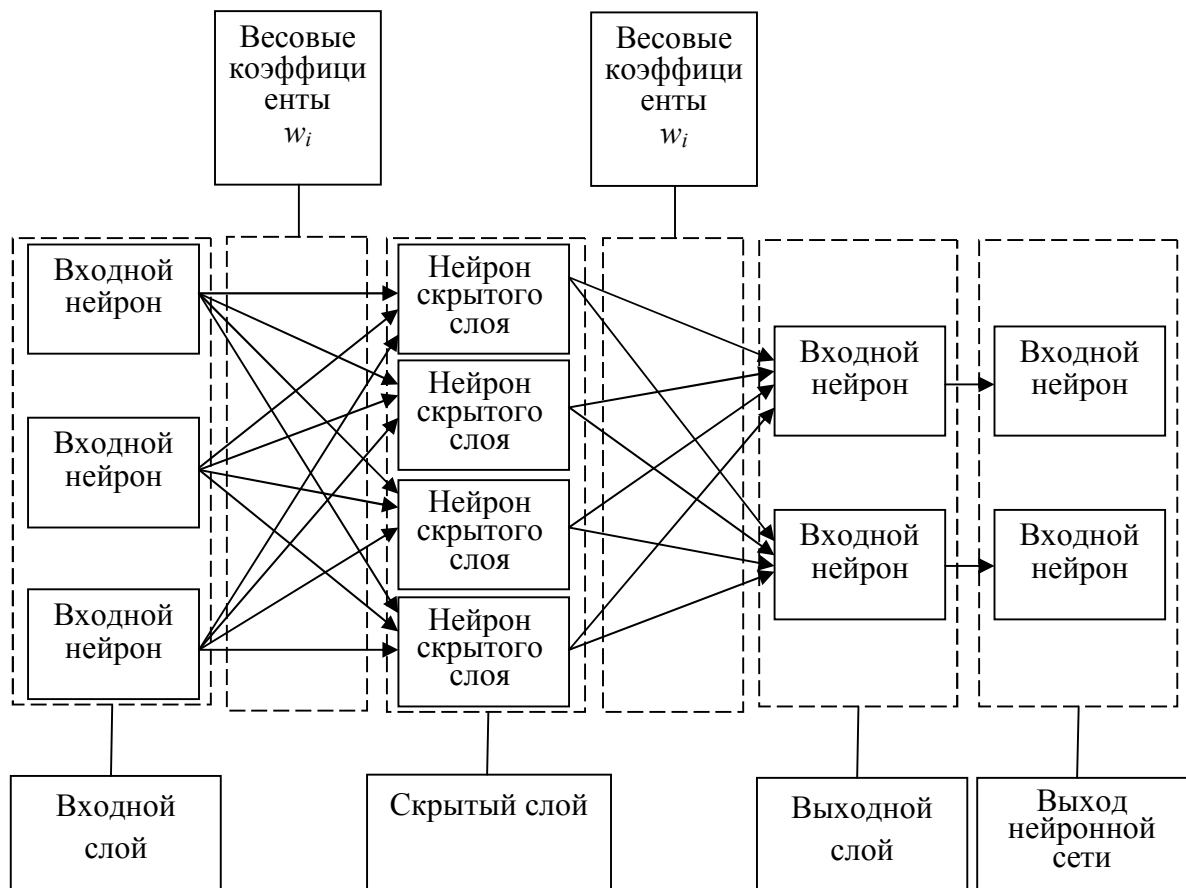


Рисунок 4.5 – Структура персептрона нейронной сети, состоящей из двух слоев

Каждому из входных значений соответствует определенный нейрон во входном слое сети с определенным назначаемым весом w_i . Скрытые слои используются в вычислении взвешенной суммы с учетом назначенных ранее весов w_i и смещений b_i . Далее с помощью функции активации определяется состояние каждого параметра – будет ли он активен или нет. Далее происходит прямая связь между слоями и уже на последнем внутреннем скрытом слое, связанным с итоговым выходом с учетом выходных весовых коэффициентов, количество нейронов совпадает с количеством возможных ответов решаемой проектируемой нейронной сетью задачи.

Несмотря на определенные недостатки такой архитектуры (сложность представления сети, наличие скрытых слоев), можно использовать динамическое изменение состояний нейронов при изменении подаваемых на вход параметров и в итоге получать актуальную информацию на выходе, что необходимо, например, при выявлении повторяющихся ситуаций.

4.3.2. Сверточная нейронная сеть

Сверточная нейронная сеть представляет собой сочетание сверточных и субдискретизирующих, т.е. уменьшающих размерность, слоев, которые позволяют выбирать элементы по определенным признакам. Одной из важных операций в подобных сетях является свертка, т.е. происходит перемножение определенной выбранной матрицы (фильтра) на фрагмент изображения с определенными весовыми коэффициентами, поддающимися обучению, что позволяет усилить те или иные признаки изображения и передать их и соответствующие координаты в последующий слой, формируя карту признаков [189]:

$$(f * g)[m, n] = \sum_{k, l} f[m - k, n - r] * g[k, r] \quad (4.11)$$

где f – матрица исходного изображения, m и n – размеры исходного изображения, g – ядро свертки, k и r – размеры ядра свертки.

Для уменьшения размерности изображения наиболее распространенная функция – функция максимального элемента (max pooling), которая применяется к карте признаков, поделенной на ячейки (Рисунок 4.6).

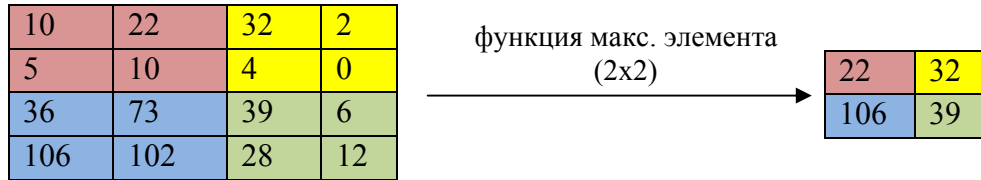


Рисунок 4.6 – Формирование новой карты слоя субдискретизации на основе карты предыдущего сверточного слоя

Слой субдискретизации идет после слоя свертки, убирая незначительные детали в нем:

$$x^l = \varphi(a^l * fun_max(x^{l-1}) + b^l) \quad (4.12)$$

где a^l, b^l – выбранные пороговые значения, $fun_max()$ – функция выборки локальных максимумов, оператор «*» - свертка.

Слои свертки обладают меньшим количеством настраиваемых при обучении параметров по сравнению с персептроном, что позволяет ускорить процесс обучения. Получаемые для них карты признаков обладают одинаковой размерностью:

$$P(w, h) = (W_prev - k + 1, H_prev - r + 1) \quad (4.13)$$

где $P(w, h)$ – параметр карты признаков, получаемой после сверточного слоя, W_prev – ширина карты признаков предыдущего слоя, H_prev – высота карты признаков предыдущего слоя, k и r – ширина и высота ядра свертки соответственно.

В свою очередь сверточный слой можно представить в следующем виде:

$$x^l = \varphi(x^{l-1} * k^l + b^l) \quad (4.14)$$

где l – номер слоя, x^l – получаемый после прохождения слоя выходной сигнал, b^l – коэффициент сдвига.

В отличие от слоя субдискретизации карты сверточного слоя при увеличении их индекса уменьшаются из-за т.н. «краевого эффекта», т.е. при

каждом новом слое при прохождении фильтра свертки происходит исчезновение крайних строк и столбцов изображения:

$$x_j^l = \varphi(\sum_i x_i^{l-1} * k_j^l + b_j^l) \quad (4.15)$$

где j – порядковый номер карты признаков, x_j^l – карта признаков, k_j^l – ядро свертки.

После прохождения всего набора чередующихся сверточных и субдискретизирующих слоев происходит получение итогового выхода сверточной нейросети с достаточно большим набором признаков и небольшим размером данных.

При обучении нейронной сети наиболее часто используемым методом является метод обратного распространения ошибки, основная идея которого заключается в последовательном вычислении ошибок скрытых слоёв с помощью взвешенных значений ошибки выходного слоя:

$$\Delta_i = \frac{\partial Q}{\partial s} \sum_j \Delta_j w_{ij}, \quad (4.16)$$

где Δ_i – ошибка, полученная на выходе i -ого слоя, Q – функция потерь, w_{ij} – весовые коэффициенты, $\partial Q / \partial s$ – значения производной активационной функции непосредственно по ее аргументу.

В рассматриваемом методе корректировка весовых коэффициентов происходит следующим образом путем сравнения получаемого выхода нейрона $x_j^l = \varphi(s_j)$ с желаемым выходным его состоянием d_j^l :

$$Q(w) = \frac{1}{2} \sum_{j,l} (x_j^l - d_j^l)^2 \quad (4.17)$$

4.3.3. Определение областей интересов на изображении

Результатом сегментации изображения является множество сегментов, которые вместе покрывают всё изображение, или множество контуров, выделенных из изображения [186]. Все пиксели в сегменте похожи по некоторой характеристике или вычисленному свойству, например, по цвету, яркости или текстуре. Соседние сегменты значительно отличаются по этой характеристике.

4.3.3.1. Использование архитектуры U-net

Сегментация получаемого изображения необходима для определения наиболее существенных контуров изображения, что требуется для дальнейшего анализа его состояния и определения эмоциональных характеристик, для чего предлагается использовать нейронную сеть, например, с архитектурой U-net, которая позволяет создавать маску для сегментации областей для соответствующего класса и отличающуюся высокой точностью при приемлемой вычислительной сложности алгоритма [192]. Сама схема такой сети состоит из двух симметричных частей: с уменьшающейся (для детектирования содержимого изображения) и увеличивающейся (для сравнения, локализации и классификации данных) размерностью данных, проходимых по сети (Рисунок 4.7). Первая часть – это стандартная сверточная нейронная сеть, которая состоит из двух сверточных слоев 3×3 , последующей функции активации ReLU и операции максимального объединения (пулинга размерностью 2×2 степени 2) [75].

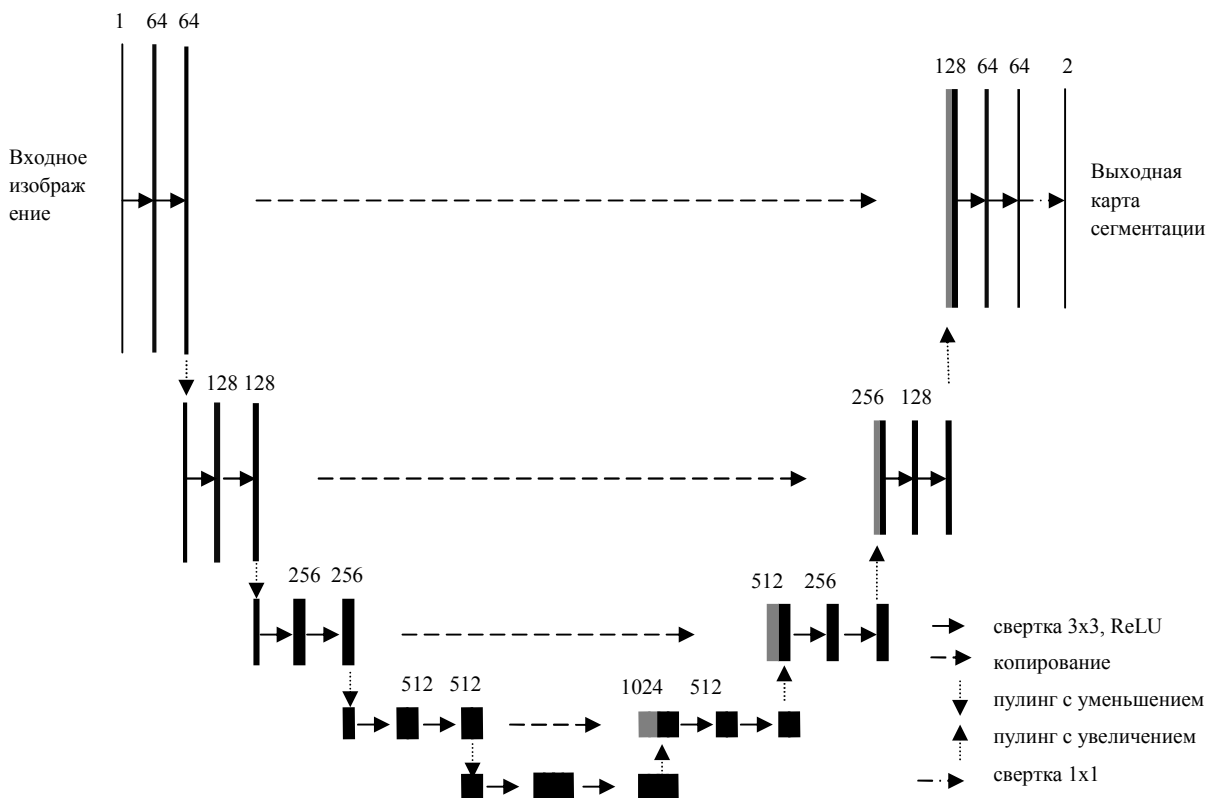


Рисунок 4.7 – Архитектура сети U-net

На рисунке 4.7 представлены линии многоканальной карты свойств с обозначенным количеством каналов, при этом серым цветом показаны копии карты свойств. При прохождении первой части архитектуры количество каналов уменьшается в два раза; во второй части каждый этап состоит из пулинга с уменьшением каналов, за которым следуют свертка 2×2 ; объединение с соответствующими данными из первой части сети; две 3×3 свертки, за которыми следует функция активации ReLU. Для получения выходной карты сегментации на последнем этапе используется свертка 1×1 для сопоставления каждого получаемого вектора свойств с 64 каналами с заданным первоначально количеством классов. То есть, получается, что нейронная сеть содержит 23 сверточных слоя.

Важной частью работы любой сверточной нейронной сети является ее обучение, для чего в данном случае можно использовать метод стохастического градиентного спуска на основе входных изображений и соответствующих им карт сегментации. Из-за применяемых сверток выходное изображение оказывается меньше входного сигнала на ширину границы, которую можно вычислить с помощью морфологических операций. Карта устанавливаемых весовых коэффициентов можно вычислить по формуле:

$$w(x) = w_c(x) + w_0 \cdot \exp\left(-\frac{(d_1(x) + d_2(x))^2}{2\sigma^2}\right), \quad (4.18)$$

где w_c – карта весов для балансировки частот классов, d_1 – расстояние до границы ближайшей ячейки, d_2 – расстояние до границы второй ближайшей ячейки.

Следующим шагом после определения основных сегментов наблюдения на лице человека является вычисление координат их центров и ограничительных рамок, описывающих сегменты, для дальнейшего сопоставления этих участков и новых, получаемых для следующих кадров видеопотока, для чего вычисляется выбранная мера, например, евклидово расстояние между областями, полученными на первоначальном этапе, и областями с последующих кадров. После этого происходит обновление координат центров и границ сегментов, если евклидово расстояние оказалось меньше выбранного порога, либо добавление новых отдельных областей наблюдения.

Использование сверточной нейронной сети с архитектурой U-net и картой весовых коэффициентов, вычисляемых по (4.18), позволяет сегментировать отдельные части лица человека – глаза, рот, голову - для дальнейшего мониторинга их состояния, а значит и психоэмоциональное состояние анализируемого человека. Сравнивая положение глаз, рта, головы человека с предыдущими положениями из видеоряда, а также с созданным ранее поведенческим паттерном оператора, можно определить изменение его состояния – наличие проявляемых внешне эмоций (например, классифицируемых по EmFACS [169]), а также усталости и бессознательного состояния.

4.3.3.2. Использование алгоритма YOLO

YOLOv3 (аббревиатура означает «You Only Look Once version 3») – алгоритм распознавания объектов в режиме реального времени на основе использования сверточных нейронных сетей. Алгоритм исследует изображение и определяет области интересов, далее происходит вычисление вероятности наличия объекта в каждом выделенном сегменте и его принадлежности к определенному классу, задача которой решается как регрессия. Основная идея алгоритма заключается в получении входного изображения и его дальнейшего деления на сетку фрагментов размером $S \times S$ (Рисунок 4.8), после чего в каждом фрагменте выбирается некоторое количество ограничивающих рамок, для каждой из которых нейросеть вычисляет вероятности принадлежности классам и значения смещений этих рамок. Выставляются определенные пороги, при превышении которых будет считаться, что объект принадлежит соответствующему классу. При этом далее для распознавания объекта после его определения можно использовать, например, сверточную нейронную сеть архитектуры VGGNet [194], в которой используется ядро свертки размером 3×3 , что позволяет проводить вычисления в системе определения состояния объекта на ЭВМ с приемлемыми техническими характеристиками.



Рисунок 4.8 – Алгоритм определения областей интересов на изображении

В сети подобного вида используются фильтры только размерности 3x3 (не более), т.к. объединения сверток подобного размера могут заменить матрицы с размерами 5x5, 7x7 и т.д. (Рисунок 4.9), в связи с этим такая нейронная сеть обладает большим быстродействием.

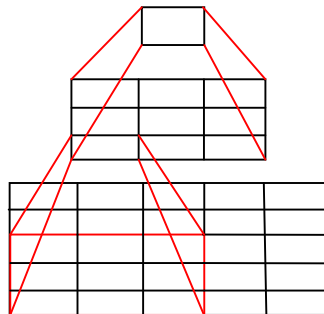


Рисунок 4.9 – Схема декомпозиция фильтра 5x5

На рисунках 4.10а и 4.10б представлены одни из результатов использования алгоритма YOLO с выделением 10 и 20 областей интересов соответственно.

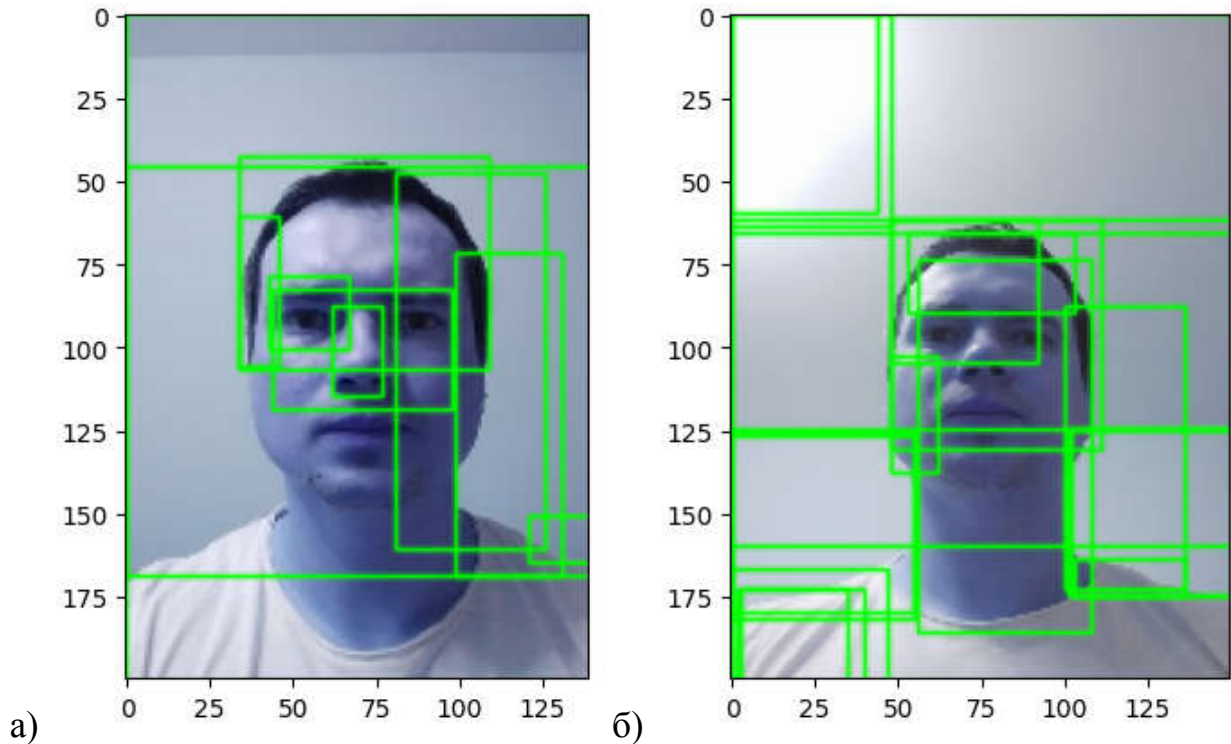


Рисунок 4.10 – Использование алгоритма YOLO при выборе 10 (а) и 20 (б) областей интереса

4.4. Определение контуров лица оператора

После выбора областей интереса необходимо определить в них границы исследуемого объекта (в нашем случае – лица оператора). Для выделения сплошных контуров объектов предлагается использовать оператор Марра, который позволяет уменьшать влияния шума и подстраивать алгоритм выделения и сглаживания путем выбора значения параметра σ :

$$LoG(x, y) = -\frac{1}{\pi\sigma^4} \left(1 - \frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right) e^{\left(\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right)}, \quad (4.19)$$

здесь параметр σ является среднеквадратичным отклонением распределения Гаусса.

Для уменьшения соотношения сигнал/шум в направлении перпендикулярном к границе объекта предлагается использовать оператор, вычисляющий разность между значением центрального пикселя некоторой окрестности A и оценкой среднего значения заданной выборки:

$$G(m, n) = \sqrt{D_1^2(m, n) + D_2^2(m, n)}, \quad (4.20)$$

здесь

$$D_1(m, n) = (F(m, n) - F(m, n + 1)) + (F(m + 1, n) - F(m + 1, n + 1)),$$

$$D_2(m, n) = (F(m, n) - F(m, n + 1)) + (F(m + 1, n) - F(m + 1, n + 1)),$$

$F(m, n)$ – яркость пикселя исходного изображения с координатами m и n .

Контур K_q представляет собой массив точек N_k , отличных по интенсивности от фона изображения и образующих кривую на изображении такую, что для каждой точки (x_i, y_i) найдутся соседние точки (x_j, y_j) , расположенные на расстоянии порога точности t пикселей:

$$\forall (x_i, y_i) \in K_q, i = \overline{1..N_{k_i}} : \exists (x_j, y_j) \in K_q, j = \overline{1..N_{k_i}}, \min_{i \neq j} \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \leq t. \quad (4.21)$$

Описание контура возможно упростить путем использования алгоритма Рамера-Дугласа-Пекера, который позволяет отбросить некоторые точки получаемой кривой, оставляя только некоторое подмножество первоначального множества точек с учетом вычисленных расстояний между обновленной кривой и первоначальной ее версии, что, в итоге, ускоряет работу с полученными контурами [167, 190].

Для использования алгоритма необходимо выбрать положительное пороговое значение ε и получить первичную кривую, состоящую из упорядоченного набора точек и линий, соединяющих их. Пример перехода от первичной кривой к итоговой – упрощенной – показан на рисунке 4.11.

Идея алгоритма заключается в рекурсивном делении линий первоначальных точек, которые подаются на вход. Сохраняются первая и последняя точки в связи с тем, что их нельзя изменять. Далее определяется максимальное расстояние от каждой из точек до отрезка, соединяющего первую и последнюю точки, чтобы определить наиболее удаленную от него точку. Это расстояние сравнивается с выбранным порогом ε , и если оказывается, что оно меньше, чем порог, то тогда можно считать, что эта точка несущественна, а значит, ее можно убрать из первоначального набора, то есть происходит сглаживание кривой с точностью не менее ε . Если вычисленное расстояние от наиболее удаленной точки больше, чем пороговое значение ε , то эта точка сохраняется. В итоге, после завершения

рекурсии, получается новая кривая-контур с уменьшенным количеством используемых точек.

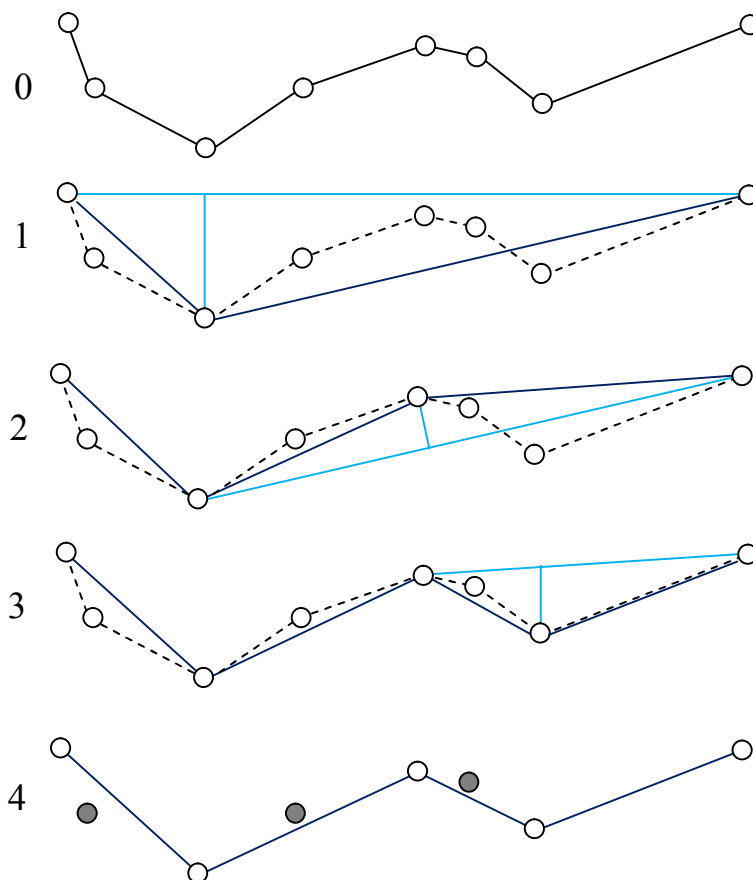


Рисунок 4.11 – Пример использования алгоритма Рамера-Дугласа-Пекера

Для нахождения контура, определяющего овал лица человека, из множества всех полученных контуров изображения, можно использовать градиентный метод Хафа [176] для выделения эллипсов на изображении, причем для уменьшения его вычислительной сложности можно рассматривать только кривые, касательные которых перпендикулярны градиенту яркости изображения в рассматриваемой точке [55], а далее уже определять конкретные элементы лица человека методов Виолы-Джонса.

4.5. Использование алгоритма Виолы-Джонса для определения состояния человека

Алгоритм Виолы-Джонса определяет необходимые изображения, при этом имея высокую точность и низкую вычислительную сложность [45,46,103]. В

данном алгоритме изображение представляется в интегральном виде, т.е. в виде матрицы, где каждый ее элемент представляет собой сумму интенсивности по всем пикселям, которые находятся левее и выше данного элемента [57], что позволяет быстро вычислить сумму пикселей прямоугольника:

$$I(x, y) = \sum_{x' < x, y' < y} i(x', y'), \quad (4.22)$$

где $I(x, y)$ – значение точки интегрального изображения с координатами (x, y) ,
 $i(x, y)$ – значение интенсивности исходного изображения с координатами (x, y) .

или:

$$I(x, y) = i(x, y) - I(x - 1, y - 1) + I(x, y - 1) + I(x - 1, y). \quad (4.23)$$

Вычислительная сложность при этом пропорциональна числу пикселей изображения, то есть затрачиваемое время будет линейно, поэтому используемое интегральное изображение вычисляется за один проход, что позволяет использовать алгоритм в режиме реального времени [195].

В алгоритме Виолы-Джонса рассматривается использование классификаторов, где при их обучении используются примитивы Хаара, которые представляют собой признаки – прямоугольные области – для сравнения яркостей в них для рассматриваемого изображения (Рисунок 4.12).

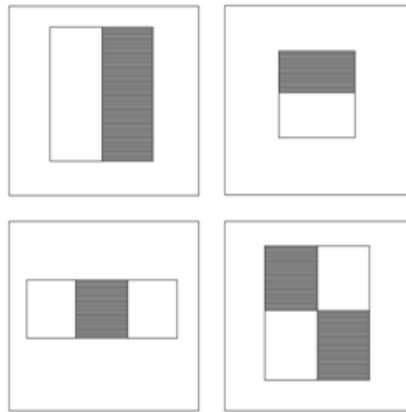


Рисунок 4.12 – Примитивы Хаара

При использовании подобных признаков можно определить наличие/отсутствие границ в данной области изображения или изменения текстур в ней.

Значения для используемых признаков Хаара представляются как разности сумм пикселей внутри чёрных и белых прямоугольников одинакового размера, примененных к рассматриваемому изображению [14]:

$$F = U - V, \quad (4.24)$$

где F – значение вычисляемого признака, U – сумма значений яркостей точек, закрывающих светлую часть примитива, V – сумма значений яркостей точек, закрывающих темную часть примитива.

При проведении операции свертки сначала определяются границы изменения размера скользящего окна и шага его изменения. После этого для каждого размера окно обнаружения перемещается по горизонтали для каждой строки и после ее прохождения – по вертикали – с выбранным ранее шагом, причем на каждом шаге применяется определенный набор из N фильтров, состоящих из каскада классификаторов, где на каждом этапе рассматриваются и отбираются примитивы Хаара, наиболее точно описывающие объект распознавания. Далее размер окна увеличивается и опять происходит прохождение этим окном всего изображения. Процедура останавливается тогда, когда размер окна становится равным выставленному ранее максимальному порогу.

Каждый классификатор, используемый в фильтрах, состоит из набора примитивов Хаара, которые применяются к изображению в выбранном окне обнаружения и на каждом его уровне определяется, подходит ли конкретный примитив Хаара или нет для описания объекта на изображении [80]. Таким образом, для каждого классификатора отбираются наиболее подходящие примитивы путем минимизации получаемой ошибки для текущих значений весов, после чего применяется следующий классификатор. После того как все выбранные классификаторы дают положительный ответ, объект распознается. Каждый примитив Хаара можно представить как функцию, описывающую взвешенную сумму двумерных интегралов прямоугольных контрастных соседних областей с учетом весовых коэффициентов, которые принимают значения ± 1 .

Для обучения классификаторов предлагается использовать алгоритм адаптивного усиления AdaBoost, использование которого позволяет создать сложный классификатор, состоящий более простых, причем каждый классификатор строится на основе использования тех объектов на изображении, которые плохо классифицировались предыдущими простыми классификаторами следующего вида [14]:

$$h_j(z) = \begin{cases} 1, & \text{если } p_j f_j(z) < p_j \theta_j \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (4.25)$$

где p_j – весовой коэффициент, определяющий направление знака неравенства, θ_j – выбранное пороговое значение, $f_j(z)$ – вычисленное значение признака по формуле (4.25), z – выбранное окно изображения.

Для повышения скорости распознавания объекта можно использовать каскадную структуру классификаторов (Рисунок 4.13).

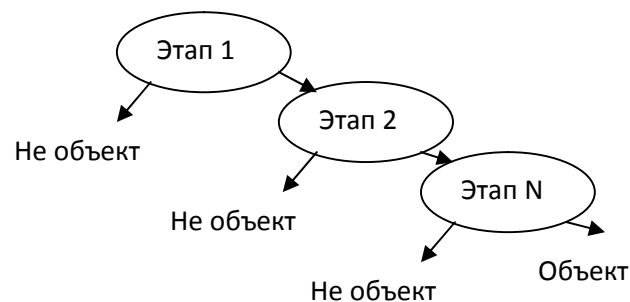


Рисунок 4.13 – Каскадная структура классификаторов

В выбранных ранее областях интересов определяются наиболее подходящие для их описания примитивы Хаара (Рисунок 4.14) и на их основе создается используемый классификатор для каждого эталонного (базового) изображения объекта.



Рисунок 4.14 – Работа примитивов на базовом изображении

В качестве недостатка описанного выше алгоритма можно назвать уменьшение вероятности обнаружения лица при угле наклона более чем 30 градусов [57], но, так как алгоритм используется после определения области интереса с помощью сверточной нейронной сети, а значит, лицо уже обнаружилось и остается классифицировать только отдельные найденные сегменты, то этот недостаток в данной задаче существенно не влияет на работу итогового алгоритма.

4.6. Оценивание параметров мышечной активности оператора

Помимо определения параметров человека по видеоряду с помощью камер, важную дополнительную информацию о состоянии человека можно получить через различные биомедицинские датчики, считывающие параметры мышечной активности (электромиографический), частоту сердечных сокращений (электрокардиографический), увеличение/уменьшение физической активности (акселерометр), прикладываемые усилия и давление на какой-либо объект.

С помощью подобных устройств можно проводить мониторинг состояния и поведения человека, фиксировать его эмоции и возможную усталость для дальнейшей координации его действий в случае необходимости.

Верифицировать предлагаемые алгоритмы определения состояния человека по анализу изображения его лица можно путем сопоставления полученных результатов с результатами применения, например, электромиографических датчиков, непосредственно прикрепляемых к человеку и напрямую (а не с его изображений) считывающих параметры мышечной активности. Для увеличения точности определения психофизиологического состояния человека по изображениям его лица, его эмоциональных характеристик предлагается использовать эти датчики для настройки и ректификации алгоритмов работы с изображениями для каждого конкретного сотрудника перед первым разом использования системы определения состояния работника, а также каждый раз

при прохождении им профессионального осмотра – для донастройки системы под возрастное изменение экспрессии человека.

Так, например, к подобным датчикам относится система устройств BioPlux Clinical, которая позволяет проводить мониторинг состояния человека с помощью электромиографических датчиков, закрепляемых на коже в контролируемых местах, функцией которых является анализ активности мышц, их сокращений как на лице (Рисунок 4.15а,б), так и на руках (Рисунок 4.15в), и на их основе возможно проводить оценку усталости пользователя. Сигналы передаются с помощью технологии Bluetooth в режиме реального времени, далее обрабатываются и представляются в виде графиков. Так, на рисунке 4.16а,б представлены полученные графики при расслабленных и напряженных мышцах руки соответственно. Также графики для эмоции «улыбка» представлены на рисунке 4.17, а для эмоции «удивление» (морщины на лбу) – на рисунке 4.18.

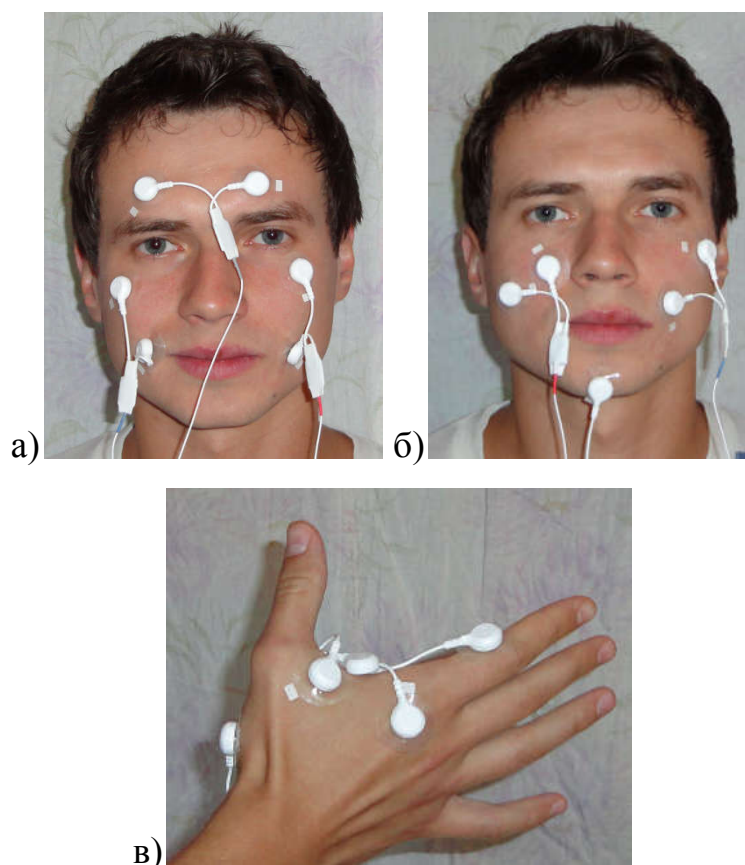
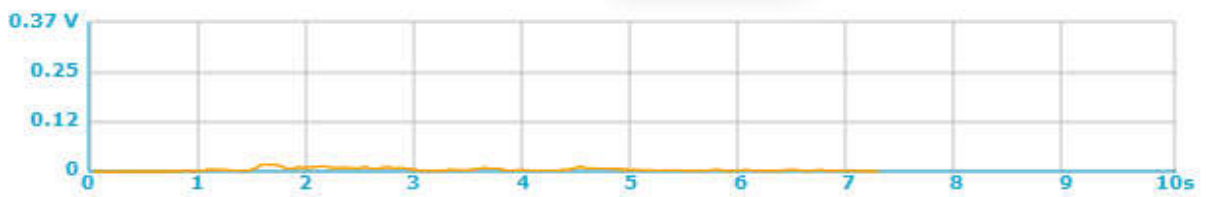


Рисунок 4.15 – Использование электромиографических датчиков: а) на лицевых мышцах, включая лоб; б) на лицевых мышцах, в т.ч. на подбородке, в) на мышцах руки

а)



б)



Рисунок 4.16 – Полученные графики при: а) расслабленных мышцах руки,
б) напряженных мышцах руки

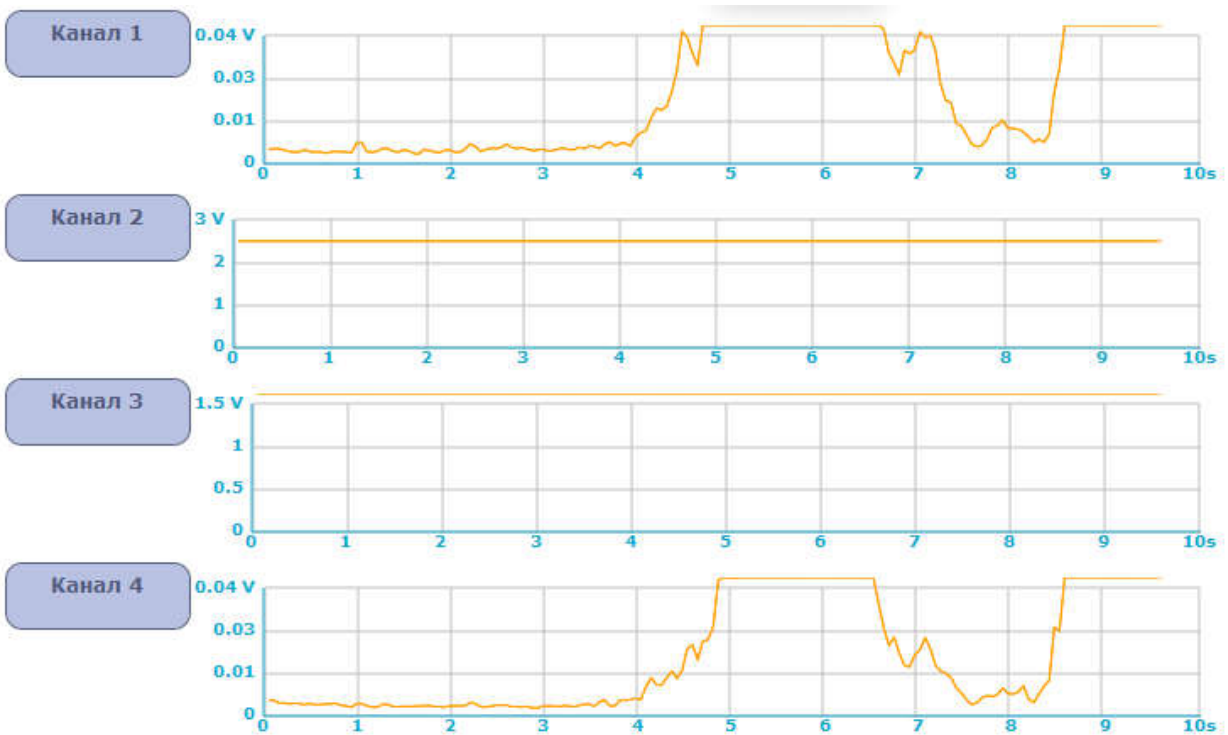


Рисунок 4.17 – Отображение получаемых сигналов, описывающих эмоцию
«улыбка»

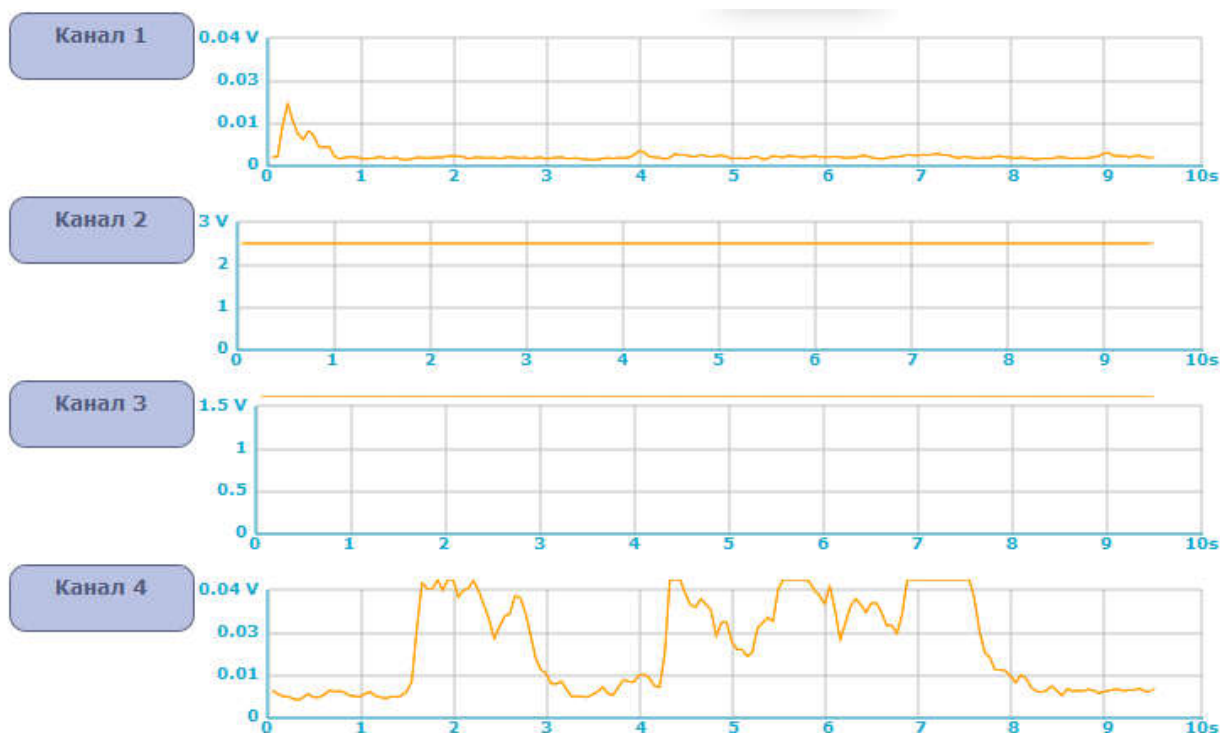


Рисунок 4.18 – Отображение получаемых сигналов, описывающих эмоцию «удивление»

4.7. Разработка системы определения эмоциональных характеристик оператора и его усталости

4.7.1. Формирование функциональных и технических требований

Важным первоочередным шагом при проектировании любой системы является формирование основных требований в виде, удобном и понятном как заказчику, так и разработчикам.

Требования – это описание необходимых или желаемых свойств разрабатываемой системы. Необходимо корректно сформулировать требования, чтобы предусмотреть возможные риски и избежать неожиданностей после передачи заказчику итоговой системы.

В функциональных требованиях описываются желаемые заказчиком и одобренные разработчиками функциональные возможности разрабатываемой системы, при этом на данном этапе это происходит в широком смысле – то есть без уточнения подробностей. В технических требованиях происходит описание

условий работоспособности системы и ее возможности по хранению данных, взаимодействию с другими модулями и/или системами (используемые протоколы, интерфейсы и т.д.) и др.

Важно, чтобы требования удовлетворяли следующим условиям:

- законченность;
- однозначность;
- последовательность;
- непротиворечивость;
- слабая связанность;
- возможность реализации.

Для разрабатываемой системы функциональные требования представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Функциональные требования

№	Описание требования
FR010	Система должна позволять обнаружить объект на изображении
FR020	Система должна позволять выделять границы объекта на изображении
FR030	Система должна позволять определять степень точности распознавания
FR040	Система должна позволять отслеживать изменения состояния объекта

Технические требования предлагаемой системы представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Технические требования

№	Описание требования
TR010	Система должна обеспечить точность обнаружения объекта 95%
TR020	Система должна обеспечить точность распознавания объекта 95%
TR030	Система должна обеспечить точность определения состояния объекта 85%
TR040	Система должна обеспечить длительность обнаружения объекта, равную не более 2 с
TR050	Система должна обеспечить длительность распознавания объекта, равную не более 2 с
TR060	Система должна обеспечить длительность определения состояния объекта, равную не более 2 с
TR070	Хранение данных для обучения не должно осуществляться на устройстве пользователя

4.7.2. Алгоритм работы системы определения эмоций и усталости человека по изображению его лица

Для дальнейшей классификации по эмоциям и определения усталости человека предлагается рассмотреть следующие классы-состояния объекта:

- 1) глаза открыты;
- 2) глаза закрыты;
- 3) рот открыт;
- 4) рот закрыт;
- 5) голова повернута вправо;
- 6) голова повернута влево;
- 7) голова наклонена вниз;
- 8) голова наклонена назад;
- 9) голова наклонена влево;
- 10) голова наклонена вправо;
- 11) стандартное состояние; (водитель бодрствует).

По отношению к одному из предлагаемых классов и по длительности его нахождения в том или ином классе-состоянии далее можно определить психоэмоциональное состояние человека, его усталость.

На рисунке 4.19 представлен алгоритм общей работы системы мониторинга общего состояния человека путем сегментирования и классификации отдельных элементов его лица.

На рисунке 4.20 представлен основной алгоритм проверки состояния сотрудника на рабочем месте, где основными элементами являются распознавание образа, определение контуров и градиентных переходов основных элементов объекта (лица человека), формирование функции, описывающей признаки усталости человека, определение вектора внешних факторов состояния по образу.



Рисунок 4.19 – Блок-схема общего алгоритма запуска системы



Рисунок 4.20 – Блок-схема алгоритма проверки состояния сотрудника на рабочем месте

4.7.3. Оценка качества работы алгоритма

Для оценки качества работы алгоритмического обеспечения необходимо провести сравнение полученных результатов и правильных значений на заранее выбранной валидационной тестовой выборке. Для этого обычно используют метрики, основанные на использовании комбинаций алгоритмически полученных (распознанных) и фактических (эталонных) значений (рис. 4.21), такие как общая точность (*Accuracy*), точность (*Precision*), полнота (*Recall*).

		Верные значения Полож. (1) Отриц. (0)	
Распознанные значения	Полож. (1)	TP	FP
	Отриц. (0)	FN	TN

Рис. 4.21. Матрица ошибок

True Positive (TP) – показатель, равный количеству правильно распознанных объектов класса (объект есть, и он распознан).

True Negative (TN) – показатель, равный количеству правильно нераспознанных (отсутствующих) объектов класса (объекта нет, и он не распознан).

False Positive (FP) – показатель, равный количеству неправильно распознанных объектов класса (объекта нет, а он распознан, как будто он есть).

False Negative (FN) – показатель, равный количеству неправильно нераспознанных объектов класса (объект есть, а он не распознан).

Тогда можно определить следующие характеристики:

Точность (*Precision*) – представляет собой отношение правильно распознанных объектов ко всем распознанным объектам:

$$Precision = \frac{TP}{TP+FP}, \quad (4.26)$$

Полнота (*Recall*) представляет собой отношение правильно распознанных алгоритмом объектов ко всем объектам этого класса:

$$Recall = \frac{TP}{TP+FN}, \quad (4.27)$$

Общая точность (*Accuracy*) – отношение правильных ответов алгоритма к общему количеству всех рассмотренных наблюдений:

$$Accuracy = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN}, \quad (4.28)$$

Именно рассмотренные выше метрики рекомендуется использовать при определении качества работы алгоритма и его верификации.

4.7.4. Тестирование предлагаемой системы

При создании системы необходимо определить правильность и точность работы ее алгоритмов. Проведение экспериментов (Рисунок 4.22) показало, что с использованием евклидова расстояния между дескрипторами фотографий одного и того же человека, меньшем 30 пикселей, точность обнаружения человека при использовании модели нейронной сети YOLO составляет 97%, а точность распознавания при этих условиях – 95%. При этом работа YOLO занимает меньше времени, чем нейронной сети, основанной на архитектуре U-net.

При использовании выбранной нейронной сети не только для детектирования человека, но и его состояния, необходимо проводить предобучение модели по определению эмоциональных характеристик лица для конкретных людей, на что требуется дополнительное время, и чтобы ускорить процесс обнаружения (для использования алгоритма в режиме реального времени) предлагается после сегментирования изображения и обнаружения областей интереса – исследуемых элементов лица человека (овала лица, глаз, рта, лба) – использовать алгоритм с применением примитивов Хаара. Получаемая точность детектирования характеристик состояния человека по изображению его лица составляет 89%.

Также было проведено успешное тестирование функционирования отдельных модулей системы с помощью библиотеки Python unittest (Таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Протокол тестирования

№	Модуль	Тестовый случай	Результат
1	Предобработка изображения	Загрузка изображения	Пройден
2	Выделение координат объекта	Загрузка изображения с человеком	Пройден
3	Модуль определения состояния объекта	Загрузка изображений с	Пройден

		различными эмоциями человека и усталостью	
4	Модуль вывода изображения и информации о результате	Запуск модуля с камерой	Пройден

В настоящем исследовании предложенное математическое обеспечение реализовано с помощью традиционных языков программирования и библиотеки OpenCV в виде программного приложения, загружаемого на смартфоны работников для тестирования степени их усталости и определения общего состояния (Рисунок 4.22).

Исследуемая выборка первичных изображений позволяет определить образ с наименьшим значением функции F_{izn} (Рисунок 4.22а) и относительно выбранного образа уже выделять образы, содержащие признаки усталости большей или меньшей степени, выделенные приложением красной и зеленой рамкой соответственно (Рисунок 4.22б,в).

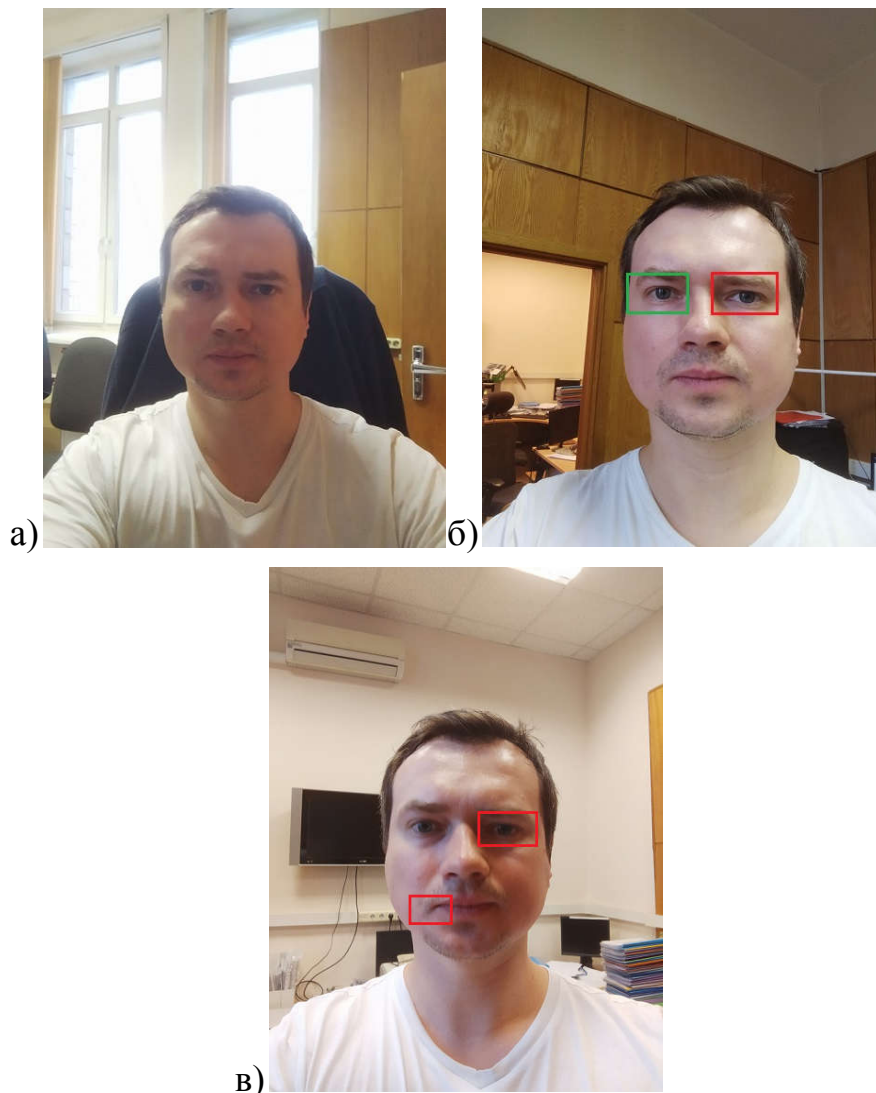


Рисунок 4.22 – Тестируемые изображения сотрудника

4.8. Выводы по главе 4

В данной главе было рассмотрено решение по распознаванию эмоций человека, что позволяет усовершенствовать и частично автоматизировать проведение поведенческого аудита безопасности человека, например, оператора-машиниста на железных дорогах или метро, при этом предоставляя возможность оценивать состояние работника в режиме реального времени. Для сегментации первичного изображения возможно использовать сверточную нейронную сеть с архитектурой U-net или YOLO, далее необходимо в полученных областях интереса определять контуры исследуемых элементов лица человека, классифицировать их и далее по ним определять психоэмоциональные характеристики оператора.

Качество работы любой нейронной сети зависит от количества и качества наборов данных для обучения, что в свою очередь зависит от правильности разметки данных и от того, какие эмоции как проявляются и с какими выражениями лица ассоциируются, а также от выбранной эмоциональной классификации состояния лица человека. В качестве основных объектов наблюдения были выбраны глаза, рот, наклоны головы как наиболее точно отвечающие за состояние оператора.

По результатам проверки система достигла необходимой точности обнаружения, распознавания и определения характеристик состояния объекта. Было проведено тестирование всей системы и показана её работоспособность.

Для разработанной модели точность обнаружения объекта была достигнута на уровне 97%, его распознавания – 95%, а точность определения состояния объекта (сотрудника) – на уровне 89% для каждого кадра.

Определение более точной степени усталости возможно при исследовании большего количества изображений одного и того же работника, а также различных работников, сфотографированных в различных условиях. Это позволяет более точно выполнить комплексную оценку технического и организационного уровня рабочего места, а также совместное влияние факторов производственной среды, трудового процесса и состояния сотрудника на достижение параметров нулевого травматизма.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты проведенных научных исследований, представленные в данной диссертации, научно обосновывают предлагаемые на основе разработанного алгоритмического и методологического обеспечения технологические и организационные решения, направленные на совершенствование комплекса мероприятий по обеспечению безопасных условий труда работников транспортной отрасли.

Основные научные результаты выполненного исследования, рекомендации, перспективы дальнейшей разработки заключаются в следующем:

1. На основе проведенного анализа факторов и причин, установлено, что к случаям производственного травматизма приводят: неудовлетворительная организация производства работ – 32,4%; нарушение работником трудового распорядка – 9,7%; нарушение правил дорожного движения – 8,1%; нарушение технологического процесса – 4,6%; недостатки при подготовке работников 4,1%; неудовлетворительное содержание рабочих мест – 3%; неприменение работниками СИЗ – 2,7%; другие причины, такие как эксплуатация неисправных машин и несовершенство технологического оборудования – 35,4%. Проведенный анализ позволил обосновать направления совершенствования системы обеспечения безопасных условий труда, которые могут масштабироваться от отдельного рабочего места до отрасли в целом.

2. Разработана модель представления профессиональных рисков с использованием управляющих целевых функций и методов обработки статистических данных, которая позволяет не только оценивать и прогнозировать появление тех или иных рисков, но и оказывать на них управляющее воздействие в рамках достижения результатов концепции «нулевого травматизма».

3. Предложена методика, основанная на разработанном математическом и алгоритмическом обеспечении, обрабатывающем визуальные образы работников, позволяющая оценить психоэмоциональное состояние и степень усталости.

4. Разработан и событийно реализован комплекс мероприятий, направленный на улучшение эмоционального и физического состояния работника, основанный на увеличении физической активности в нерабочее время на площадях, которые зачастую пустуют в современных условиях эксплуатации региональных транспортных систем.

5. Экспериментально установлено, что разработанный программно-алгоритмический комплекс путем обработки серии фотографий работника позволяет практически в режиме реального времени контролировать его состояние и существенно снизить возможность реализации профессиональных рисков из-за человеческого фактора. При этом для каждого работника строится отдельный портрет состояния, реализующий распознавание как человека, так и внешних факторов его состояния на основе алгоритмов комплексных каскадных классификаторов, характерных точек, открытых и замкнутых линейных операторов.

6. Перспективы развития разрабатываемого направления в общей системе управления охраной труда связаны с оценкой психоэмоционального состояния работника с помощью его смартфона, улучшением этого состояния за счет мероприятий, проводимых как в рабочее, так и в нерабочее время, и сведением разработанных методов и алгоритмов в единую систему оценки профессиональных рисков на предприятии и в отдельных последовательностях технологических процессов.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

- АНО – автономная некоммерческая организация;
- ВВП – валовой внутренний продукт;
- ВОЗ – Всемирная организация здравоохранения;
- ГЧП – государственно-частное партнерство;
- ИТР – инженерно-технические работники;
- КНД – контрольно-надзорные действия;
- Концепция «Vision Zero» – концепция «Нулевого травматизма»;
- МАСО – Международная организация социального обеспечения;
- МОТ – Международная организация труда;
- МЧС – Министерство чрезвычайных ситуаций;
- НПА – нормативные правовые акты;
- НПТ – новые производственные технологии;
- ОАО «РЖД» – открытое акционерное общество «Российские железные дороги»;
- ПАБ – поведенческий аудит безопасности;
- ПДУ – предельно допустимые уровни;
- ПЭВМ – персональная электронная вычислительная машина;
- РУТ (МИИТ) – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта»;
- СИЗ – средства индивидуальной защиты;
- СМИ – средства массовой информации;
- СОУТ – специальная оценка условий труда;
- СТО – стандарт организации;
- СУОТ – система управления охраной труда;
- СУР – системы управления рисками;
- ТК РФ – трудовой кодекс Российской Федерации;
- ФГБУ – федеральное государственное бюджетное учреждение;
- ФГИС – федеральная государственная информационная система;
- ФЗ – федеральный закон.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов, В.А. Аналитический обзор проблемы обеспечения безопасности труда на железнодорожном транспорте / В.А. Аксенов, В.С. Чаплыгин // Проблемы безопасности российского общества. – 2022. – № 2 (38). – С. 84-88.
2. Аксенов, В.А. Снижение воздействия шума на машинистов электропоезда московского метрополитена. / В.А. Аксенов, М.Н. Облов // Актуальные вопросы эксплуатации подвижного состава в современных условиях. Материалы Международной студенческой научно-практической конференции. Нижний Новгород. – 2022. – С. 100-103.
3. Аксенов, В.А. Повышение эффективности оценки травматизма при анализе и оценке профессиональных рисков. / В.А. Аксенов, П.Н. Потапов, А.М. Завьялов, Ю.В. Завьялова // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 3. – С. 96-99.
4. Апатцев, В.И. Обеспечение безопасности жизнедеятельности / В.И. Апатцев, Р.Р. Казарян, Б.А. Лёвин // Наука и техника транспорта. – 2018. – № 2. – С. 106-109.
5. Апатцев, В.И. Системно-целевой подход комплексного использования транспорта в интересах безопасности жизнедеятельности / В.И. Апатцев, Р.Р. Казарян, Б.А. Лёвин // Наука и техника транспорта. – 2018. – № 3. – С. 102-107.
6. Апатцев, В.И. Обеспечение безопасности движения поездов на основе снижения влияния человеческого фактора. / В.И. Апатцев, А.М. Завьялов, И.Н. Синякина, Ю.В. Завьялова, Е.В. Гришина // Наука и техника транспорта. – 2014. – № 2. – С. 75-78.
7. Арустамов, Э.А. Безопасность жизнедеятельности: учебник для вузов // 12-е изд., доп. и перераб. М.: Дашков и К, 2007. – 420 с.
8. Баловцев, С.В. Анализ состояния безопасности в угольной промышленности России / С.В. Баловцев, О.В. Воробьева // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2019. – № S17. – С. 3-10.

9. Барков, С.А. Управление человеческими ресурсами в 2 ч. / С.А. Барков, В.И. Зубков, О.В. Гавриленко, О.В. Дорохина, Е.Г. Ксенофонтова, А.В. Маркеева, И.В. Пастухова, Е.А. Свердликова, М.В. Юрасова, Л.Н. Амозова, Г.Б. Бороздина, А.Х. Денильханов, В.В. Зырянов, У.В. Зябкина, М.А. Семихова // часть 1 Учебник и практикум – Москва, 2016. Сер. 58 Бакалавр. Академический курс (1-е изд.

10. Белковский, А.Н. Бизнес, власть и общество: как им обустроить социальное партнерство / А.Н Белковский., Т.В Бачинская // Менеджмент в России и за рубежом. – 2005. – №5.

11. Бодров, В.А. Актуальные проблемы психологии труда, инженерной психологии и эргономики. Выпуск 2 / В.А.Бодров // Институт психологии РАН. – 2011. – 624 с.

12. Буланова, А. В. Значение оценки профессиональных рисков в системе управления охраной труда / А. В. Буланова, С. Л. Пушенко, Е. В. Стасева // Безопасность техногенных и природных систем. – 2019. – № 1. – С.2–7.

13. Булдакова, Т.И. Оценка состояния человека и выделение групп риска развития хронических заболеваний / Т.И. Булдакова, Е.В Игнатьева, Н.С. Ляпина, С.И. Суятинов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2011. – Т. 10. – № 2. – С. 391-395.

14. Буй, Т.Т.Ч. Распознавание лиц на основе применения метода Виолы–Джонса, вейвлет-преобразования и метода компонент / Т.Т.Ч. Буй, Н.Х. Фан, В.Г. Спицын // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 5. – С. 54–59.

15. Быков, В.М. Совершенствование системы управления охраной труда в контексте риск-ориентированного подхода / В.М. Быков, И.Ш. Мухамадиев // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. – 2017. – № 6. – С. 31-36.

16. Воробьева, О.В Ошибки человеческого фактора в обеспечении безопасности горнодобывающего производства / О.В. Воробьева // Горный

информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2017. – № S12. – С. 61-64.

17. Воевода, А.А. Формирование структуры нейронной сети посредством декомпозиции исходной задачи на примере задачи управления роботом манипулятором / А.А. Воевода, Д.О. Романников // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2018. – № 9. – С. 27-32.

18. Всемирная Организация Здравоохранения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.who.int/> (дата обращения: 18.03.2021). – Текст: электронный.

19. Вылегжанина, Е.Ю. Проблемы нормативно-правового обеспечения безопасности и охраны труда на промышленном транспорте / Е.Ю. Вылегжанина // Вестник Кемеровского государственного университета. – 2013. – № 3-1 (55). – С. 262-265.

20. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2018 - 2020 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 05.10.2021). – Текст: электронный.

21. Генеральное соглашение между общероссийскими объединениями профсоюзов, общероссийскими объединениями работодателей и Правительством Российской Федерации на 2021 - 2023 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 05.10.2021). – Текст: электронный.

22. Горбатков, А. Закон Йеркса-Додсона: проблема содержания переменных / А. Горбатков // Вопросы психологии. – 2009. – № 2. – С. 63–81.

23. ГОСТ 12.0.230.4-2018. Межгосударственный стандарт. Системы управления охраной труда. Методы идентификации опасностей на различных этапах выполнения работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 12.11.2020). – Текст: электронный.

24. ГОСТ 12.0.230.5-2018. Межгосударственный стандарт. Системы управления охраной труда. Методы оценки риска для обеспечения безопасности

выполнения работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 12.11.2020). – Текст: электронный.

25. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010–2011 Менеджмент риска. Методы оценки риска [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 12.11.2020). – Текст: электронный.

26. Государственная инспекция труда по Воронежской области РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://git36.rostrud.ru/> (дата обращения: 15.05.2021). – Текст: электронный.

27. Готовцев, П.И. Самоконтроль при занятиях физической культурой / П.И. Готовцев, В.И. Дубровский – М.: Физкультура и спорт. – 1984. – 32 с.

28. Гуменюк, В.И. Безопасность при чрезвычайных ситуациях на железнодорожном транспорте / В.И. Гуменюк, М.А. Никитина // Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. – 2016. – С. 289-292.

29. Данилова Н. Н. Психофизиология: учебник для вузов / Н. Н. Данилова // Москва: Аспект пресс, 2001. – 373 с.

30. Департамент труда и занятости Воронежской области РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uzn.vrn.ru/> (дата обращения: 05.11.2021). – Текст: электронный.

31. Доклад Государственной инспекции труда в Воронежской области «О рассмотрении организаций, на которых произошли тяжелые несчастные случаи или несчастные случаи со смертельным исходом» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uzn.vrn.ru/> (дата обращения: 05.10.2018). – Текст: электронный.

32. Европейская социальная хартия, принятая 3 мая 1996 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://consultant.ru/> (дата обращения: 11.02.2021). – Текст: электронный.

33. Европейский социальный фонд [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://eurofondi.lv/ru/glavnie-fondi-es-2014-2020> (дата обращения: 15.02.2021). – Текст: электронный.

34. Еникеев, Р.В. Методика управления утомляемостью инженерно-технического персонала / Р.В. Еникеев, А.Л. Рыбалкина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2020. – Т. 9. – № 3 (51). – С. 132-137.

35. Еникеев, Р.В. Человеческий фактор / Р.В. Еникеев, А.П. Козловский, Н.И. Николайкин, С.Е. Прозоров, А.Л. Рыбалкина, В.А. Рябинин, Е.А. Сусалев, А.В. Чунтул, В.Д. Шаров // Тексты лекций - Москва, 2018.

36. Жученко, Е.Н. Исследование и разработка систем управления охраны труда для транспортно-логистической организации / Е.Н. Жученко // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2016. – № 7 (29). – С. 46-48.

37. Закон Воронежской области «О социальном партнерстве» от 29.04.1998г № 40-П-ОЗ.

38. Закон Воронежской области «Об областной трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений» от 06.12.1999г. № 124-П-ОЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 07.09.2021). – Текст: электронный.

39. Замигулов, Е.А. Изменить отношение от директора до рабочего к вопросам охраны труда / Е.А. Замигулов, В.Е. Родин, В.И. Филиппов // Охрана и экономика труда. – 2018. – № 2 (31). – С. 94-99.

40. Замигулов, Е.А. Процессный подход к оценке и управлению условиями труда / Е.А. Замигулов, В.Е. Родин, В.А. Исаков // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. – 2014. – № 8. – С. 31-36.

41. Замигулов, Е.А. Исследование и оптимизация информационного процесса оценки и управления условиями труда и профессиональными рисками / Е.А. Замигулов, В.Е. Родин, В.А. Исаков // Безопасность труда в промышленности. – 2014. – № 4. – С. 50-53.

42. Засимова, Л.С. Занятия спортом – удел богатых? (эмпирический анализ занятий спортом в России) / Л.С. Засимова, Д.А. Локтев // Экономический журнал Высшей школы экономики. – 2016. – Т. 20. – № 3. – С. 471-499.

43. Источник журнала «Транспортная безопасность и технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://transport.securitymedia.ru/news_one_5868.html (дата обращения: 15.02.2021). – Текст: электронный.

44. Источник журнала «Гудок» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gudok.ru/news/syezdz/quality/ID=1453616> (дата обращения: 15.02.2021). – Текст: электронный.

45. Короткий, А.А. Риск-ориентированный подход для промышленных предприятий / А.А. Короткий, М.А. Журавлева // Безопасность жизнедеятельности. – 2016. – № 5. – С. 8-13.

46. Конвенция Международной организации труда № 187 «Об основах, содействующих безопасности и гигиене труда». – 2006.

47. Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008 г. № 1662-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 12.01.2018). – Текст: электронный.

48. Концепция федеральной целевой программы «Развитие внутреннего и въездного туризма в Российской Федерации (2019–2025 гг.)», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 14.05.2018 № 872-р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 16.06.2020). – Текст: электронный.

49. Концепция нулевого травматизма «Vision Zero», разработанная Международной ассоциацией социального обеспечения (МАСО) и принятая в Сингапуре 4 сентября 2017 года на XXI Всемирном конгрессе по безопасности и гигиене труда.

50. Концепция «Vision Zero». Семь «золотых правил» производства с нулевым травматизмом и с безопасными условиями труд. Руководство для работодателей и менеджеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://git62.rostrud.gov.ru/upload/iblock/8d1/vision_zero_guide.pdf (дата обращения: 12.01.2021). – Текст: электронный.

51. Копытенкова, О.И. Схема информационно-коммуникационных технологий оценки условий труда работников, управляющих транспортными средствами / О.И. Копытенкова, Л.А. Леванчук, Г.Б. Еремин, Е.Н. Дубровская // Патент на промышленный образец 134613, 20.12.2022. Заявка № 2022502743 от 28.06.2022.

52. Кошелев, В.И. Обучение многослойных нейронных сетей на основе алгоритма обратного распространения ошибок при распознавании воздушных объектов / В.И. Кошелев, Д.Т. Нгуен // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2007. – № 20. – С. 81-85.

53. Красюкова, Н.Л. Анализ существующей системы правовых и методических основ внедрения риск-ориентированных подходов в деятельности контрольно-надзорных органов / Н.Л. Красюкова // Экономика и предпринимательство. – 2016. – № 11-3 (76-3). – С. 140-143.

54. Крюков, Н.П. Безопасность работ при эксплуатации промышленного транспорта / Н.П. Крюков, С.А. Жукова // Научное обозрение. – 2016. – № 17. – С. 117-121.

55. Кудрина, М.А. Использование преобразования Хафа для обнаружения прямых линий и окружностей на изображении / М.А. Кудрина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2014. – Т. 16. – №4(2). – С. 476-478.

56. Лачкова, И. В. Статистика производственного травматизма в Российской Федерации / И. В. Лачкова, А. В. Лобачёва // Научное сообщество студентов: междисциплинарные исследования: сб. ст. по мат. VII междунар. студ. науч.-практ. конф. № 4(7).

57. Левчук, С.А. Исследование характеристик алгоритмов распознавания лиц / С.А. Левчук, А.А. Якименко // Сборник научных трудов НГТУ. – 2018. – № 3–4 (93). – С. 40–58.

58. Логинов, И. Н. Когнитивная нейроморфная платформа управления ресурсами железнодорожного транспорта в автоматизированных системах управления / И. Н. Логинов, А. Н. Логинов, В. П. Сычев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2016. – Т. 9. – № 9 (9).

59. Локтев, А.А. Значение железнодорожных сооружений в развитии регионального туризма [Текст] / А.А. Локтев, О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Путь и путевое хозяйство. – 2020. – № 8. – С. 36–39.

60. Локтев, А.А. Решение задачи ударного взаимодействия твердого тела и сферической оболочки лучевым методом / А.А. Локтев, Д.А. Локтев // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – 2007. – № 2. – С. 128-135.

61. Локтев, А.А. Памятники истории и архитектуры города Острогожска. Современное состояние (Альбом фотографий и краткое описание объектов культурного и исторического наследия города Острогожска Воронежской области) / А.А. Локтев, О.С. Локтева – М.: МГСУ, 2011. – 226с.

62. Локтев А.А. Памятники истории и архитектуры города Павловска. Современное состояние (Альбом фотографий и краткое описание объектов культурного и исторического наследия города Павловска Воронежской области) / А.А. Локтев, О.С. Локтева – М.: МГСУ, 2012. – 226 с.

63. Локтев, А.А. Памятники истории и архитектуры города Бобров. Современное состояние (Альбом фотографий и краткое описание объектов культурного и исторического наследия города Бобров Воронежской области) / А.А. Локтев, О.С. Локтева, А.Г. Полякова – М.: МГСУ, 2014. – 88 с.

64. Локтев, А.А. Памятники истории и архитектуры города Богучара. Современное состояние (Альбом фотографий и краткое описание объектов

культурного и исторического наследия города Богучара Воронежской области). / А.А. Локтев, О.С. Локтева, Д.А. Локтев – М.: МГСУ. – 2015. – 112 с.

65. Локтев, А.А. Алгоритм размещения видеокамер и его программная реализация / А.А. Локтев, А.Н. Алфимцев, Д.А. Локтев // Вестник МГСУ. – 2012. – № 5. – С. 167-175.

66. Локтев, А.А. Алгоритм распознавания объектов / А.А. Локтев, А.Н. Алфимцев, Д.А. Локтев // Вестник МГСУ. – 2012. – № 5. – С. 194-201.

67. Локтев, А.А. Методика определения внешних дефектов сооружения путем анализа серии его изображений в системе мониторинга / А.А. Локтев, В.Ф. Бахтин, И.Ю. Черников, Д.А. Локтев // Вестник МГСУ. – 2015. – № 3. – С. 7-16.

68. Локтев, А.А. Выявление и детектирование внешних дефектов верхнего строения пути агрегированным методом на основе стереозрения и анализа размытия образа / А.А. Локтев, Д.А. Локтев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2017. – Т. 11. – № 11 (11). – С. 96-100.

69. Локтев, А.А. Эксплуатация железнодорожных вокзалов для развития регионального туризма [Текст] / А.А. Локтев, О.С. Локтева, Д.А. Локтев // История и перспективы развития транспорта на севере России. – 2021. – № 1. – С. 54-58.

70. Локтев, А.А. Наставничество как один из наиболее эффективных способов подготовки и развития научных работников [Текст] / А.А. Локтев, О.С. Локтева, Д.Р. Шукюров, Д.А. Локтев // Современные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник трудов по результатам международной интернет-конференции. В 2-х томах. Под общей редакцией К.А. Сергеева. – 2019. – С. 393-403.

71. Локтев, А.А. Моделирование систем противоударной изоляции с вязкоупругими элементами / А.А. Локтев, В.В. Вершинин // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Естественные науки. – 2012. – № 2 (45). – С. 38-53.

72. Локтев, А.А. Расчет противоударного изолятора с ограничением рабочих характеристик / А.А. Локтев, В.В. Вершинин // Вестник МГСУ. – 2011. – № 4. – С. 273.

73. Локтев, А.А. Повышение уровня безопасности при производстве путевых работ на основе моделирования жизненного цикла комплекса путевых машин / А.А. Локтев, П.В. Сычев, В.А. Аксенов, А.С. Пикалов, В.П. Сычев // Безопасность жизнедеятельности. – 2021. – № 9 (249). – С. 28-33.

74. Локтев, А.А. Моделирование системы «голова-шлем» при различных скоростях ударного нагружения / А.А. Локтев, А.В. Бойко // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 2. – С. 69-72.

75. Локтев, Д.А. Автоматизация поведенческого аудита на основе распознавания эмоций человека с использованием нейронной сети [Текст] / Д.А. Локтев, О.С. Локтева // Промышленные АСУ и контроллеры. – 2022. – № 10. – С. 24-30.

76. Локтев, Д.А. Использование объектов промышленных предприятий, имеющих признаки памятников истории и архитектуры, для организации региональных коворкинг – центров [Текст] / Д.А. Локтев, О.С. Локтева // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2018. – Т. 13. – № 13 (13). – С. 40-45.

77. Локтев, Д.А. Экономические факторы, влияющие на занятия спортом в Российской Федерации / Д.А. Локтев, О.С. Локтева // М.: АИСнТ. – 2016.- 104 с.

78. Локтев, Д.А. Возможность увеличения интенсивности использования объектов транспортной инфраструктуры, являющихся памятниками истории и архитектуры, в области регионального туризма [Текст] / Д.А. Локтев, О.С. Локтева, С.В. Федорова, А.А. Локтев // Транспортные сооружения. – 2018. – Т. 5. № 4. – С. 20–24.

79. Локтев, Д.А. Железнодорожные сооружения культурного наследия в развитии регионального туризма и дополнительного образования [Текст] / Д.А. Локтев, О.С. Локтева, Ю.Н. Бобык // Современные проблемы железнодорожного транспорта. Сборник трудов по результатам международной интернет-

конференции. В 2-х томах. Под общей редакцией К.А. Сергеева. – 2019. – С. 403-412.

80. Локтева, О.С. Снижение влияния человеческого фактора на основе определения эмоционального состояния работника путем обработки его изображений [Текст] / О.С. Локтева, А.М. Завьялов, Д.А. Локтев // Наука и техника транспорта. – 2021. – № 2. – С. 95-100.

81. Локтева, О.С. Эмоциональное состояние оператора как фактор влияния на безопасность его труда [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Вестник НЦБЖД. – 2021. – № 3 (49). – С. 127-135.

82. Локтева, О.С. Анализ направлений развития системы управления охраной труда на транспорте [Текст] / О.С. Локтева, А.А. Локтев, А.М. Завьялов, А.В. Семочкин // Наука и техника транспорта. – 2021. – № 1. – С. 68-72.

83. Локтева, О.С. Влияние факторов занятий спортом на качество и производительность труда в транспортной отрасли [Текст] / О.С. Локтева, А.М. Завьялов, Д.А. Локтев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2021. – Т. 17. – № 17. – С. 73-85.

84. Локтева, О.С. Безопасный труд как основа государственно-частного партнерства на железной дороге [Текст] / О.С. Локтева, В.А. Кочнев, Д.А. Локтев // Наука и техника транспорта. – 2019. – № 4. – С. 80-85.

85. Локтева, О.С. Нулевой травматизм и возможность его достижения в транспортной отрасли [Текст] / О.С. Локтева, А.А. Локтев // Наука и техника транспорта. – 2020. – № 2. – С. 87-93.

86. Локтева, О.С. Использование коворкингов, созданных на базе исторических объектов, для развития научных школ транспортной отрасли [Текст] / О.С. Локтева, А.А. Локтев, В.И. Ткаченко // Современные проблемы совершенствования работы железнодорожного транспорта. Межвузовский сборник научных трудов. Москва. – 2020. – С. 318-333.

87. Локтева, О.С. Особенности развития социального партнерства в высших учебных заведениях [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Внедрение современных

конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2019. – Т. 14. – № 14 (14). – С. 73-78.

88. Локтева, О.С. Социальное партнерство, как механизм совершенствования государственно-частного взаимодействия для развития транспортной отрасли [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2019. – Т. 15. – № 15 (15). – С. 77-81.

89. Локтева, О.С. Безопасность труда в транспортной отрасли [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2017. – Т. 11. – № 11 (11). – С. 80-89.

90. Локтева, О.С. Социальное партнерство как инструмент увеличения безопасности труда в транспортной отрасли [Текст] / Д.А. Локтев, О.С. Локтева // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2017. – Т. 11. – № 11 (11). – С. 72-80.

91. Локтева, О.С. Особенности развития риск-ориентированного подхода на железной дороге [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Транспортные сооружения. – 2017. – Т. 4. № 4. – С. 6–10.

92. Локтева, О.С. Социальное партнерство – фундамент риск-ориентированного подхода в охране труда на транспорте [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2018. – Т. 12. – № 12 (12). – С. 52-57.

93. Локтева, О.С. Социальное партнерство при организации взаимодействия промышленных предприятий и ОАО «РЖД» [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2018. – Т.13. – № 13 (13). – С. 46-50.

94. Локтева, О.С. Риск-ориентированный подход как основа системы управления охраной труда [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Наука и техника транспорта. – 2018. – № 1. – С. 84–91.

95. Локтева, О.С. Возможность определения усталости работника при обработке серии его изображений [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Внедрение

современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. – 2021. – Т. 17. – № 17. – С. 14-20.

96. Локтева, О.С. Влияние факторов занятия спортом на укрепление здоровья работника в целях безопасного труда [Текст] / О.С. Локтева, Д.А. Локтев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. 2020. Т. 16. № 16 (16). С. 100-108.

97. Лукьянова, Л. М. Оценка эффективности деятельности в условиях автоматизированной информационной системы / Л. М. Лукьянова // Материалы IV Международного Балтийского морского форума. – Калининград: Калининградский государственный технический университет. – 2018. – С. 977-983.

98. Материалы XXI Всемирного конгресса по безопасности и гигиене труда, состоявшегося в Сингапуре 4 сентября 2017 г.

99. Международная организация труда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ilo.org/> (дата обращения: 19.02.2022). – Текст: электронный.

100. Методические рекомендации по процессу поведенческих аудитов безопасности (ПАБ) в ОАО «РЖД». – 2011. – 24 с.

101. Методические рекомендации по проверке создания и обеспечения функционирования системы управления охраной труда, утвержденные приказом Роструда от 21.03.2019 N 77 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/> (дата обращения: 15.09.2021). – Текст: электронный.

102. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rosmintrud.ru/> (дата обращения: 11.02.2022). – Текст: электронный.

103. Мищенко, Е.С. Сравнительный анализ алгоритмов распознавания лиц / Е.С. Мищенко // Вестник Волгоградского государственного университета. Серия 9, Исследования молодых ученых. – 2013. – № 11. – С. 74–76.

104. Мосейко, Е.Е. Теоретические подходы к анализу здоровья как элемента человеческого капитала / Е.Е. Мосейко // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 3, Экон. Экол. – 2012. – № 2 (21). – С.17-21.

105. Носков, С.Н. Схема алгоритма влияния природно-климатических факторов на здоровье населения и среду обитания / С.Н. Носков, Г.Б. Еремин, О.И. Копытенкова, О.М. Ступишина, Е.Г. Головина, А.Н. Никанов // Патент на промышленный образец 131127, 06.05.2022. Заявка № 2021505881 от 25.11.2021.

106. Отраслевое соглашение по организациям железнодорожного транспорта на 2020 - 2022 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 07.05.2020). – Текст: электронный.

107. Отраслевое соглашение по организациям железнодорожного транспорта на 2023 - 2025 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 07.05.2020). – Текст: электронный.

108. Охрана труда и бизнес // Международная организация труда. – 2007. – 258 с.

109. Плотникова, А.В. Хронофизиологические особенности работоспособности операторов с различным эмоциональным интеллектом / А.В. Плотникова / диссертация канд. мед. наук: 03.03.01 // Волгоградский государственный медицинский университет, 2019. – 190 с.

110. Плутчик, Р. Общая психоэволюционная теория эмоций / Р. Плутчик // М.: Медицина. – 1980.

111. Послание Президента Российской Федерации Федеральному Собранию от 15.01.2020 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/> (дата обращения: 16.05.2020). – Текст: электронный.

112. Пособие по проектированию вокзалов (к СНиП II-85-80)/ЦНИИП градостроительства. - М.: Стройиздат, 1987.

113. Постановление Правительства РФ от 17.08.2016 №806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/> (дата обращения: 15.10.2021). – Текст: электронный.

114. Постановление Правительства РФ от 16.02.2017 №197 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации»

[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/> (дата обращения: 15.10.2021). – Текст: электронный.

115. Постановление Минтруда РФ и Минобразования РФ от 13 января 2003 г. N 1/29 «Об утверждении Порядка обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/> (дата обращения: 08.08.2021). – Текст: электронный.

116. Приказ Минтруда России от 19.08.2016 №438н «Об утверждении Типового положения о системе управления охраной труда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/> (дата обращения: 11.08.2021). – Текст: электронный.

117. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 29.10.2021 № 771н «Об утверждении Примерного перечня ежегодно реализуемых работодателем мероприятий по улучшению условий и охране труда, ликвидации или снижения уровней профессиональных рисков либо недопущению повышения их уровней» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/> (дата обращения: 01.03.2022). – Текст: электронный.

118. Приказ Министерства транспорта Российской Федерации и федеральной службы по надзору в сфере транспорта № ВБ-160фс «Об утверждении программ профилактики нарушений обязательных требований на 2020 год и плановый период 2021 - 2022 гг» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/> (дата обращения: 01.03.2022). – Текст: электронный.

119. Приказ Ростехнадзора от 13 апреля 2020 г. № 155 «Об утверждении типовых дополнительных профессиональных программ в области промышленной безопасности» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://normativ.kontur.ru/> (дата обращения: 01.08.2021). – Текст: электронный.

120. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года, утвержденный распоряжением Правительства Российской Федерации от 06.10.2021 N 2816-р.

121. Проект «Декларирование деятельности организаций (индивидуальных предпринимателей) по обеспечению трудовых прав работников» в Воронежской области.

122. Пушенко, С.Л. Безопасность жизнедеятельности. Экологическая безопасность (вопросы и ответы): учебное пособие / С.Л. Пушенко, А.В. Нихаева, Е.В. Омельченко, Г.Н. Соколова, Е.В. Стасева // Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2021 – 140 с.

123. Пушенко, С.Л. Безопасность жизнедеятельности. Организационно-правовые основы охраны труда: учебное пособие / С.Л. Пушенко, С.Г. Демченко, А.В. Нихаева, А.С. Пушенко, В.В. Руденко, Е.В. Стасева // Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2020 – 95 с.

124. Распоряжение ОАО «РЖД» от 24.12.2018 № 2752/р об утверждении Правил по охране труда при ремонте и содержании зданий и сооружений ОАО «РЖД» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 12.06.2021). – Текст: электронный.

125. Распоряжение ОАО «РЖД» от 16.11.2018 №2423-Р об утверждении Правил по охране труда при техническом обслуживании и ремонте грузовых вагонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 12.06.2021). – Текст: электронный.

126. Распоряжение ОАО «РЖД» от 29 декабря 2016 г. N 2773р об утверждении Стандарта СТО РЖД 15.001-2016 «Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Общие положения» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 12.06.2021). – Текст: электронный.

127. Рекомендации совместного заседания Общественного совета при Ространснадзоре и заседания Коллегии 13 октября 2017 г. по результатам слушания.

128. Рекомендации Международной организации труда № 197 «Об основах, содействующих охране труда», 2006.

129. Родин, В.И. Профессиональные риски и человеческий фактор / В.И. Родин, И. Г. Бондарев // Охрана труда и соцстрахование. – 2010. – № 7. – С. 48-53.

130. Российский статистический ежегодник 2018: Стат.сб.// Росстат.- Р76 М., 2018. – 694с.

131. Рыбалкина, А.Л. Управление рисками связанными с утомляемостью при техническом обслуживании воздушных судов как аспектом человеческого фактора / А.Л. Рыбалкина, А.С. Семенов // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2019. – Т. 8. – № 1 (45). – С. 159-163

132. Сазонова, А.М. Исследование и анализ травматизма в сфере дорожного строительства / А.М. Сазонова, Д.П. Гурт, М.В. Квиткина, Е.В. Стасева // Наука и техника транспорта. – 2021. – № 3. – С. 111-116.

133. СанПиН 2.2.4.1191-03. Электромагнитные поля в производственных условиях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 06.10.2021). – Текст: электронный.

134. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 06.10.2021). – Текст: электронный.

135. СанПиН 2.2.4/2.1.8.566-96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 06.10.2021). – Текст: электронный.

136. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 06.10.2021). – Текст: электронный.

137. СанПиН 2.2.4.1294-03. Гигиенические требования к аэроионному составу воздуха производственных и общественных помещений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 06.10.2021). – Текст: электронный.

138. СП 51.13330.2011. Защита от шума [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 05.10.2021). – Текст: электронный.

139. СП 52.13330.2016. Естественное и искусственное освещение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/> (дата обращения: 05.10.2021). – Текст: электронный.

140. Сеченов, И.М. Избранные произведения. Физиология нервной системы / И.М. Сеченов // Изд. Академии наук СССР. Ред. Коштыянец Х.С. – 1956. – Т. 2. – 73 с.

141. Снижайте риски, сокращайте затраты. Экономика охраны труда на предприятии. Международная организация труда, 2007 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/publication/wcms_312129.pdf (дата обращения: 05.11.2021). – Текст: электронный.

142. Стандарт ВОК-КСО-2007/КСР/КСО-2008. Социальная ответственность организации. Требования. – 2007.

143. Стандарты СТО РЖД 15.001-2016. Система управления охраной труда в ОАО «РЖД. Общие положения, утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 29.12.2016 №2773р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://consultant.ru/> (дата обращения: 12.06.2021). – Текст: электронный.

144. Статистика Росстата [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/wages/working_conditions (дата обращения: 21.12.2021). – Текст: электронный.

145. Стасева, Е. В. Профилактика травматизма на основе комплексной оценки профессиональных рисков строителей / Е. В. Стасева, А. М. Сазонова, И. О. Цыгульский // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2018. – № 2 (43). – С. 11–13.

146. Стратегия развития туризма в Российской Федерации на период до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 31.05.2014 № 941-р.

147. Сухов, Ф.И. Управление безопасностью движения поездов на основе интегральной оценки уровня безопасности / Ф.И. Сухов, В.Г. Попов, В.Н. Филиппов // Интеллектуальная энергетика на транспорте и в промышленности.

Материалы всероссийской молодежной научно-практической конференции с международным участием. – 2018. – С. 316-322.

148. Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Воронежской области [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://voronezhstat.gks.ru/> (дата обращения: 17.12.2021). – Текст: электронный.

149. Ульянов, В.А. Концепция развития перспективных направлений повышения технологической безопасности на железнодорожном транспорте / В.А. Ульянов // Безопасность жизнедеятельности. – 2015. – № 8 (176). – С. 28-31.

150. Ульянов, В.А. Оценка уровня технологической безопасности на железнодорожном транспорте / В.А. Ульянов // Наука и техника транспорта. – 2015. – № 2. – С. 8-15.

151. Файнбург, Г.З. Риск-ориентированный подход и его научное обоснование / Г.З Файнбург // Безопасность и охрана труда. – 2016. – № 2 (67). – С. 31-40.

152. Федеральный закон «Об объединениях работодателей» от 27.11.2002 N 156-ФЗ, Российская Федерация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.12.2021). – Текст: электронный.

153. Федеральный закон «О профессиональных союзах, их правах и гарантиях деятельности» от 12.01.1996 N 10-ФЗ, Российская Федерация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.12.2021). – Текст: электронный.

154. Федеральный закон «О Российской трехсторонней комиссии по регулированию социально-трудовых отношений» от 01.05.1999 N 92-ФЗ, Российская Федерация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.12.2021). – Текст: электронный.

155. Федеральный закон Российской Федерации от 28 декабря 2013 г. №426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.12.2021). – Текст: электронный.

156. Федеральный закон от 30.12.2001 N 197-ФЗ «Трудовой кодекс Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.12.2021). – Текст: электронный.

157. Федеральный закон Российской Федерации от 24.11.1996 № 132-ФЗ «Об основах туристской деятельности в Российской Федерации» (в редакции Федерального закона от 04.06.2018 № 149-ФЗ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.consultant.ru/> (дата обращения 12.12.2021). – Текст: электронный.

158. Федеральная служба государственной статистики. Таблицы из бюллетеня «Производственный травматизм в Российской Федерации в 2021 году» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gks.ru/> (дата обращения: 07.03.2022). – Текст: электронный.

159. Федеральная служба по труду и занятости Российской Федерации (Роструд) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rostrud.ru/> (дата обращения: 07.11.2021). – Текст: электронный.

160. Филиппов, В.Н. Проблемы и методы защиты вагонов-цистерн при аварийных ситуациях / В.Н. Филиппов, В.Г. Попов, В.М. Пономарев, Ю.Н. Шебеко, С.В. Беспалько // Наука и техника транспорта. – 2017. – № 1. – С. 21-28.

161. Фролов, М.В. Операторская деятельность: характеристики движения век при монотонии / М.В. Фролов, Г.Б. Милованова // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2006. – №5-6. – С. 57-64.

162. Шварцбург, Л.Э. Энергетический анализ и экологичность технологических процессов механообработки / Л.Э. Шварцбург, Н.А. Иванова, С.А. Рябов, Д.И. Кулизаде // Вестник МГТУ «Станкин». – 2021. – № 4 (59). – С. 30-34.

163. Шварцбург, Л.Э. Комплексный показатель безопасности технологических процессов механической обработки / Л.Э. Шварцбург, Н.А. Иванова, С.А. Рябов, Е.В. Бутримова, С.И. Гвоздкова, О.В. Ягольницер, Д.И. Кулизаде, В.А. Гречишников // СТИН. – 2020. – № 7. – С. 30-33.

164. Cambria, E. The hourglass of emotions / E. Cambria, A. Livingstone, A. Hussain // Cognitive behavioural systems. – Springer, Berlin, Heidelberg. – 2012. – P. 144–157.
165. Dickel, H. Incidence of occupational skin diseases in occupational groups / H. Dickel, O. Kuss, A. Schmidt, J. Schmitt, T.L. Diepgen // Der Hautarzt. – 2001. – Vol. 52. – Vol. 7. – P. 615-623.
166. Dodonov, B. I. Emotion as a value. / B. I. Dodonov / Moscow: Politizdat. – 1977. – 272 p.
167. Douglas, D. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature/ D. Douglas, T. Peucker // The Canadian Cartographer. – 1973. – Vol. 10(2). – P. 112–122.
168. Ellis, J.N. Personal fall arrest systems / J.N. Ellis // Professional Safety. – 2002. – Vol. 47. – No. 12. – P. 42.
169. Ekman, P. Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement / P. Ekman, W. Friesen // Consulting Psychologists Press, Palo Alto. – 1978. – P. 56–76.
170. EmoDetect 3.0: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://neurobotics.ru/catalog/psixofiziologiya/emotion-detection-software-emodetect/> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.
171. EMotion: emotion recognition software: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.visual-recognition.nl/eMotion.html> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.
172. Fabiano, B. Port safety and the container revolution: a statistical study on human factor and occupational accidents over the long period / B. Fabiano, F. Currò, A.P. Reverberi, R. Pastorino // Safety Science. – 2010. – Vol. 48. – No. 8. – P. 980-990.
173. FaceVACS Engine: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cognitec.com/facevacs-technology.html> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.

174. FaceReader: официальный сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.noldus.com/facereader> (дата обращения: 01.12.2021). – Текст: электронный.

175. Glusberg, B. Contact stresses in point frogs / B. Glusberg, V. Korolev, O. Lokteva, I. Shishkina // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 164. – P. 03034.

176. Goldenshluger, A. The Hough transform estimator. / A. Goldenshluger, A. Zeevi // The Annals of Statistics. – 2004. – Vol. 32. – No. 5. – P. 1908-1932.

177. ILO. Reporting on Disability. Guidelines for the media [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/@ed_emp/@ifp_skills/documents/publication/wcms_127002.pdf (дата обращения 19.02.2022). – Текст: электронный.

178. ILO. World Statistics [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ilo.org/moscow/areas-of-work/occupational-safety-and-health/WCMS_249276/lang--ru/index.htm (дата обращения 19.02.2022). – Текст: электронный.

179. Information tables [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.infotables.ru> (дата обращения 12.01.2022). – Текст: электронный.

180. Izard, C. E. Psychology of emotions / C. E. Izard / translated from English by A.M. Tatlybaeva. // Saint-Petersburg: Peter. – 2008. – 464 p.

181. Leontiev, A.N. Lectures on General Psychology / A.N. Leontiev // M.: Meaning, Academy. – 2010.

182. Loktev, A. Span operational aspects under offsetting the axis of the track panel / A. Loktev, V. Korolev, I. Shishkina, O. Lokteva, E. Gridasova // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 164. – P. 03037.

183. Loktev, A. Dynamic behavior model of the ballastless railroad track segment considering wave processes / A. Loktev, V. Korolev, I. Shishkina, O. Lokteva, V. Kuskov // E3S Web of Conferences. – 2020. – Vol. 164. – P. 03035.

184. Loktev, A.A. Analytical modeling of the dynamic behavior of the railway track on areas of variable stiffness / A.A. Loktev, Z.T. Fazilova, A.A. Zaytsev, N.L. Borisova // In: Petriaev A., Konon A. (eds) Transportation Soil Engineering in Cold

Regions. Vol.1. Lecture Notes in Civil Engineering, Springer, Singapore. – 2020. – Vol. 49. – P. 165-172.

185. Loktev, A.A. Analysis of methods for restoring the density distribution of random variables of assessing the condition of the railroad track according to the indicated values of the track recording car / A.A. Loktev, P.V. Sychev, V.G. Dmitriev, O.V. Egorova, V.A. Komkov, B.V. Boytsov // Asia Life Sciences. – 2019. – Vol. 28. – No. 1. – P. 111-124.

186. Loktev, D. Image processing of transport objects using neural networks / D. Loktev, O. Lokteva // E3S Web of Conferences, Topical Problems of Green Architecture, Civil and Environmental Engineering, TPACEE 2019. 2020. – Vol. 164. – P. 03036.

187. Loktev, D.A. Diagnostics of external defects of railway infrastructure by analysis of its images/ D.A. Loktev, A.A. Loktev // Proceedings – 2018 Global Smart Industry Conference, GloSIC 2018. – 2018. – P. 8570083.

188. Omae, K. Occupational exposure limits based on biological monitoring: the Japan society for occupational health / K. Omae, T. Takebayashi, H. Sakurai // International Archives of Occupational and Environmental Health. – 1999. – Vol. 72. – No. 4. – P. 271-273.

189. Oquab, M. Learning and transferring mid-level image representations using convolutional neural networks / M. Oquab, L. Bottou, I. Laptev, J. Sivic // Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. – 2014. – P. 1717-1724.

190. Ramer, U. An iterative procedure for the polygonal approximation of plane curves. / U. Ramer // Computer Graphics and Image Processing. 1972. – Vol. 1. – No. 3. – P. 244-256.

191. Rodzik, K. Recognition of the Human Fatigue Based on the ICAAM Algorithm / K. Rodzik, D. Sawicki // V. Murino and E. Puppo (Eds.): ICIAP 2015, Part II, LNCS 9280, 2015. – P. 373–382.

192. Ronneberger, O. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // arXiv preprint arXiv:1505.04597. 2015. – P. 1-8.

193. Sali, D. Kidney cancer and occupational exposure to asbestos: a meta-analysis of occupational cohort studies / D. Sali, P. Boffetta // Cancer Causes and Control. 2000. – Vol. 11. – No. 1. – P. 37-47.

194. Simonyan, K. Very deep convolutional networks for large-scale image recognition/ K. Simonyan, A. Zisserman // ICLR, 10 April 2015. arXiv:1409.1556.

195. Viola, P. Robust real-time face detection / P. Viola, M. J. Jones // International journal of computer vision. – 2004. – Vol. 57. – No. 2. – P. 137-154.