

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Московский государственный университет путей сообщения»

Императора Николая II (МГУПС (МИИТ))

На правах рукописи

Птушкина Любовь Викторовна

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ОТ НАЕЗДОВ
ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА ИНФРАСТРУКТУРЕ
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

05.26.01 – Охрана труда (транспорт)

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
кандидат технических наук,
профессор В.И. Жуков

Москва – 2017

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ЗОНЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ	11
1.1 Анализ статистических данных на основе методов математической статистики	11
1.2 Исследование проблемы травмирования пешеходов на железнодорожном транспорте.....	16
1.3 Теоретическая оценка возможности травмирования на пешеходных переходах.....	22
2 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГРАЖДАН НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ	29
2.1 Существующая система организационных и технических методов обеспечения безопасности.....	29
2.2 Обоснование требований к пешеходным переходам и действующей системе оповещения	40
2.3 Современные методы определения координаты подвижного состава.....	51
2.4 Выводы по главе 2.....	65
3 СИСТЕМНЫЕ ФАКТОРЫ ТРАВМАТИЗМА В ЗОНЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ.....	67
3.1 Психофизиологические особенности, определяющие поведение человека в зоне повышенной опасности.....	67
3.2 Обоснование системных факторов травматизма для пешехода с учетом специфических условий при переходе через железнодорожные пути.....	73

3.3 Исследование значимости системы оповещения на пешеходных переходах с учетом факторов опасности для пешехода	77
3.4 Выводы по главе 3	82
4 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГРАЖДАН В ЗОНЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ	83
4.1 Исследование показателей безопасного перехода через железнодорожные пути в одном уровне	83
4.2 Обоснование безопасных расстояний перехода через пути.....	90
4.3 Направления совершенствования систем обеспечения безопасности на пешеходных переходах.....	96
4.4 Выводы по главе 4.....	108
5 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ	109
5.1 Разработка устройства измерения скорости и определения времени приближения поезда к пешеходному переходу через железнодорожные пути .	109
5.2 Теоретическое моделирование прохождения высокочастотного сигнала по железнодорожному пути	115
5.3 Экспериментальные исследования параметров распространения высокочастотного сигнала по железнодорожному пути.....	122
5.4 Комплекс технических решений для безопасности населения на пешеходных переходах в условиях гололеда.....	129
5.5 Выводы по главе 5.....	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	138
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:	141
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	153

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Формирование надежной транспортной системы остается важным условием для устойчивого развития экономики, от состояния которой зависят возможности государства по выполнению таких важнейших функций, как защита национального суверенитета страны, ресурсной независимости и повышения глобальной конкурентоспособности.

В рамках реализации государственной политики по обеспечению безопасности населения страны в зоне движения поездов ОАО «РЖД» проводит большую работу совместно с федеральными органами по надзору в сфере транспорта, научно-исследовательскими организациями и отраслевыми университетами. Весьма важной задачей является снижение травмирования граждан в зоне ответственности железнодорожного транспорта.

В соответствии со ст. 21 п. 1 закона от 10 января 2003 г. № 17–ФЗ «О железнодорожном транспорте в Российской Федерации», железнодорожные пути общего пользования и железнодорожные пути необщего пользования, железнодорожные станции, пассажирские платформы, а также другие связанные с движением поездов и маневровой работой объекты являются зоной повышенной опасности. [1]

Несмотря на прилагаемые ОАО «РЖД» усилия, серьезной остается проблема производственного травматизма на территории объектов инфраструктуры, связанная с причинением вреда жизни или здоровью граждан.

Остроту проблемы подчеркивает тот факт, что в течение 2015 г. в зоне движения поездов травмировано более 2,8 тыс. человек, из них более 1,9 тыс. погибли. Проблема снижения травматизма граждан имеет как социальный, так и ощутимый экономический аспект. В 2015 году отмечен рост количества исков от граждан, травмированных в зоне движения поездов или их родственников, в результате чего прямые потери ОАО «РЖД» составили порядка 1,3 млрд.руб.

Этот факт определяет необходимость и важность разработки и практического применения научно обоснованных, социально ориентированных и экономически оправданных организационных и технических решений, направленных на принятие экстренных и достаточных мер по снижению травмирования граждан в зоне движения поездов. Сложившаяся ситуация обуславливает особую актуальность исследования существующей системы предупреждения несчастных случаев, определения и разработку комплексного решения проблемы травмирования граждан, повышение их безопасности в зоне ответственности железнодорожного транспорта.

В диссертации приведены результаты исследования проблемы непроизводственного травматизма в зоне движения поездов и основных факторов, оказывающих влияние на причины травмирования и гибели людей; рассмотрены направления совершенствования системы обеспечения безопасности граждан на инфраструктуре железнодорожного транспорта, включая конкретные технические решения.

Степень разработанности темы диссертационного исследования.

Проблема обеспечения безопасности работников железнодорожного транспорта, пассажиров и лиц из населения, пользующихся инженерно-техническими сооружениями железнодорожного транспорта актуальна, как в России, так и за рубежом. В нашей стране большой вклад в решение данной проблемы в разное время внесли такие ученые, как Аксенов В.А., Анисимов В.П., Васин В.К., Горнов О.Ф., Жуков В.И., Зальцман Г.К., Ищенко В.Н., Левин Б.А., Левицкий А.Л., Майоров И.М., Медведев В.И., Пономарев В.М., Харламов В.Ф., Чернов Е.Т., Шабалин Н.Н., Шевандин М.А., Ющенко Н.Р.

Спектр вопросов, которые приходится решать в рамках данной проблемы, требует углубленных теоретических и экспериментальных исследований. В данном направлении достигнут определенный прогресс в работах таких ученых как Анненков А.М., Бекасов В.И., Болотин В.И., Волков А.В., Выгнанова Т. М., Грибков О.И., Жуков В.И., Ерохин Ю.А., Колбут В.Р., Федосов В.Д.

Современный этап состояния проблемы обеспечения безопасности характеризуется появлением специфических видов транспорта, а именно

скоростного и высокоскоростного движения. Необходимо отметить, что ОАО «РЖД» проводится целенаправленная работа, для комплексного решения данной проблемы. В рамках этой программы МГУПС (МИИТ), по заказу Департамента охраны труда, промышленной безопасности и экологического контроля ОАО «РЖД», разработаны Технические требования к пешеходным переходам через железнодорожные пути, утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 23 декабря 2009 г. № 2655р., что позволило значительно снизить травматизм на пешеходных переходах. Однако, устранить проблему окончательно не удастся. Особую тревогу вызывает тот факт, что динамика снижения травматизма в местах, специально оборудованных для перехода, оказалась ниже ожидаемого уровня.

Перечисленные обстоятельства диктуют необходимость проведения дальнейших исследований в данной области и, в первую очередь, повышения уровня безопасности технических средств перехода через железнодорожные пути с использованием современных методов и инструментов анализа, экспериментальных и опытных исследований. Требуется комплексный подход к выявлению причин, побуждающих граждан нарушать правила безопасности, для разработки дальнейших рекомендаций по совершенствованию систем безопасности и средств защиты граждан от наезда подвижного состава.

Цель исследования – совершенствование систем обеспечения безопасности граждан в зоне движения поездов. Основной акцент работы сделан на комплексное исследование проблемы, учитывающее поведенческий стереотип людей в опасных зонах железнодорожного транспорта, разработку и применение новых эффективных технических решений по снижению травматизма.

Задачи исследования:

1. Системный анализ поведенческих стереотипов людей в зоне повышенной опасности железнодорожного транспорта.

2. Оценка эффективности существующей системы организационных и технических решений для обеспечения безопасности граждан в зоне движения поездов.

3. Разработка новых технических решений для повышения безопасности граждан на пешеходных переходах через железнодорожные пути и в местах пересечения железнодорожных путей служебными проходами.

4. Экспериментальное и теоретическое исследование факторов, влияющих на безопасность переходов граждан через железнодорожные пути.

5. Определение оптимальных параметров технических решений с учетом полученных результатов теоретических и экспериментальных исследований.

Научная новизна исследований.

1. Разработана и предложена методика определения безопасных расстояний при переходе граждан через железнодорожные пути.

2. Построены графо-аналитические модели поведения граждан при пересечении железнодорожных путей с использованием методов системного анализа.

3. Получены статистические закономерности для разработки систем обеспечения безопасности работников транспорта и населения в зонах перехода через железнодорожные пути.

4. Обоснованы параметры систем обеспечения безопасности при переходе граждан через железнодорожные пути на основании проведенных экспериментальных и теоретических исследований.

5. Обоснована возможность использования методов радиолокации по рельсам в системах оповещения.

Объектом исследования являются научные и методические основы повышения уровня безопасности человека в местах организованного перехода через железнодорожные пути общего и необщего пользования.

Предмет исследования – способы и средства защиты работников железнодорожного транспорта и населения от наездов подвижного состава с учетом влияния человеческого фактора.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в следующем:

1. Разработаны и одобрены к внедрению технические решения для пешеходных переходов через железнодорожные пути.
2. Разработана и предложена методика определения видимости приближающегося подвижного состава для различных условий.
3. Получены скорректированные оценки безопасного перехода граждан через железнодорожные пути в одном уровне.
4. В результате теоретических и экспериментальных исследований установлены параметры устройства для определения скорости движения поезда на участке приближения посредством передачи высокочастотного сигнала по рельсу.
5. Предложена система обогрева на пешеходных переходах через железнодорожные пути для обеспечения безопасности в зимних условиях.

Методология и методы исследования.

Решение поставленных задач основано на использовании статистической обработки данных и классического подхода для определения основных причин травматизма, информационно-аналитического метода исследования, теории риска, системного анализа травматизма, метода экспертных оценок.

Положения выносимые на защиту.

1. Система организационно-технических методов обеспечения безопасности населения и работников железнодорожного транспорта в зоне движения поездов.
2. Графическая модель причинно-следственных связей неблагоприятных факторов, влияющих на безопасность при переходе через железнодорожные пути.
3. Показатели безопасного перехода через железнодорожные пути.
4. Способы усовершенствования системы обеспечения безопасности пешеходов на переходах через железнодорожные пути.
5. Результаты теоретических и экспериментальных исследований принципа работы устройства регулирования безопасности на железнодорожных путях.

6. Обоснование применения системы электрообогрева на пешеходных переходах для повышения безопасности в условиях гололеда.

Степень достоверности обусловлена корректностью поставленных задач, обоснованностью принятых теоретических предположений, использованием современных методов и методик исследования, методов системного анализа и теории принятия решений; результатами теоретических и экспериментальных исследований с применением оборудования, прошедшего поверку и калибровку.

Личный вклад автора состоит:

1. В постановке цели и задач исследования.
2. В развитии теоретических представлений о поведенческих особенностях человека в зоне повышенной опасности.
3. В разработке технических решений для повышения безопасности работников железнодорожного транспорта и населения на пешеходных переходах при проследовании через железнодорожные пути.
4. В установлении оценки для выбора оптимальных параметров систем безопасности путем проведения теоретических и экспериментальных исследований.

Апробация работы. Основное содержание и результаты работы были представлены в виде докладов на научно-технических конференциях «Безопасность движения» 2012-2014 гг., международно-технической конференции «Актуальные вопросы науки и техники» г. Воронеж в 2014г., 2015г.; научно-практической конференции Актуальные проблемы социально-экономической и экологической безопасности Поволжского региона г. Казань 2016 г., на второй молодёжной конференции «Региональные проекты и программы в области интеллектуальной собственности глазами молодёжи» 2015 г. Зарегистрирован 1 патент на полезную модель в 2015 г.

Результаты исследований одобрены к внедрению и используются при обучении студентов бакалавриата направления 20.03.01 Техносферная безопасность МГУПС (МИИТ).

Публикации. Основные положения и результаты исследования опубликованы в 4 изданиях, рекомендованных ВАК Минобразования РФ, 7 работах, опубликованных по результатам конференций.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованных источников из 120 наименований, 4 приложений. Работа изложена на 176 страницах машинописного текста, содержит 73 рисунка, 20 таблиц.

1 ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОБЛЕМЫ НЕПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА В ЗОНЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

1.1 Анализ статистических данных на основе методов математической статистики

В целях выбора направлений совершенствования организационных и технических решений предупреждения наездов подвижного состава в первой главе проводится анализ статистических данных транспортных происшествий с причинением вреда жизни или здоровью людей на инфраструктуре железнодорожного транспорта, а также выявление основных причин травматизма. [2,3]

Работа по профилактике травматизма осуществляется ОАО «РЖД» с определенными результатами. В целом, уровень общего непроизводственного травматизма снижается и сокращается количество случаев с летальным исходом. Так в 2008 году зарегистрировано на 0,88% меньше травмированных и на 2,15% меньше смертельно травмированных граждан, чем в 2007 году, а в 2009 году – на 16,89% и 15,87% меньше, чем в 2008 году соответственно.

В 2012 году количество пострадавших при несчастных случаях в зоне движения поездов на сети железных дорог ОАО «РЖД» уменьшилось на 29,4% по сравнению с 2008 годом, а по сравнению с 2011-м – увеличилось на 1,3 %. [4]

В 2014 году на реализацию проекта "Предупреждение травматизма граждан на объектах инфраструктуры ОАО "РЖД" за 6 месяцев направлено около 276 млн. рублей. По сравнению с 2013 годом общее количество травмированных граждан сократилось почти на 13%, а количество погибших – почти на 9%. В течение 2015 года по сравнению с предыдущим годом количество пострадавших уменьшилось на 9,8% и на 10,2% число погибших. [5]

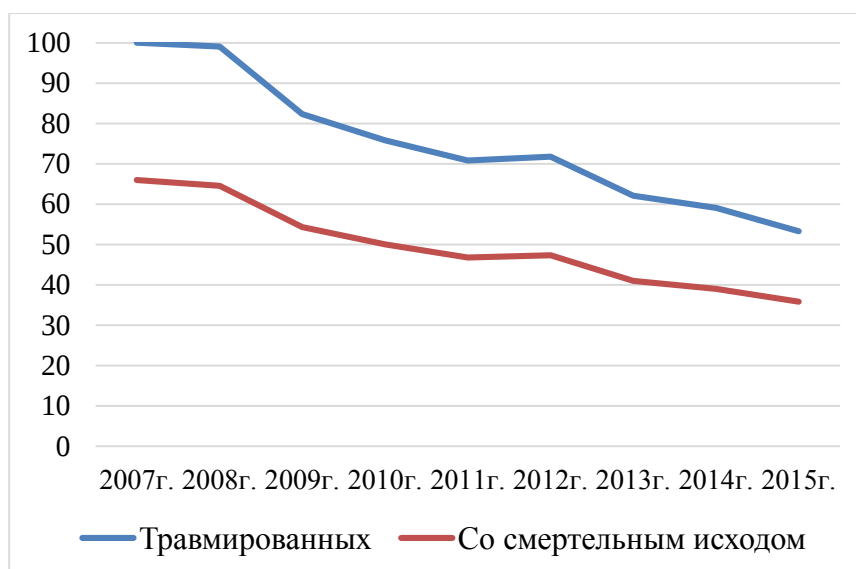


Рисунок 1.1 – Динамика общего и смертельного травматизма за период 2007-2015 гг.

Как показывает анализ, динамика показателей травматизма, представленных на рисунке 1.1, начиная с 2007 года имеет тенденции к снижению, однако общий уровень травмирования граждан на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта остаётся достаточно высоким, что подтверждает актуальность данного исследования.

Так как показатели непроизводственного травматизма – это случайные величины, а их взаимосвязь статистическая, их степень характеризует корреляционная статистическая зависимость, математической мерой которых служит коэффициент корреляции Пирсона. На графике представлена кривая эффекта с упорядоченными парами «количество погибших граждан» и «количество травмированных граждан» 2007-2015гг. Имеет место доказательство того, что количество травмированных граждан, в том числе со смертельным исходом, со временем уменьшается.

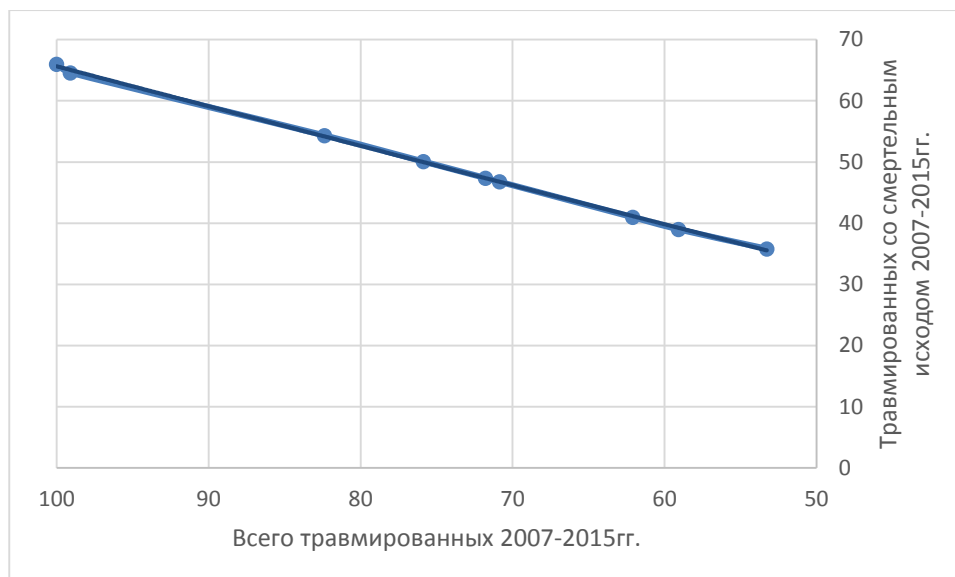


Рисунок 1.2—Кривая эффекта с упорядоченными парами «количество погибших граждан» и «количество травмированных граждан» 2007-2015г.г.

Из произведённых расчётов коэффициент корреляции $r_{xy}=0,998$. Качественная оценка тесноты связи величин x и y может быть выявлена на основе шкалы американского учёного Чеддока [6]: $0,1 < r_{xy} < 0,3$ — слабая; $0,3 < r_{xy} < 0,5$ — умеренная; $0,5 < r_{xy} < 0,7$ — заметная; $0,7 < r_{xy} < 0,9$ — высокая; $0,9 < r_{xy} < 1$ — весьма высокая.

Можно назвать эту степень коэффициента корреляции высокой. Таким образом, в паре «количество погибших» и «количество травмированных» существует очень высокая статистическая зависимость.

В 2015 году распределение числа пострадавших граждан в зависимости от типов поездов выглядит следующим образом:

- грузовыми – 34,7%;
- пригородными – 31,7%;
- пассажирскими – 16,9%;
- ССПС – 4,4%;
- маневровыми – 3,3%;

скоростными – 1,8% (рост по сравнению с 2014 годом – в 2,0 раза): на долю ЭВС «Сапсан» приходится 0,97%, «Аллегро» – 0,17%, «Ласточка» – 0,24%,

«Невский экспресс» – 0,1%, «Стриж» – 0,35%. 6,2% травмированы железнодорожным подвижным составом, тип которого не установлен.

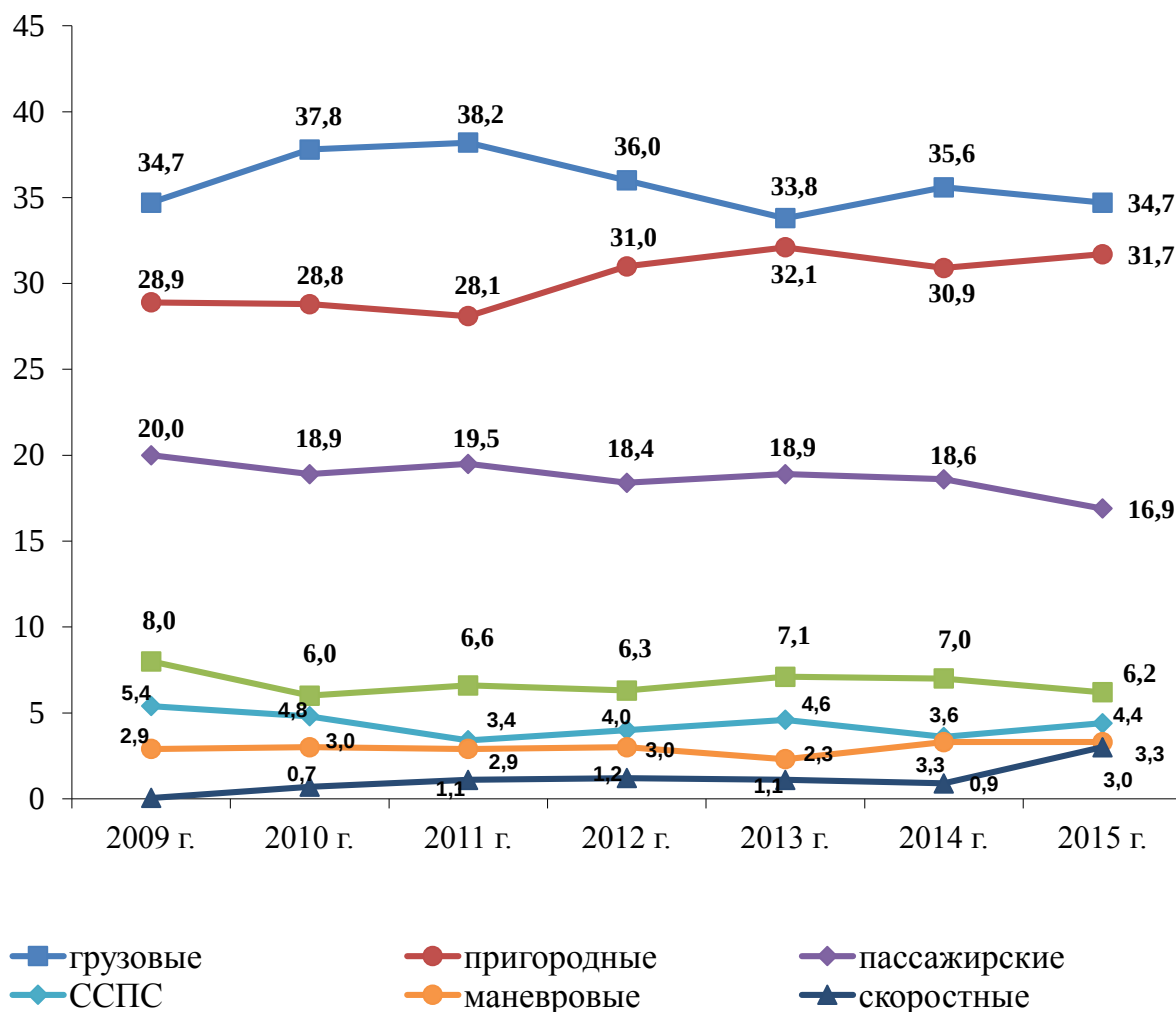


Рисунок 1.3 – Изменение доли травмированных граждан по типам поездов в период с 2009 по 2015 год (%).

При этом, следует отметить, что воздействие типов поездов на травмирование граждан существенно варьируется по регионам: на Московской железной дороге основная доля граждан пострадала от пригородных поездов, на Горьковской, Свердловской и Западно-Сибирской – от грузовых, на Октябрьской – примерно одинаково от грузовых и пригородных.

Скоростными поездами в 2015 г. травмировано 23,8% от всех пострадавших на участке движения скоростных поездов, что на 47% больше, чем в 2014 г., из них 23,6% - смертельно.

На участке Бусловская – Санкт-Петербург в 2015 году скоростными поездами было травмировано 26,3% от всех травмированных на участке, смертельно – 30,8% от всех смертельно травмированных на участке. На участке Москва – Санкт-Петербург количество пострадавших снизилось по сравнению с 2014 г. на 10%; скоростными поездами травмировано 29,4% от всех пострадавших на участке, из них смертельно – 29,2%.

На участке Москва – Нижний Новгород по сравнению с 2014 г. количество травмированных снизилось на 22,1% (участок Москва-Петушки – 77,5% от всех травмированных на участке Москва – Нижний Новгород; участок Петушки - Нижний Новгород – 22,5%), из которых 81,3% погибли (участок Москва-Петушки – 62,7%; участок Петушки – Нижний Новгород – 18,6%).

Следует отметить, что большинство случаев травмирования (65%) происходит во второй половине дня, с 12.00 до 24.00 ч., более трети происходит преимущественно в позднее вечернее время в период от 18.00 до 24.00 ч.

На ночные часы приходится до 14,0% всех травмированных, однако, если учесть число бодрствующих ночью, то интенсивность несчастных случаев получится выше.

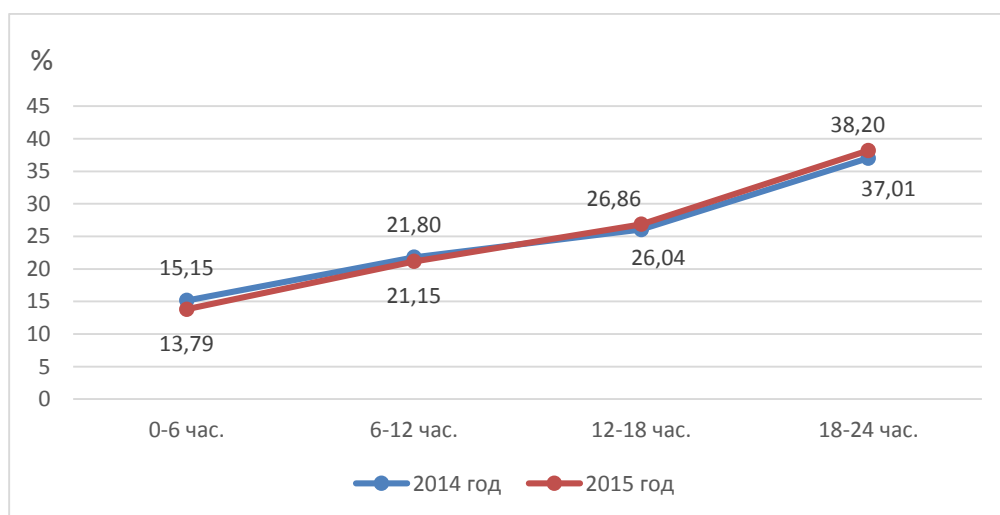


Рисунок 1.4 – Распределение количества травмированных граждан по времени суток происшествия в 2014 и 2015 гг. (%)

При анализе распределения инцидентов по сезонам года, можно отметить, что большее количество граждан травмируется в период массовых отпусков (лето – осень) – 51,5% от общего количества пострадавших.

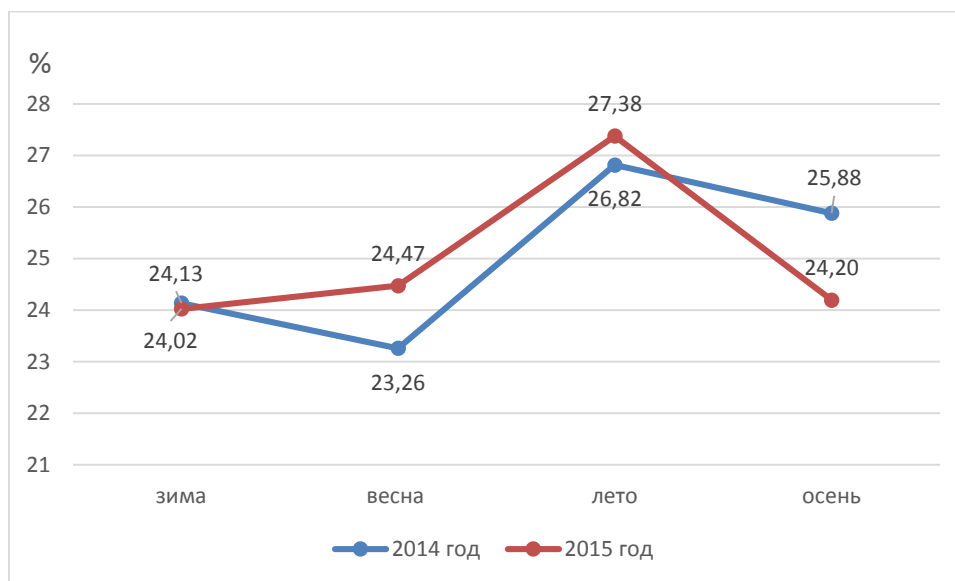


Рисунок 1.5 – Распределение количества травмированных граждан по времени года в 2014 и 2015 гг. (%)

Вместе с тем имеет место определенная равномерность частоты травмирования по временам года (порядка 24%) с некоторым увеличением летом. Кроме того, значительная часть пострадавших от наезда подвижного состава приходится на период с октября по март (48,5% от всех пострадавших), т.е. в период неблагоприятных метеорологических условий, когда снижаются видимость и слышимость, ухудшается состояние покрытия (пешеходных переходов, земляного полотна, железнодорожного полотна и т.п.). Среди месяцев в 2015 г. наиболее неблагоприятные – июль и август (9,53% и 9,29% пострадавших соответственно), затем частота случаев снижается, достигая минимума в сентябре (7,15% пострадавших). [5]

1.2 Исследование проблемы травмирования пешеходов на железнодорожном транспорте

Основной причиной травмирования граждан в 2015 году, как и во все предыдущие, остается хождение по путям в неустановленном месте перед

движущимся поездом – более 89,0% от общего количества пострадавших граждан. Другие причины – нахождение на пешеходном настиле во время движения поезда (7,7%), падение между вагоном и платформой (0,5%), попытка спрыгнуть с платформы или взобраться на нее в установленном месте (2,2% – рост по сравнению с 2014 г. в 2,7 раза).

На Московский транспортный узел (г. Москва и Московская область) Московской и Октябрьской железных дорог приходится 34,5% всех случаев, более чем треть. Особенностью этого региона является то, что на сравнительно небольшом пространстве имеет место высокая плотность населения, имеющего неоднородные демографические, социальные, экономические характеристики, существенные различия в состоянии здоровья. На путях перегонов в 2015 г. пострадало 54,0% от общего количества травмированных, на путях станций – 36,1%, в пределах пассажирских платформ – 9,9%.

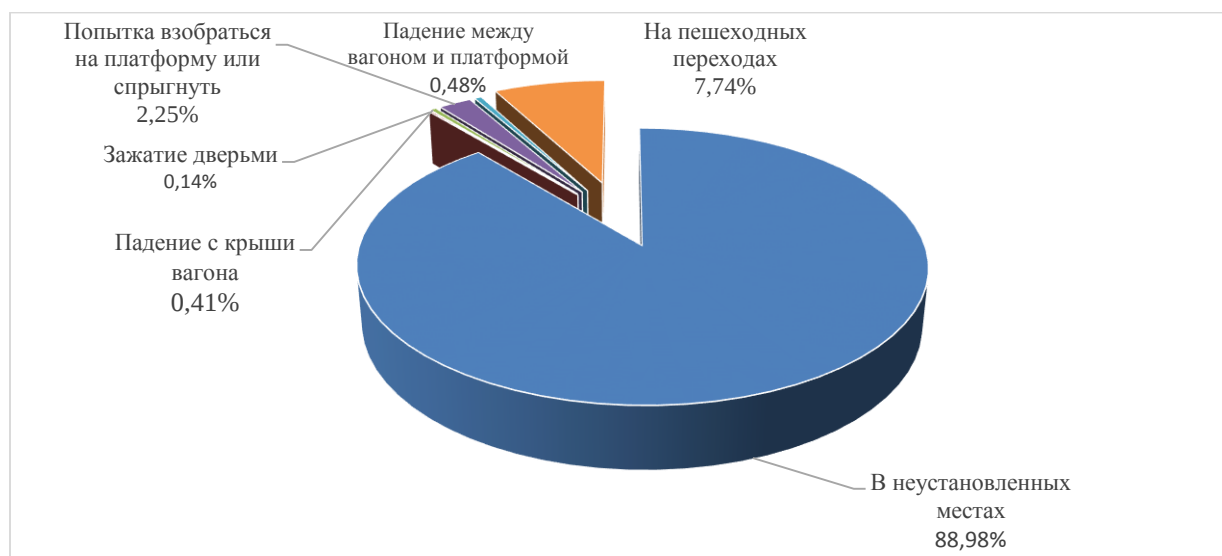


Рисунок 1.6 –Причины травмирования граждан в зоне движения поездов в 2015 г.

В 2014 году на Московской железной дороге зафиксировано на 8% меньше несчастных случаев, чем в 2013 году, и настолько же снижен уровень детского травматизма. Кроме того, на 10% снижено количество несчастных случаев в Московской области.

Наибольшее количество травмированных граждан составляют люди наиболее активного возраста – 26 – 45 лет. В 2015 г. распределение по возрасту пострадавших от наезда поездов выглядит следующим образом:

от 1 года до 7 лет включительно – 0,3% от общего количества травмированных;

от 8 до 18 лет включительно – 4,1%;

от 19 до 25 лет включительно – 9,3%;

от 26 до 45 лет включительно – 36,2%;

от 46 до 60 лет включительно – 18,5%;

старше 60 лет – 16,8%.

Не определён возраст у 14,9% пострадавших.

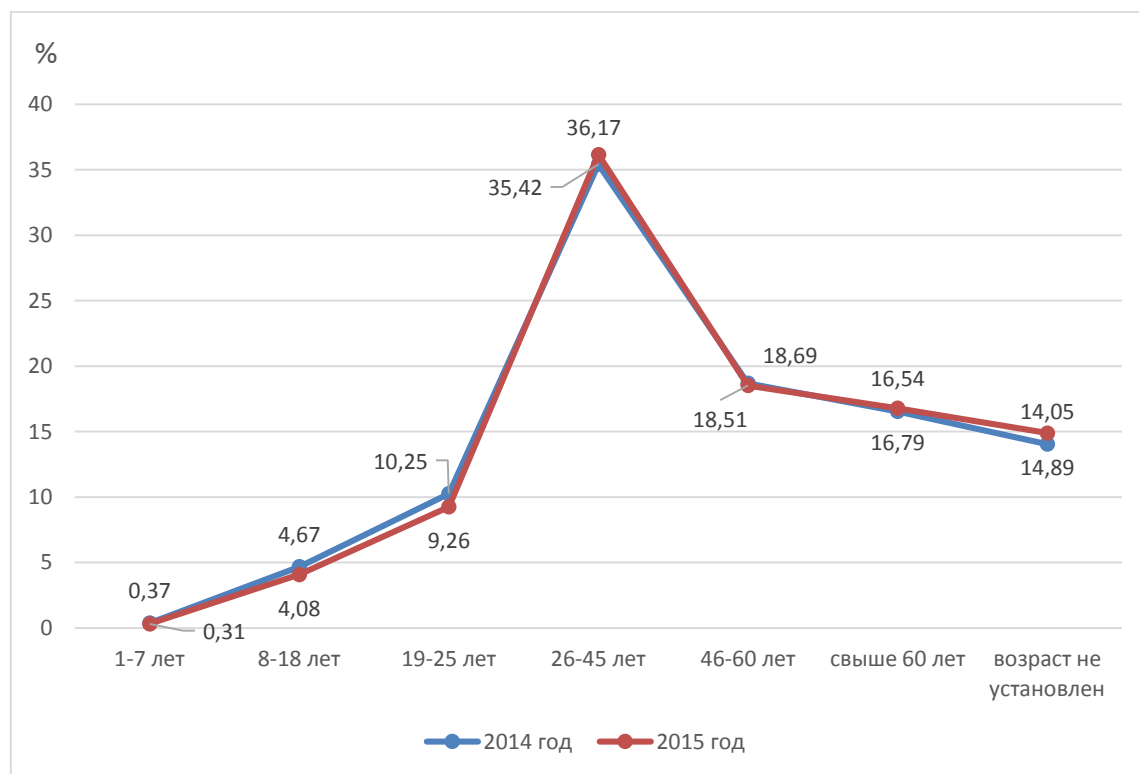


Рисунок 1.7 – Распределение количества травмирования граждан по возрасту в 2014 и 2015 гг. (%)

Дети в возрасте от 1 года до 7 лет страдают, в основном, по вине взрослых – либо были оставлены без присмотра, и, имея более низкую массу тела, первыми попадают под воздействие воздушной волны от проходящего железнодорожного состава, либо вместе с взрослыми вынужденно нарушали правила поведения на

железной дороге. Для определения основных направлений профилактических мероприятий, необходимо комплексное исследование проблемы детского травматизма.

В 2015 году количество травмированных детей в возрасте до 18 лет в сравнении с 2014 годом снизилось на 21,6%, из которых погибло 56,7% (на 15,4% меньше, чем в 2014 г.). Мальчиков – 62,9%. В групповых случаях пострадало более чем в два раза меньше детей и подростков, чем в 2014 г.

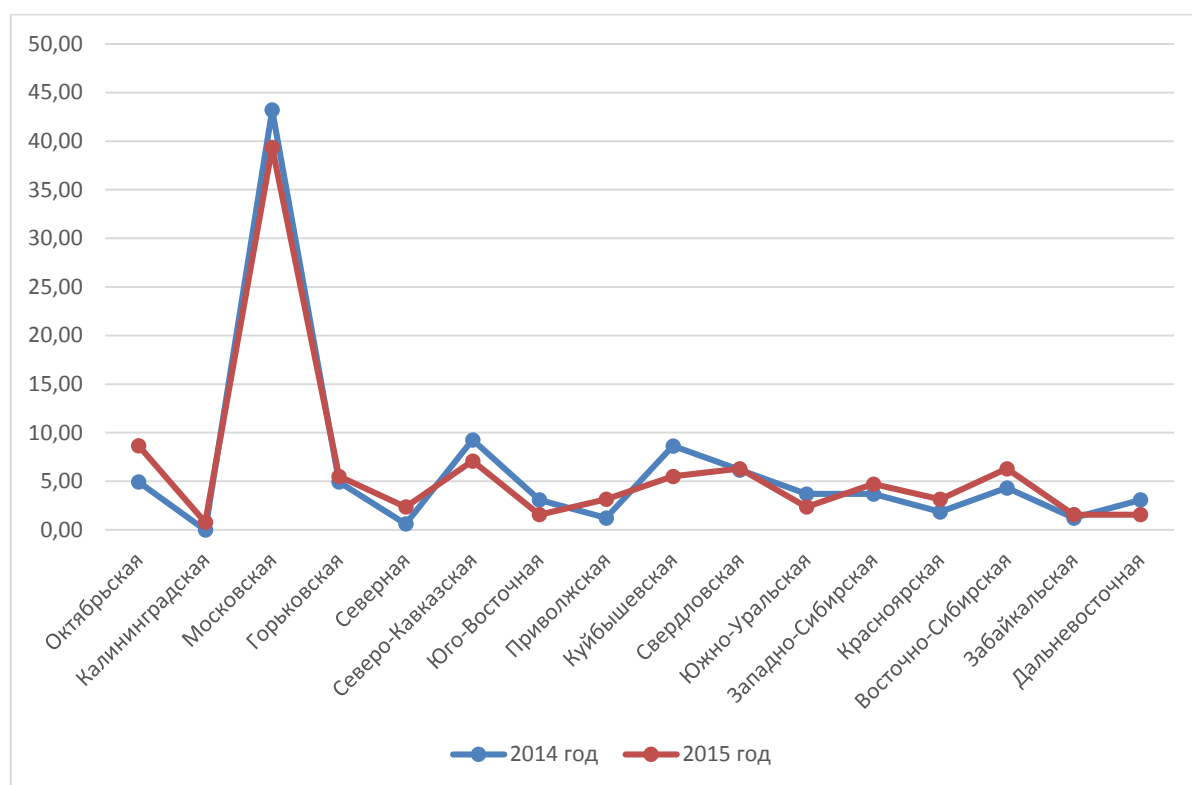


Рисунок 1.8 – Количество травмированных детей в возрасте до 18 лет в 2014 и 2015 гг. (%)

В 2014 году количество травмированных детей в возрасте до 18 лет в сравнении с 2013 годом снизилось на 2,4%, из которых погибло 59,9% (+2,4%). В групповых случаях пострадало 16% детей и подростков, из них 65,4% погибли. Травмирование несовершеннолетних произошло по следующим причинам (рисунок 1.9):

- проход (переход) по железнодорожным путям в несанкционированных местах – 80,9% от общего количества травмированных детей;
- переход по пешеходному переходу при приближении подвижного состава – 13,0%;
- нахождение на крыше вагона (падение с него) – 2,5% (среди молодёжи набирает популярность занятие, так называемым, «зацепингом»);
- попытка взобраться на платформу или спрыгнуть с нее – 2,5%.

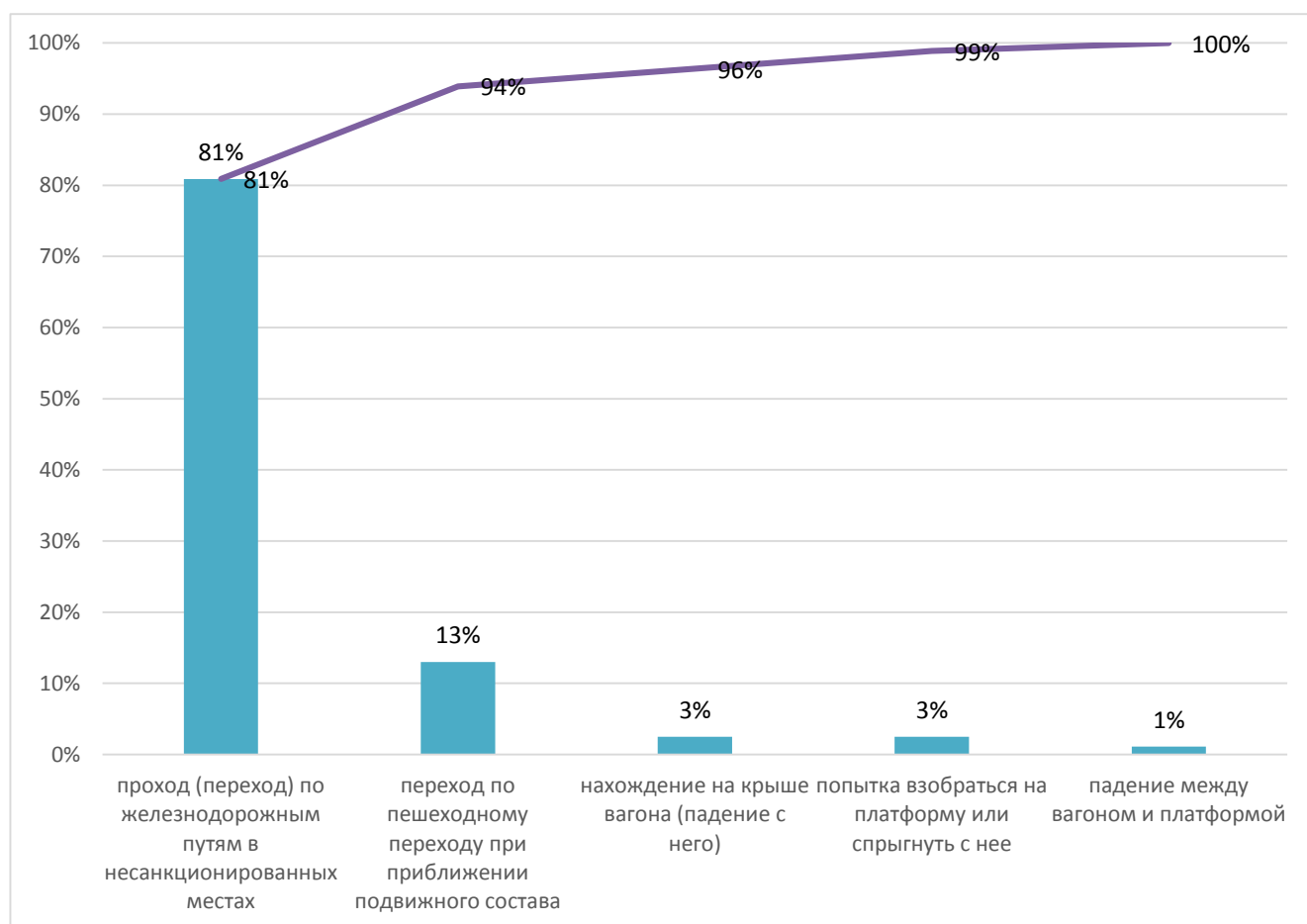


Рисунок 1.9 – Причины травмирования несовершеннолетних в 2014 г.

Для принятия правильных решений, направленных на уменьшение несчастных случаев с несовершеннолетними, необходимо провести доскональный анализ факторов и причин, вызывающих данную проблему с последующим внесением корректирующих изменений в процесс

профилактических мероприятий. Проблема визуализируется при отображении причинно-следственных связей.

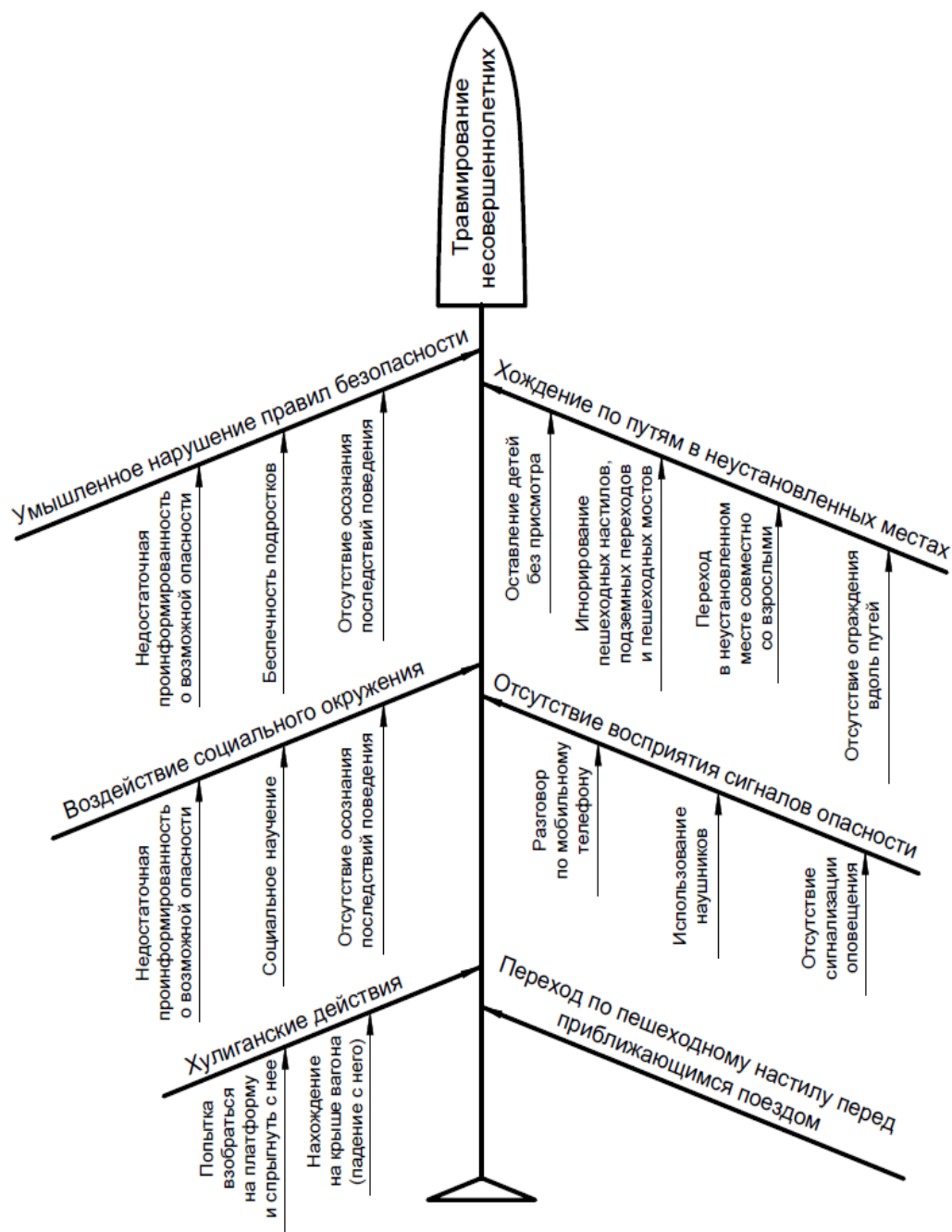


Рисунок 1.10 – Факторы причинно-следственных связей возникновения случаев детского травматизма

Согласно распоряжению ОАО «РЖД» от «02» июня 2009 г. № 1150р, диаграмма Исикавы предназначена для определения и структурирования причинно-следственных связей между объектом анализа и влияющими на него факторами. Применение диаграммы Исикавы к широкому кругу объектов и задач и является важным методом для решения проблем в области

безопасности, что позволяет правильно направить усилия для достижения поставленных целей.

Согласно диаграмме, несчастные случаи с несовершеннолетними происходят, как по вине взрослых, так и в результате беспечности и хулиганских поступков. В любом случае – это грубое нарушение правил нахождения на железной дороге: хождение по железнодорожным путям в неустановленных местах; игнорирование пешеходных настилов, подземных переходов и пешеходных мостов; прослушивание музыки в наушниках или разговор по мобильному телефону; что может помешать возможности услышать сигналы, подаваемые локомотивной бригадой поезда и системами оповещения.

1.3 Теоретическая оценка возможности травмирования на пешеходных переходах

Несмотря на снижение общего уровня травматизма, в 2014 году, наблюдалась тенденция к росту случаев травмирования граждан на пешеходных переходах. При анализе материалов служебных расследований установлено, что ежегодно наибольшее количество граждан травмируется грузовыми и пригородными поездами (рисунок 1.11). [5]

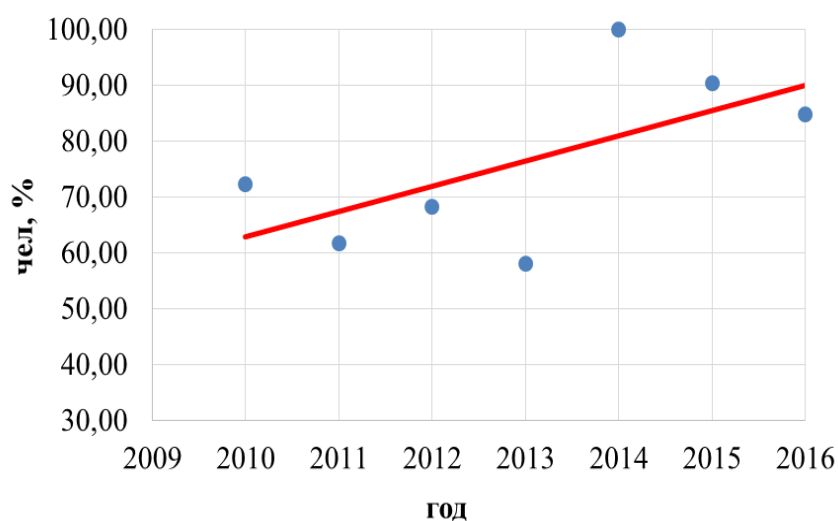


Рисунок 1.11 – Статистический анализ травматизма на пешеходных переходах за период 2010-2016 гг. (%)

Задачей оценки возможности травмирования является получение необходимой объективной информации для предотвращения или снижения травматизма пешеходов при переходе железнодорожных путей. С целью получения достоверной информации и проведения необходимого анализа для принятия обоснованных решений проблемы, необходимо провести оценку риска травматизма на пешеходных переходах.

На Московский транспортный узел – Московской и Октябрьской железных дорог приходится 34,5% всех случаев. По сравнению с 2013 годом их количество увеличилось на 1,9%, из них 77,4% – со смертельным исходом (+13,9%). Произошло на 80% больше, чем в 2013 году, случаев группового травмирования, в результате которых пострадало на 90% больше человек, из них 68,4% смертельно. На пешеходных переходах число травмированных не изменилось, но погибло на 22,2% больше людей, чем в 2013 году (таблица – 1).

Таблица 1.1– Анализ травматизма на пешеходных переходах МЖД

Место происшествия	Количество случаев непроизводственного травматизма, %	
	n_0	n_d
На путях перегонов	57,14	41,90
На путях станций	26,98	19,68
В пределах пассажирских платформ	15,88	11,75
Всего	100	73,33

По статистическим данным выполнен анализ непроизводственного травматизма на пешеходных переходах по объектам инфраструктуры за 2013 – 2014 годы. Произведен расчёт коэффициента тяжести травматизма (R_d), который определяется отношением количества несчастных случаев со смертельным исходом к общему количеству травмированных граждан транспортным средством в конкретном месте происшествия.

Коэффициент тяжести травматизма рассчитывается по формуле:

$$R_{\text{л}} = \frac{n_{\text{л}}}{n_0}, \quad (1.2)$$

где $R_{\text{л}}$ – коэффициент тяжести травматизма,

$n_{\text{л}}$ – количество случаев со смертельным исходом,

n_0 – общее количество травмированных.

Следует считать, что коэффициент тяжести травматизма имеет наибольшее значение для случаев на пешеходных переходах МЖД в пределах пассажирских платформ $R_{\text{л}}=0,74$. Иными словами 74% случаев из числа травмированных граждан 2013–2014 гг. заканчивались летальным исходом.

Таблица 1.2 – Распределение производственного травматизма на пешеходных переходах МЖД по объектам инфраструктуры

Место происшествия	Количество случаев производственного травматизма	
	% к итогу	$R_{\text{л}}$
На путях перегонов	57%	0,733
На путях станций	27%	0,729
В пределах пассажирских платформ	16%	0,74
Всего	100%	0,74

Известна модель оценки риска травматизма пешеходов на одноуровневых пешеходных переходах третьей категории через двухпутные участки железной дороги. Процесс рассматривается на примере данных о двух железнодорожных станциях, находящихся на пути следования высокоскоростных поездов.

Описание исследуемых объектов:

- двухпутный участок железной дороги для движения высокоскоростных поездов;
- железнодорожная станция 1 с небольшим пассажиропотоком;
- железнодорожная станция 2 с большим пассажиропотоком;
- пешеходный переход третьей категории, не оборудованный автоматической системой оповещения.

Процессы появления и действия дестабилизирующих факторов могут быть представлены в виде стационарных случайных потоков взаимно неперекрывающихся во времени импульсов – рисунок 1.12, где:

$X_n(t)$ – случайный импульсный поток, представляющий движение пешеходов по переходу;

τ_n – средняя длительность импульсов, равная среднему времени пребывания хотя бы одного пешехода на переходе ;

T_n – средняя длительность случайных интервалов между моментами начала двух соседних импульсов равная среднему времени между движениями пешеходов по данному переходу;

$X_1(t)$ – случайный импульсный поток, представляющий движение поездов по одному пути;

τ_1 – средняя длительность импульсов, равная среднему времени пересечения поездом, идущим по одному пути перехода;

T_1 – средняя длительность случайных интервалов между моментами начала двух соседних импульсов равная среднему времени между подходами поездов, идущих по одному пути к данному переходу;

$X_2(t)$ – случайный импульсный поток, представляющий движение поездов по второму пути;

τ_2 – средняя длительность импульсов, равная среднему времени пересечения поездом идущим по второму пути перехода;

T_2 – средняя длительность случайных интервалов между моментами начала двух соседних импульсов равная среднему времени между подходами поездов, идущих по второму пути к данному переходу;

$X_{on}(t)$ – случайный импульсный поток совпадений, представляющий собой случайный поток опасных событий наезда поезда на пешехода на одноуровневом пешеходном переходе через железнодорожные пути.

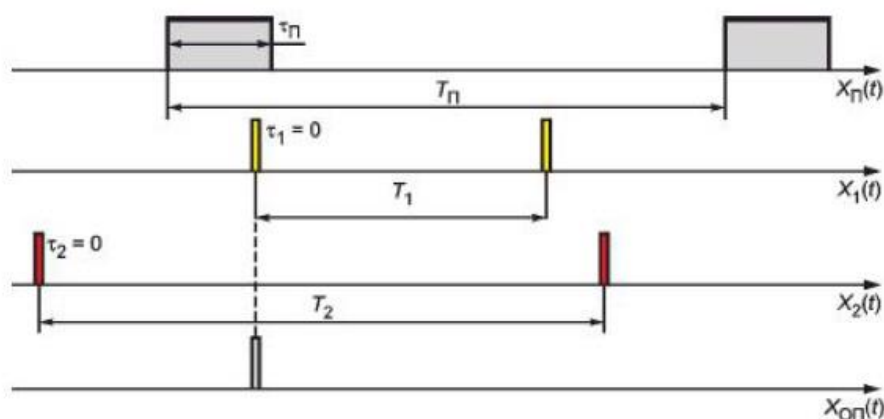


Рисунок 1.12 – Модель риска травматизма пешеходов на пешеходном переходе на двухпутном участке железной дороги

При решении задачи о совпадениях импульсов из разных потоков в соответствии с моделью, приведенной на рисунке 1.12, сначала определяют среднюю частоту совпадения импульсов трех потоков (потока движения пешеходов по пешеходному переходу и потоков движения поездов по двухпутному участку железнодорожного пути), которая является средней частотой (интенсивностью) опасных ситуаций на пешеходных переходах при условии, что пешеход игнорирует все средства предупреждения о приближении поезда.

Амплитуда импульсов во всех рассматриваемых потоках $X(t)$, $X_n(t)$ и $X_{оп}(t)$ принята равной единице.

Длительность импульса совпадения не включена в модель, так как необходимо учитывать только факт совпадения импульсов, что соответствует факту наезда поезда на пешехода.

Формула расчета интенсивности наезда поезда на пешехода на двухпутном железнодорожном участке при условии, что частота следования и скорости движения поездов на обоих путях одинаковы (т.е. $T_1=T_2=T$, $\tau_1=\tau_2=\tau$), имеет следующий вид:

$$\lambda_{оп.н.}(2) = \frac{2(\tau+2\tau n)(1-P_n)}{T(Tn-\tau n)}, \quad (1.3)$$

где P_n – вероятность того, что пешеход правильно отреагирует на предупреждающие знаки, сигналы, приближение поезда.

вероятность возникновения травматизма пешехода на одноуровневом переходе в течение времени t :

$$Q_{\text{оп.н}}(t) = 1 - \exp \left[-\frac{2(\tau + 2\tau_{\text{п}})(1 - P_{\text{п}})}{T(T_{\text{п}} + \tau_{\text{п}})} t \right]. \quad (1.4)$$

Рассматривается два типа исходов:

- жертва или травма;
- отсутствие жертвы или травмы.

Значения вероятностей исходов определяется по правилам построения дерева событий: вероятность исхода по каждой ветви равна произведению условных вероятностей по каждому узлу. Анализ интенсивности приведен с использованием метода анализа риска Tvent Tree Analysis (ETA)– анализ дерева событий. При построении дерева событий учтены защитные меры на пешеходном переходе. При расчетах событий принимается, что по экспертным данным 5% пешеходов не оценивают опасность приближения поезда, 10% пешеходов неверно оценивают опасность (считают, что успеют перейти перед приближающимся поездом и др.).

Опасные ситуации, как правило, возникают вследствие маловероятного совпадения нескольких факторов, каждый из которых в отдельности не вызывает опасной ситуации, но может служить источником ее появления.

Общая вероятность наступления типа исходов рассчитывают, как сумму всех вероятностей наступления каждого исхода данного типа, и она представляет собой множитель $(1 - P_{\text{п}})$ из формулы 1.3. [9,10,11]

Данная модель подробно описывает вероятность наезда подвижного состава на пешехода только на пешеходном переходе через железнодорожные пути, без учета социальной модели и поведенческих особенностей человека, связанных с психофизиологическим и эмоциональным состоянием.

На основании теоретических исследований видно, что вопрос обеспечения безопасности в зоне движения поездов необходимо рассматривать с применением существующих систем безопасности и разрабатывать новые, что будет представлено в работе. Особое внимание уделено организации

безопасности в местах организованного перехода через железнодорожные пути в одном уровне с головками рельсов.

1.4 Выводы по главе 1

1. Рассмотрены статистические данные и основные причины травмирования граждан в зоне ответственности железнодорожного транспорта, в том числе детского травматизма. Исследования показали, что за год количество пострадавших уменьшилось на 9,8% и на 10,2% число погибших, однако показатели остаются высокими.
2. Использование методов математической статистики и инструментов анализа позволило установить, что случаи наезда вызываются повторяющимися причинами, при которых человек нарушает правила и требования собственной безопасности.
3. Установлено, что коэффициент тяжести травматизма имеет наибольшее значение для случаев непроизводственного травматизма на пешеходных переходах МЖД в пределах пассажирских платформ $R_{л}=0,74$. Иными словами 74% случаев из числа травмированных граждан 2013–2014 гг. заканчивались летальным исходом.
4. В процессе оценки риска травмирования пешеходов на двух одноуровневых пешеходных переходах третьей категории через двухпутные участки железной дороги выявлена необходимость оборудования системой автоматической сигнализации и важность подробной оценки воздействия факторов травматизма.

2 АНАЛИЗ ТЕХНИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННЫХ РЕШЕНИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГРАЖДАН НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

2.1 Существующая система организационных и технических методов обеспечения безопасности

Обеспечение безопасности граждан в зоне ответственности железнодорожного транспорта является важным вопросом как внутри отрасли, так и на государственном уровне.

Приказом Министерства транспорта РФ от 08 февраля 2007 года № 18 утверждены «Правила нахождения граждан и размещения объектов в зонах повышенной опасности, выполнения в этих зонах работ, проезда и перехода через железнодорожные пути» [14]. Согласно правилам железнодорожные пути общего пользования и железнодорожные пути необщего пользования, железнодорожные станции, пассажирские платформы, а также другие, связанные с движением поездов и маневровой работой объекты железнодорожного транспорта являются зонами повышенной опасности и при необходимости могут быть огорожены за счет средств владельцев инфраструктур (владельцев железнодорожных путей необщего пользования).

С целью обеспечения безопасного нахождения граждан в зонах повышенной опасности владельцами инфраструктур разрабатываются, планируются, организуются и проводятся необходимые мероприятия, позволяющие:

- реализовать возможность размещения объектов с учетом соблюдения условий, обеспечивающих безопасное нахождение граждан, пользующихся услугами железнодорожного транспорта;
- выполнять работы в соответствии с законодательством Российской Федерации; иметь достаточное количество мест, оборудованных

информационными знаками, для проезда и перехода через железнодорожные пути.

Непроизводительный травматизм является одним из направлений деятельности Департамента охраны труда, промышленной безопасности и экологического контроля ОАО «РЖД». Анализ, исследование, организация и проведение работ по профилактике непроизводительного травматизма на железнодорожном транспорте осуществляется подразделениями аппарата управления ОАО «РЖД», железными дорогами и их структурными подразделениями [15], [16], [17].

В настоящее время для рассмотрения состояния дел с непроизводительным травматизмом создаются:

1) в аппарате управления ОАО «РЖД» – постоянно действующая комиссия по непроизводительному травматизму под председательством вице-президента;

2) в органах управления железных дорог и регионах – постоянно действующие комиссии по непроизводительному травматизму под председательством главных инженеров железных дорог, в состав которых входят начальники служб (отделов, секторов) железных дорог. Заседание указанных комиссий проводится не реже раза в квартал;

3) на железнодорожных станциях – постоянно действующие комиссии по непроизводительному травматизму под председательством начальников железнодорожных станций с участием руководителей структурных подразделений железных дорог, расположенных в пределах территорий железнодорожных станций. Заседание указанных комиссий проводится не реже одного раза в месяц.

Проверки организации работы по профилактике непроизводительного травматизма, проведения служебного расследования и учёта случаев травмирования (гибели) граждан проводятся в соответствии с разрабатываемым проверяющими перечнем вопросов, подлежащих проверке.

Результаты проверок оформляются актом произвольной формы, в котором отражаются состояние дел с непроизводственным травматизмом, выявленные недостатки и оценка организации работы по профилактике непроизводственного травматизма, проведения служебного расследования и учёта случаев травмирования (гибели) граждан, и обсуждаются на заседаниях соответствующих комиссий по непроизводственному травматизму. Обработка статистических данных травматизма проводится согласно схеме (рисунок 2.1)



Рисунок 2.1 – Схема обработки статистических данных и материалов по травматизму

По результатам проверок организации работ по профилактике непроизводственного травматизма, проведения служебного расследования и учета случаев травмирования (гибели) граждан, анализируются основные причины травматизма, затем проверяемые подразделения аппарата управления ОАО «РЖД» и железных дорог разрабатывают планы организационно-

технических мероприятий по устранению выявленных недостатков и совершенствованию деятельности по предупреждению случаев травмирования.

Зачастую, исключить появление человека в зоне движения поездов является невозможным, поэтому необходимо максимально уменьшить вероятность возникновения случая травмирования, путём проведения организационных и технических мероприятий (рисунок 2.2).

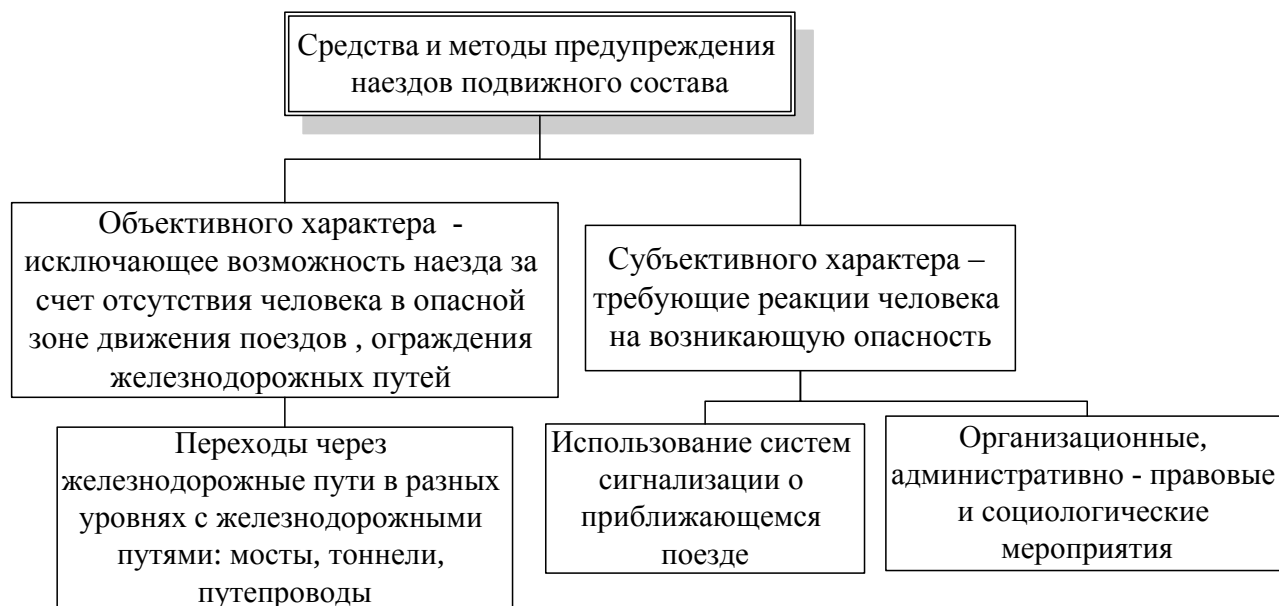


Рисунок 2.2 – Средства и методы предупреждения наездов подвижного состава

Лица, нарушающие правила поведения в зоне повышенной опасности [14], несут ответственность, предусмотренную законодательством Российской Федерации.

Осуществляется сотрудничество с ГУТ МВД России. В 2015 году эта работа проводилась в соответствии с Планом проведения межведомственных мероприятий по профилактике травматизма граждан на объектах инфраструктуры ОАО «РЖД», в котором особое место уделено профилактике детского травматизма. В целях пресечения хождения граждан в неустановленных местах на станциях и перегонах совместно с работниками линейных отделов полиции проведено более 44 тыс. рейдов, задержано за

хождение по путям в не установленном месте более 137 тыс. человек, из них оштрафовано более 12 тыс. чел.

Для предупреждения подобных случаев в ОАО «РЖД» предпринимаются меры. Организуется работа в СМИ, совместно с работниками ОВДТ проводятся рейды по выявлению и задержанию «зацеперов». Работникам локомотивных бригад при отправлении с остановочных пунктов предписано осматривать крышу поезда, а в пути следования обращать внимание на встречные поезда. В случае обнаружения человека на сцепках или на крышах информация передается дежурным.

В настоящее время при производстве новых пассажирских вагонов или проведении капитального ремонта старых применяется ряд технических решений, нацеленных на повышение безопасности и затрудняющих возможность проезда пассажиров снаружи подвижного состава. Данные решения включают в себя:

- установку автоматических дверей прислонно-сдвижного типа для предотвращения зажатия пассажиров между ними и открытия их пассажирами во время движения;
- установку окон с откидными форточками или без них вместо выдвижных для предотвращения высывания и вылезания пассажиров в окна;
- применение в междвагонных переходах поездов постоянного формирования «суфле» переходной площадки вместо резиновых уплотнителей;
- установку на новом подвижном составе минимального числа поручней и подножек либо предусмотрение возможности их снятия.

В местах, где обстановка требует постоянного напоминания гражданам о возможной опасности и запрещения определенных действий устанавливаются знаки безопасности. Совместно с Департаментом корпоративных коммуникаций разработаны два новых знака «Переходить через пути в капюшоне опасно!», «Переходить через пути в наушниках опасно!».

Распоряжением ОАО «РЖД» от 29.12.2015 № 3122р утвержден «Каталог единой системы знаков безопасности для предупреждения случаев травмирования граждан на объектах инфраструктуры ОАО «РЖД».

Проводятся организационные мероприятия с несовершеннолетними. Во время мероприятий железнодорожники посещают учебные заведения, проводят с детьми лекции и беседы, раздают наглядные памятки, буклеты, закладки, пазлы, содержащие элементарные правила поведения на железной дороге, демонстрируют видеоролики на тему безопасности на объектах железнодорожной инфраструктуры, ежегодно проводятся месячники. Совместно с сотрудниками полиции регулярно организовываются специальные рейды, направленные на пресечение нарушений. Кроме того, железнодорожники используют новый подход по работе со школьниками – организация специальных экскурсий на территории железнодорожных станций. Особенно действенным является изучение правил безопасного поведения на железнодорожном транспорте.

Такой формат работы позволяет наглядно показать, что железная дорога является зоной повышенной опасности.

В 2015 году Компания активно работала со Следственным Комитетом, Прокуратурой, МВД, Минтрансом, Минобрнауки, Минздравом и др. Были направлены предложения по изменению в нормативные правовые акты в Государственную Думу. Разработан и утверждён комплексный план мероприятий, направленных на повышение уровня безопасности граждан при нахождении на объектах железнодорожного транспорта на 2015-2016 гг. (от 10.09.2015 № 403). План разработан во исполнение поручения президента ОАО «РЖД» Белозёрова О.В.

Осуществляется взаимодействие с федеральными законодательными и исполнительными органами власти, разработан план реализации основных направлений взаимодействия Комитета Совета Федерации по экономической политике и ОАО «РЖД», принимали участие в работе Межведомственной рабочей группы при Московской межведомственной транспортной

прокуратуре, на полигонах дорог созданы межведомственные комиссии по профилактике непроизводственного травматизма, выполняются организационно-технические мероприятия, проводятся масштабные акции по предупреждению детского травматизма.

Приказом Минтранса от 13.07.2015 № 215, в соответствии с обращениями ОАО «РЖД», узаконена норма, которая предусматривает запрет на нахождение граждан в неустановленных местах в зонах движения поездов, а также проход по пешеходным переходам через железнодорожные пути при запрещающем сигнале светофора. На инициативу ОАО «РЖД» Минобрнауки организована работа по внесению в примерные основные образовательные программы общего образования в части изучения безопасного поведения на железнодорожном транспорте. В настоящее время программы размещены в реестре примерных основных образовательных программ и на официальном сайте Минобрнауки.

Результат может принести только объединение усилий ОАО «РЖД», государственных и местных органов управления, а также других заинтересованных организаций, в том числе государственных, частных, общественных, с внесением изменений в законодательство.

Наряду с организационными, проводятся технические мероприятия по снижению травматизма на инфраструктуре железных дорог, а именно:

- содержание в исправном состоянии пассажирских платформ и объектов железнодорожного транспорта;
- строительство пешеходных дорог, ведущих к железнодорожным станциям, пешеходных мостов, тоннелей;
- недопущение выпуска в рейс железнодорожного подвижного состава, имеющего неисправности, угрожающие безопасности движения, а также жизни и здоровью граждан;
- очистка объектов железнодорожного транспорта общего пользования от посторонних предметов, снега и льда;
- установка предупредительных сигналов, обеспечение подачи звуковых и световых сигналов локомотивными бригадами для предотвращения случаев травмирования граждан;

- приведение в надлежащее состояние в соответствии с требованиями служебных проходов и пешеходных переходов через железнодорожные пути в одном уровне, оборудование сигнализацией оповещения.

В 2015 г построено 57,0 км ограждения зоны движения поездов, 67 пешеходных переходов, оснащенных световой и звуковой сигнализацией. На реализацию проекта затрачено 887,0 млн. руб.

Для оповещения в зоне движения поездов используются различные варианты автоматических систем. В настоящее время специалистами МГУПС и Московской железной дороги разработаны устройства оповещения о приближении подвижного состава при работе на перегонах, которые подробно рассмотрены в работах [17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26]. Данные устройства тесно увязаны с действующими системами автоблокировки и максимально используют их зависимости, аппаратуру и источники питания. Устройства оповещения обеспечивают автоматическое включение оповещения о приближении поезда на заданном расстоянии к месту работ, обладают высокой надежностью и помехозащищенностью, работоспособны в любых погодных и эксплуатационных условиях, имеют постоянный контроль исправности системы и переводят устройство в режим оповещения при различных неисправностях.

С 2015 г. приказом Минтранса России N 206 от 06.07.2015 в действие введен свод правил «Системы информирования пассажиров, оповещения работающих на путях и парковой связи на железнодорожном транспорте» СП 239.1326000.2015, разработанный Институтом по проектированию сигнализации, централизации, связи и радио на железнодорожном транспорте "Гипротранссигналсвязь" - филиалом ОАО "Росжелдорпроект", Открытым акционерным обществом "Научно-исследовательским и проектно-конструкторским институтом информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте" (ОАО "НИИАС").

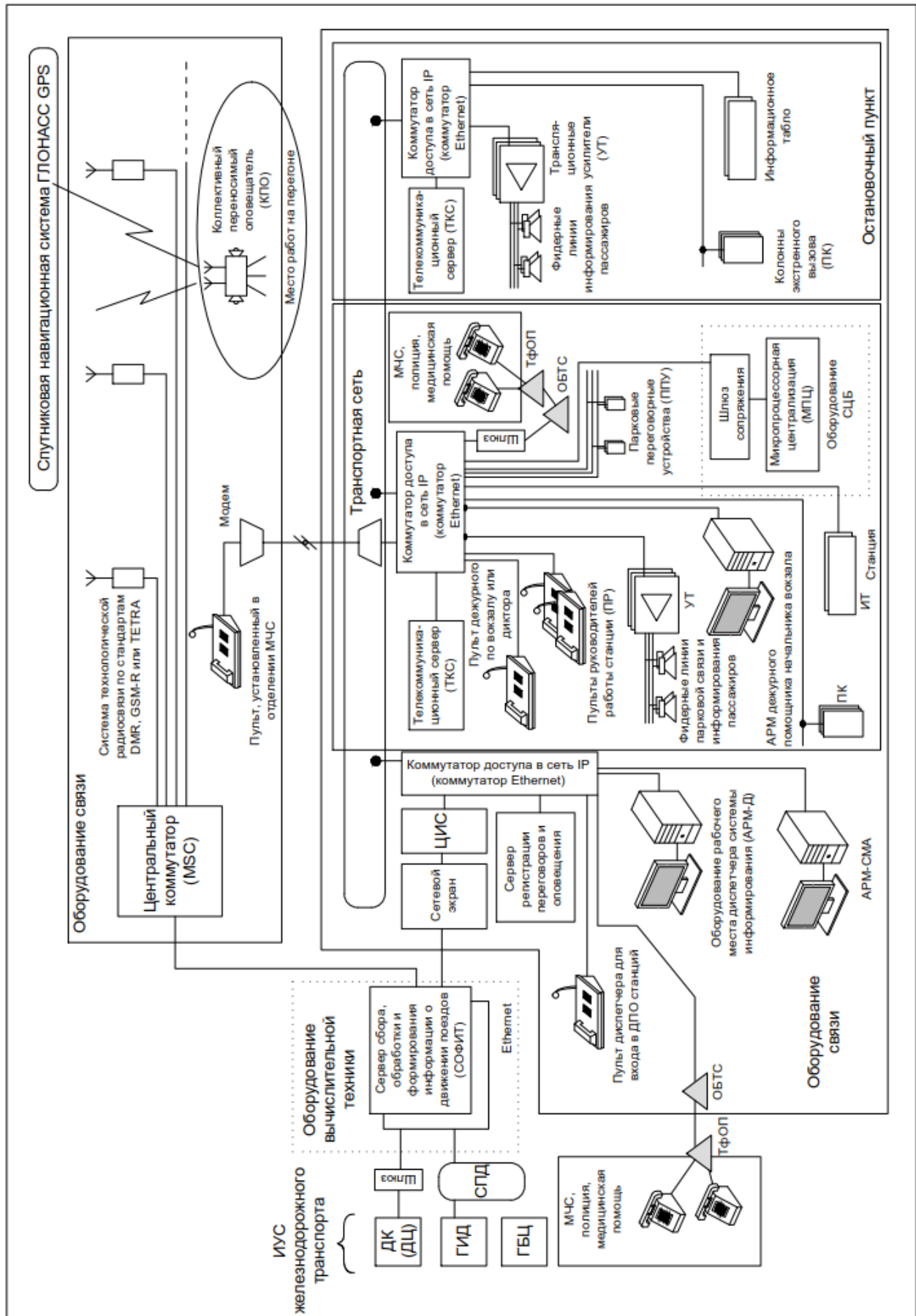


Рисунок 2.3 - Системы информирования пассажиров, оповещения работающих на путях и парковой связи на ж/д транспорте

Для оповещений на железнодорожных вокзалах, станциях, остановочных пунктах Система информирования пассажиров, оповещения работающих на путях и парковой связи (СИОП). СИОП включает все подсистемы (централизованного информирования, оповещения работающих на железнодорожных путях и парковой связи) (рисунок 2.3).

В подсистему автоматического оповещения работающих на путях в соответствии с планами, утвержденными владельцем инфраструктуры, должны быть включены железнодорожные станции, оборудованные электрической централизацией стрелок и светофоров, а также перегоны, оборудованные устройствами автоматической блокировки.

Оповещение работающих на железнодорожных путях станции может быть организовано только в сочетании с организацией подсистемы парковой связи.

СИОП представляет собой программно-аппаратный комплекс, в который входят средства железнодорожной электросвязи и вычислительной техники. Источниками информационных данных о движении поездов поступающих в СИОП являются системы железнодорожной автоматики и телемеханики (обеспечивающие контроль и управление движением поездов на перегонах и станциях - системы диспетчерской централизации и диспетчерского контроля, системы микропроцессорной и релейно-процессорной централизации стрелок и сигналов на железнодорожных станциях, микропроцессорные и интегрированные системы автоматической блокировки), системы ведения и анализа графика исполненного движения поездов и базы данных расписания движения поездов главного вычислительного центра железнодорожного транспорта.

В состав СИОП должны входить следующие основные устройства:

- центральный информационный сервер;
- сервер сбора, обработки и формирования информации о движении поездов, поступающей от систем ДК и ДЦ, от системы ГИД и из базы данных о расписании движения поездов в ГВЦ;
- сервер регистрации переговоров и сеансов оповещения;

- оборудование автоматизированного рабочего места диспетчерского контроля и управления подсистемой информирования;
- пульт диспетчера для выхода в сети двухсторонней парковой связи станций;
- оборудование автоматизированного рабочего места мониторинга и администрирования (АРМ-СМА) СИОП;
- станционное оборудование.

Проектирование систем оповещения на пешеходных переходах определяют Правила проектирования систем оповещения на пешеходных переходах, установленных СП «Железнодорожная автоматика и телемеханика. Правила проектирования».

В соответствии с правилами, время от начала включения оповещения автоматической сигнализации о приближении поезда на пешеходном переходе до фактического прохода поезда определяют расчетом при проектировании.

Определяется необходимое время извещения и соответственно расчетная длина участка приближения.

Для расчета длины участка приближения принимают скорость:

- по перегонам и главным путям станций - максимальная установленная на участке;
- по боковым путям - установленная для станции в зависимости от типов стрелочных переводов.

Пешеходные переходы, расположенные не далее 50 м от переездов (расстояние между осями), считают совмещенными с переездом, и извещение на них подают по условиям работы автоматической переездной сигнализации.

При проектировании учитывают то, что информация о состоянии устройств сигнализации на пешеходном переходе передают ДСП (при наличии ДЦ – ДНЦ) и в СТДМ, при её наличии. Для пешеходных переходов, на которые происходит подача извещения от ДСП, информация о закрытии, аварии, и неисправности, передают ДСП (при наличии ДЦ – ДНЦ) в полном объеме. На

пешеходных переходах, расположенных на перегонах, ДСП (при наличии ДЦ – ДНЦ) передают информацию о неисправности и аварии.

С учетом того, что в железнодорожной отрасли в настоящее время накоплен опыт применения средств защиты от наездов, в том числе и устройств оповещения, необходим подробный анализ требований к оборудованию систем на пешеходных переходах.

Что касается устройства существующих технических средств для перехода через железнодорожные пути, необходимо определить, какие из них являются наиболее удобными и технически реализуемыми при различных условиях. В связи с этим, с целью получения экспертной оценки сооружений для перехода железнодорожных путей и выявления самого безопасного. Подробный анализ экспертных оценок сооружений перехода железнодорожных путей приведен в работах [37,43].

По ранговым оценкам группы самым безопасным средством перехода через железнодорожные пути являются пешеходные тоннели и пешеходные мосты (приложение 1). Однако, повсеместное строительство таких средств перехода не представляется возможным, как по местным показателям, так и в связи с высокой стоимостью реализации. Следующим по значимости является пешеходный переход через железнодорожные пути в одном уровне с головками рельсов с резиново-кордовым покрытием. Необходимо подробно проанализировать характеристики пешеходных переходов, требования к ним функциональные особенности применяемой системы оповещения.

2.2 Обоснование требований к пешеходным переходам и действующей системе оповещения

Основным критерием, определяющим безопасный переход пешеходами через железнодорожные пути по обустроенному пешеходному переходу является время включения сигнализации о приближении поезда $t_{изв}$ (с). Оно определяется как сумма трех независимых величин:

$$t_{изв} = t_1 + t_2 + t_3, \quad (2.1)$$

где t_1 – время, затрачиваемое пешеходами (для расчетов берется группа человек с интервалом 1 м) на движение в пределах опасной зоны (длина пешеходного перехода – L_n), ограниченной границами накопительных зон пешеходного перехода в соответствии с проектом на обустройство пешеходного перехода;

t_2 – время срабатывания приборов цепей извещения и управления, принимаемое равным 2 с;

t_3 – гарантийное время, принимаемое равным 10 с.

Время нахождения пешехода в опасной зоне t_1 определяется по формуле:

$$t_1 = (L_n + L_{гр}) / V_{пеш}, \quad (2.2)$$

где L_n – длина пешеходного перехода, определяемого проектом на обустройство пешеходного перехода, определяемая как сумма расстояний между наиболее удаленными крайними рельсами плюс 5 м при скоростях движения не более 140 км/ч или 10 м при скоростях движения более 140 км/ч,

$L_{гр}$ – условная длина группы пешеходов, м,

$V_{пеш}$ – расчётная скорость движения пешеходов, принимаемая 0,83 м/с (3 км/час).

Расчётная длина участка приближения для пешеходных переходов $L_{пр,м}$, (в правильном направлении движения) и $L_{непр,м}$, (в неправильном направлении движения) определяется по формулам:

$$L_{пр} = V_{пр} \times t_{изв} / 3,6$$

$$L_{непр} = V_{непр} \times t_{изв} / 3,6,$$

где 3,6 – коэффициент перевода скорости из км/ч в м/с.

$V_{пр}$ и $V_{непр}$ – скорость движения поезда (км/ч), соответственно в правильном направлении движения и в неправильном с соответствующим приказом Дирекции инфраструктуры.

Согласно техническим требованиям, разработанным учёными МГУПС (МИИТ) по заказу Департамента охраны труда, промышленной безопасности и

экологического контроля ОАО «РЖД» пешеходные переходы как технический комплекс являются неотъемлемой частью инженерного оснащения инфраструктуры железнодорожного транспорта, включающим в себя инженерные сооружения и информационные системы [34,35,36].

Инженерные сооружения включают в себя настилы и лестницы, ограждения, осветительные установки и другие элементы, для обеспечения удобных и безопасных условий пересечения пешеходами железнодорожных путей в одном уровне с верхом головки рельсов. Информационные системы в зависимости от категории пешеходных переходов включают в себя предупредительные знаки (плакаты, указатели) и устройства автоматической сигнализации.

Пешеходные переходы по техническому оснащению делятся на регулируемые и нерегулируемые. К нерегулируемым относятся пешеходные переходы, оборудованные инженерными сооружениями и информационными системами, включающими в себя только предупредительные знаки (указатели, плакаты).

К регулируемым относятся пешеходные переходы, оборудованные устройствами автоматической сигнализации (световая, звуковая) о приближении поезда (подвижного состава) к пешеходному переходу.

Пешеходные переходы, размещаемые в одном уровне с верхом головки рельсов, в зависимости от интенсивности пешеходного потока и интенсивности движения поездов подразделяются на три категории (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Категории пешеходных переходов

Интенсивность движения поездов (суммарно в двух направлениях) поезд/сутки	Расчетная интенсивность, движения пешеходов через переход (чел/час)		
	До 150	151-600	Более 600
До 50 поездов по всем станционным и подъездным путям	3-я категория	3-я категория	2-я категория
51-100	3-я категория	2-я категория	1-я категория
101-200	2-я категория	1-я категория	1-я категория

Более 200	1-я категория	1-я категория	1-я категория для существующих пешеходных переходов. Новые пешеходные переходы в разных уровнях.
Линии скоростного движения	1-я категория	1-я категория	
Линии высокоскоростного движения	1-я категория	1-я категория	

При проектировании и строительстве новых железнодорожных линий устройство пешеходных переходов определяется требованиями СНиП 32–01–95 Железные дороги колеи 1520 мм.[39]

Пешеходные переходы 3-й категории имеют следующие инженерные сооружения: настил, ограждения, искусственное освещение. Необходимость применения искусственного освещения, установки и конфигурации ограждения на подходах к пешеходному переходу этой категории определяются в каждом конкретном случае исходя из местных условий.

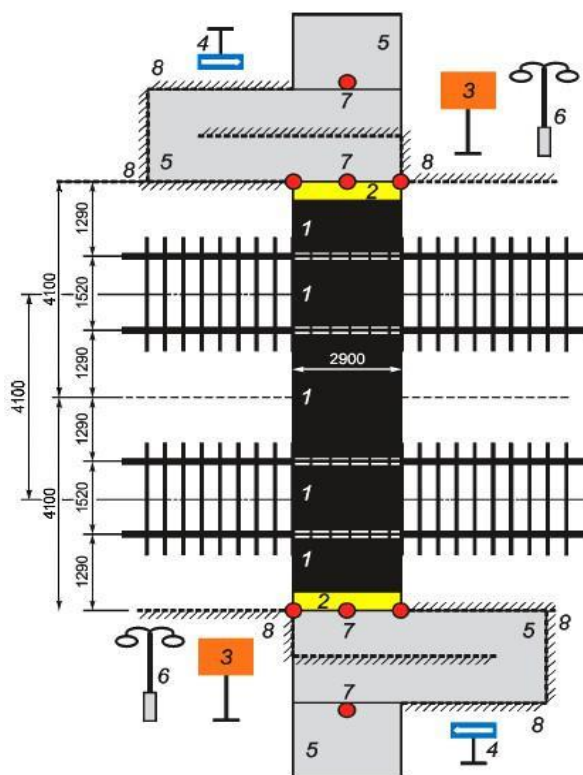


Рисунок 2.4 – Оснащенность пешеходного перехода 3-й категории

Информационная система пешеходных переходов 3-й категории включает в себя предупредительные надписи, знаки (указатели, плакаты) (рисунок 2.4).

Оснащенность включает в себя: 1 – пешеходный настил; 2 – тактильный указатель; 3 – предупреждающий плакат; 4 – указатель места перехода через железнодорожные пути; 5 – пешеходная дорожка; 6 – осветительная установка; 7 – разделитель пассажирских потоков; 8 – ограждение.

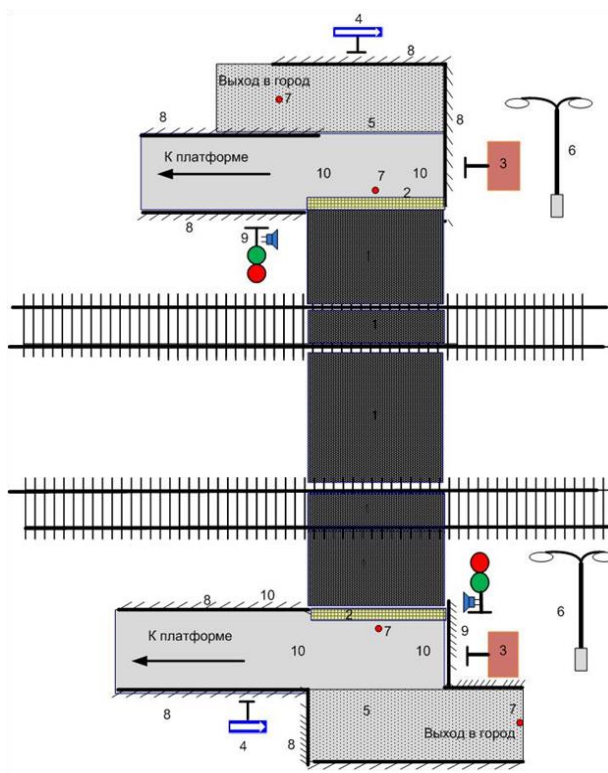


Рисунок 2.5 – Оснащенность пешеходного перехода 2-ой категории

Пешеходные переходы 2-й категории имеют следующие инженерные сооружения: 1 – пешеходный настил, 2 – тактильный указатель, 3 – предупреждающий плакат, 4 – указатель места перехода через ж.д. пути, 5 – пешеходная дорожка, 6 – осветительная установка, 7 – разделитель пассажирских потоков, 8 – заградительные барьеры, 9 – светозвуковая сигнализация, 10 – зона накопления.

Пешеходные переходы 1-й категории оснащены следующими инженерными сооружениями (рисунок 2.6): 1 – пешеходный настил, 2 – тактильный указатель, 3 – предупреждающий плакат, 4 – указатель места перехода через ж.д. пути. 5 – пешеходная дорожка, 6 – осветительная установка, 7 – разделитель пассажирских потоков, 8 – заградительные барьеры, 9 – зона накопления, 10 – светозвуковая

сигнализация. Дополнительно в состав информационной системы могут быть включены световые указатели направления движения поезда приближающегося к пешеходному переходу – 11. Необходимость установки таких указателей определяется для каждого конкретного случая в зависимости от местных условий (в первую очередь в местах, где не обеспечиваются нормы видимости подвижного состава на участке приближения к переходу). Для линий скоростного движения установка световые указатели направления движения поезда обязательна.

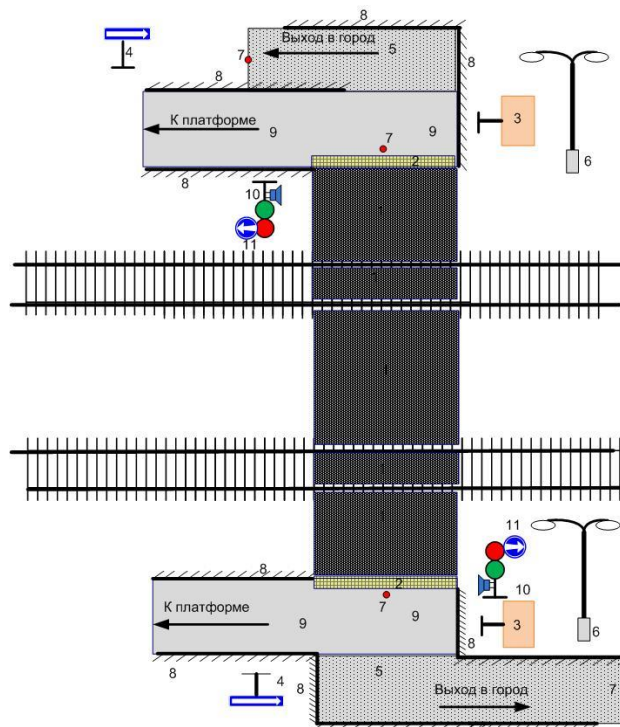


Рисунок 2.6 –Оснащенность пешеходного перехода 1-й категории

В качестве автоматической пешеходной сигнализации применяется светофор оповестительной пешеходной сигнализации со светодиодной головкой, а для звукового оповещения применяется акустический извещатель (рисунок 2.7).



Рисунок 2.7 – Комплект устройств оповещения автоматической сигнализации

Верхний сигнал – красный силуэт стоящего пешехода, нижний – зеленый силуэт идущего пешехода. Оба силуэта выполняются на черном фоне. Если пешеходный переход пересекает 4 и более путей, то необходимо применять сигналы диаметром круга или стороной квадрата 300 мм. Включение сигнала оповещения о приближении подвижного состава к пешеходным переходам является сигналом опасности, при котором движение по пешеходным переходам – запрещено.

Для повышения надежности в извещателе с резервированием продублировано устройство воспроизведения фонограммы. Дублирующее устройство включается в случае отказа любого из основных извещателей одного из светофоров.

В качестве звуковых сигналов оповещения в зависимости от категории пешеходных переходов применяются звонки, мультитональные сигнализаторы.

Извещатель с резервированием конструктивно состоит из двух (основного и резервного) одиночных акустических извещателей, установленных на кронштейне и закрытых ограждением. [43,45] Современное оборудование пешеходных переходов обеспечивает формирование электрических сигналов, содержащих информацию о факте проследования осей подвижного состава и направлении движения.

Затем осуществляется преобразование данного сигнала и в результате последовательного срабатывания устройств, происходит включение огней пешеходных светофоров и акустических извещателей для пешеходного перехода.

Время от начала включения сигнала оповещения автоматической сигнализации о приближении поезда на регулируемом пешеходном переходе до фактического прохода поезда определяется расчетом в зависимости от длины пешеходного перехода (рисунок 2.8).

Участок приближения поезда рассчитывается в зависимости от установленной скорости движения на конкретном участке. Расчетное время указывается в проектной документации.

На участках высокоскоростного (скоростного) движения время включения сигнала оповещения автоматической сигнализации о приближении высокоскоростного (скоростного) поезда определяется расчетным путем в зависимости от длины и скорости прохождения поезда. Если переход расположен в непосредственной близости от пассажирской платформы, то включения сигнала оповещения автоматической сигнализации на переходе должно производиться одновременно с началом оповещения пассажиров на платформе.

На станционных пешеходных переходах при пересечении нескольких путей допустимо применение дублирующих светофоров, которые должны устанавливаться в междупутье в пределах габарита приближения строений.

Видимость светового сигнала пешеходами должна быть обеспечена как в пределах всего пешеходного перехода, так и на пути подхода на расстоянии не менее 10 м от крайнего рельса.

Для выключения автоматической сигнализации не позднее 15 с от момента полного освобождения поездом зоны пешеходного перехода организуются короткие участки фиксации проследования поезда на аппаратуре счета осей подвижного состава СКП «Урал». По линейным цепям информация о состоянии этих участков передается в модуль АБТЦ.

Первый датчик устанавливается между торцом платформы и краем пешеходного перехода. Расстояние между датчиками счетных пунктов по одному пути должно быть не менее 20 м. При устройстве пешеходного перехода удаленного от торца платформы на 10 м и более, датчики счетных пунктов по одному пути располагаются симметрично от оси пешеходного перехода на расстоянии не менее 10 м от оси.

Автомат диагностики сигнальной установки АДСУ-24/16 осуществляет контроль:

работы всех реле пешеходного перехода;
контроль светодиодных головок;
контроль всех источников питания.

Электропитание устройств автоматической сигнализации осуществляется от двух независимых источников, определяемых по проекту.

Контроль отсутствия обрыва от источника питания до клемм светодиодной головки осуществляется реле типа 1Н-8.2. Для устойчивого срабатывания реле параллельно головке красного цвета (стоящий человек) и головке зеленого цвета (идущий человек) необходимо подключить резистор С5-37-5ВТ-82 Ом $\pm$ 10% ОЖО.467.536 ТУ. При этом обмотка реле включается в цепь сигнала, формируемого схемой управления, и обеспечивается контроль целостности линии питания светофора. Резисторы необходимо разместить прямо на входных колодках систем светодиодных светофоров.

Содержание автоматической сигнализации на пешеходных переходах осуществляется дистанциями сигнализации, централизации и блокировки, содержание устройств энергоснабжения осветительных установок пешеходных переходов осуществляются дистанциями электроснабжения.

При проектировании переходов необходимо обеспечивать:

- минимум числа железнодорожных путей, пересекаемых потоками граждан и пассажиров;
- минимум расчетной длины маршрутов движения основных потоков граждан и пассажиров, пользующихся пешеходным переходом до остановки местного транспорта, платформ и т.д.

При выборе места размещения пешеходного перехода должны быть обеспечены нормы видимости подвижного состава, приведенные в таблице 2.2. Приведенные нормы видимости должны обеспечиваться для пешеходов, приближающихся к месту начала пешеходного перехода начиная с расстояния не менее 5 м от крайнего рельса, пересекаемого железнодорожного пути.

Если на пешеходном переходе 3-ей категории невозможно обеспечить указанные нормы видимости, то обязательным является оснащение такого перехода системой автоматической сигнализации о приближении поезда.

Таблица 2.2 – Таблица норм видимости подвижного состава

Максимальная скорость движения поезда, км/ч, установленная на подходе к пешеходному переходу	201-250	141-200	121-140	81-120	41-80	26-40	25 и менее
Расстояние видимости, м, не менее	Более 900	900	700	600	400	200	15

Расстояние от настила перехода до элементов стрелочного перевода должно составлять не менее 20 м. Настилы пешеходных переходов должны укладываться перпендикулярно оси пересекаемого пути. В зонах накопления (на подходах к железнодорожным путям) устанавливаются направляющие ограждения, препятствующие переходу людей через пути в не установленных для этой цели местах, а также препятствующие проезду автотранспорта.

Часть перехода, идущая вдоль железнодорожного пути, должна иметь ограждение высотой 900 – 1100мм. Направляющие ограждения должны обеспечивать ориентацию потока пешеходов (пассажиров) таким образом, чтобы приближающийся поезд был в поле зрения в течение времени, достаточного (не менее 6 с) для принятия решения о возможности перехода. Ограждения должны быть окрашены в сигнальные цвета (чередование красных и белых полос).

Указатели направления движения пешеходов (пассажиров) должны устанавливаться так, чтобы были видны и показывали требуемое направление движения. Знаки безопасности, предупреждающие плакаты (указатели) устанавливаются перед переходом через железнодорожные пути и должны быть видны пешеходам (пассажирам). [34,35,36]

2.3 Современные методы определения координаты подвижного состава

В настоящее время, рельсовые цепи являются основным видом датчиков определения координат подвижного состава, который используется в действующей системе оповещения на пешеходных переходах через железнодорожные пути. Являясь наиболее распространенным из видов датчиков и используемым на сети железных дорог, рельсовые цепи позволяют определить факт нахождения или отсутствия на самой цепи колесной пары в момент ее входа и выхода, однако существенно ограничивают возможности систем оповещения. Это связано с тем, что рельсовая цепь имеет широкий шаг дискретности в десятки и сотни метров, что не дает возможности на ее основе получать информацию о скорости движения поезда, а также определять фактическую функцию разгона и торможения состава, в результате чего время срабатывания системы оповещения значительно превышает время, необходимое для перехода через железнодорожные пути. Однако, рельсовая цепь обладает рядом преимуществ: высокой надежностью и достаточной защитой от воздействия внешних факторов.

Известны и другие методы измерения координат и скоростей подвижного состава. Практически, их реализация возможна с использованием следующих основных типов измерителей (датчиков):

- шлейфовые датчики,
- осевые датчики,
- радиолокационные,
- лазерные датчики,
- фидерные датчики.

Устройства счета осей применяются на железнодорожном магистральном и промышленном транспорте в полуавтоматической и автоматической блокировке для контроля свободности перегона и блок-участков; в переездной сигнализации, ограждающих устройствах и пешеходных переходах для сигнализации о приближении и проследовании поезда; в устройствах контроля скорости движения подвижного состава; в горочной автоматической

централизации для определения скоростей и ускорений отцепов при управлении тормозными средствами, контроле заполнения путей и свободности стрелочных участков, измерения веса отцепов. Устройства счета осей используются также для определения местонахождения поездов, обнаружения перегревшихся букс, наличия ползунов на колесах в поездах, регистрации числа осей, проходящих через контрольную точку. Основные функции наиболее распространенных отечественных и зарубежных систем и области их применения представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Функции систем счета осей и области их применения

Система счета осей	Основные функции и область применения
1. СКП «Урал» (ВНТЦ «Уралжелдор-автоматизация»)	Контроль свободности путевых участков на станциях и перегонах, АПС, автоматических блок-постах, пешеходных переходах, КТСМ, ГАЦ.
2. ACM-100 (SiemensAG)	Контроль свободности путевых участков на станциях и перегонах.
3. ЭССО (НПЦ Промэлектроника)	Контроль свободности путевых участков на станциях и перегонах, АПС, определение типа и количества подвижных единиц.
4. EBITrack 2000, EBITrack 1800 (ООО «БомбардьеТранспортейшн (Сигнал)»)	Контроль свободности путевых участков на станциях и перегонах с использованием датчиков колеса. Построены на базе микропроцессорной техники и имеют двухканальную архитектуру цепей сбора информации и цепей питания, а также деверсифицированное программное обеспечение.
5. Frauscher Advanced Counter FAdCiFAdCi, ACS 2000 (Frauscher sensor technology)	Наряду с основной функцией контроля свободности/занятости пути, системы счета осей Frauscher предоставляют дополнительную информацию о направлении движения, количестве осей или вагонов и скорости. Специальные функции,

	например, управление пунктами счета, позволяют дополнительно увеличить готовность при определенных условиях, переводя пункты счета в “спящий” режим.
6. SCA-2 (General Electric)	Контроль свободности путевых участков на станциях и перегонах, переездах, трамвайных путях, метрополитене, сортировочных станциях.

При разработке и внедрении систем счета осей в России необходимо учитывать требование отраслевых стандартов к напольному оборудованию и аппаратуре в системах с децентрализованным размещением по температурному диапазону работы, который задан нормативными документами в пределах от -60 до $+85$ °C. Этому соответствуют не все датчики контроля прохода колеса, что ограничивает выбор системы счета осей.

Кроме того, требуется, чтобы датчики работали надежно в заданном диапазоне скоростей подвижного состава. В случае остановки над ним колеса не должен возникать отказ «уход в металл», вследствие которого необходимо искусственно восстанавливать исходное состояние устройств счета осей.

Колесные пары при движении по рельсам создают вибрации, оказывающие отрицательное влияние на установленные на рельсе датчики. Его необходимо снижать с помощью конструкторских решений. Производители по-разному решают эту проблему. Как показывает практика, датчики, которые крепятся при помощи отверстий в шейке рельса, больше подвержены вибрациям. Поэтому необходима их сезонная калибровка. В результате увеличивается стоимость системы, а также эксплуатационные расходы на ее содержание.

В современных типах датчиков EBITrack 2000, EBITrack 1800 и FrauscherAdvancedCounterFAdC и FAdCi, ACS 2000 устранены ряд перечисленных недостатков, а также предусмотрена функция измерения скорости движущегося поезда, что позволит расширить функции использования системы счета осей в системах оповещения на пешеходных

переходах и переездах, вплоть до выведения цифр о времени проследования приближающегося подвижного состава.

Радиолокационные и лазерные датчики, используемые на железнодорожном транспорте, способны непрерывно измерять координату и скорость поезда. Этот вид датчиков использует подвижной состав в качестве пассивных отражателей, а по параметрам отраженного сигнала можно определить закон движения состава.

Для одновременного измерения скорости и дальности приближающегося объекта, отражающего оптическое излучение, используется частотная модуляция лазерного зондирующего излучения с последующим фотогетеродинным приёмом. Излучение разделяется на два оптических канала, каждой из которых моделируется по определенному закону. Использование в качестве источника излучения двухволнового полупроводникового лазера, обеспечивающего одновременную генерацию излучения на двух различных оптических длинах волн, позволяет упростить функциональную схему и конструкцию измерителя при сохранении высоких точностных характеристик и пространственно-временного разрешения.

Система работает следующим образом. По запускающему сигналу с вычислительного блока лазер излучает оптическое излучение на длинах волн λ_1 , λ_2 . Оптическая система, состоящая из светоделителей 1, 2 отделяет часть излучения и направляет на фотоприемник для обеспечения режима оптического гетеродинирования. Другая часть излучения через модулятор направляется к измеряемому объекту.

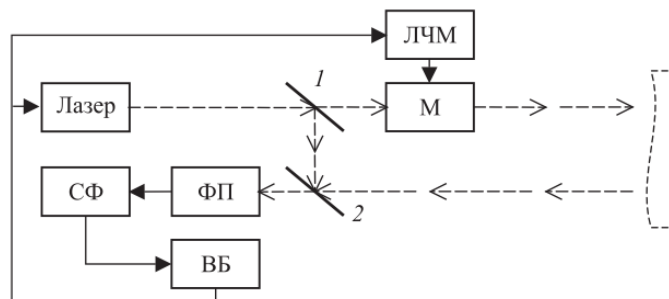


Рисунок 2.9 – Функциональная схема лазерного измерителя дальности и скорости на двухволновом лазере: генератор линейно-частотно-

модулированного сигнала (ЛЧМ); модулятор частоты измерения лазера (М); светоделители (1, 2); гетеродинный фотоприемник (ФП); согласованный фильтр (СФ); вычислительный блок (ВБ).

В модуляторе осуществляется линейная частотная модуляция излучения на длинах волн λ_1 , λ_2 по закону, задаваемому генератором ЛЧМ-сигнала. Оптическое излучение лазера, отраженное от движущегося объекта, попадает на приемник, где в результате фотогетеродинирования выделяются разностные сигналы между немодулированным гетеродинным излучением лазера и излучением, пришедшим с дистанции. Затем сигналы попадают на согласованный фильтр. Выходной сигнал фильтра задержан во времени на величину задержки излучения на дистанции τ и на время, обусловленное доплеровским сдвигом частоты.

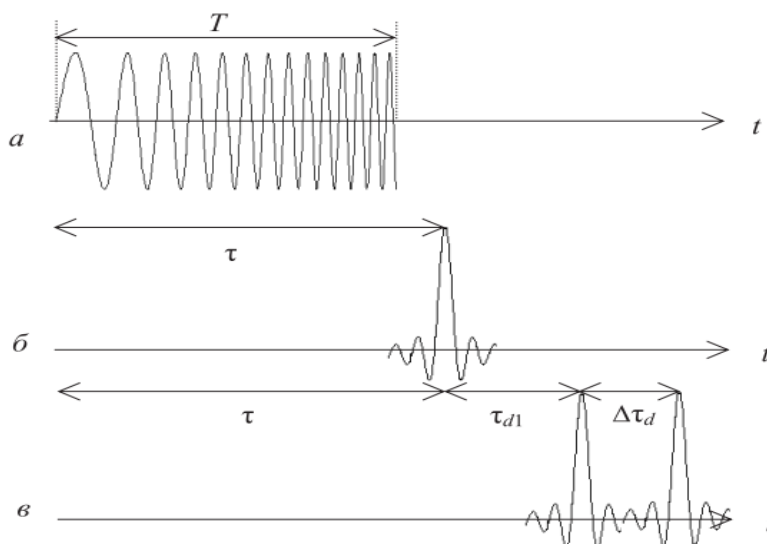


Рисунок 2.10 – Временные диаграммы работы лазерного измерителя

Если измерение производится до неподвижного объекта, доплеровские сдвиги частоты будут равны нулю, импульсы на длинах волн λ_1 , λ_2 на выходе согласованного фильтра совпадут во времени и будут задержаны только на величину оптической задержки на дистанции τ . Измерив время задержки появления импульса τ , можно определить дальность до неподвижного объекта L по формуле:

$$L = \frac{c\tau}{2}, \quad (2.2)$$

где c – скорость распространения излучения на дистанции.

Если измерение производится до движущегося объекта, доплеровские сдвиги частоты не будут равны, импульсы на выходе согласованного фильтра не совпадут по времени. Расстояние до объекта и скорость движения объекта определяются по формуле:

$$L = \frac{c}{2} \left(\tau_1 - \Delta\tau_d \frac{f_1}{\Delta f} \right), v = \frac{\Delta\tau_d \beta c}{4\pi\Delta f} \quad (2.3)$$

Предложенная система будет измерять скорость движения только в том случае, если импульсы на выходе согласованного фильтра разойдутся во времени, то есть когда величина разности временных положений импульсов $\Delta\tau_d$, обусловленная движением объекта, станет больше длительности выходного импульса фильтра $t_{отк}$.

Использование в качестве источника зондирующего излучения в лазерной системе двухволнового полупроводникового лазера позволяет в течение одного зондирующего ЛЧМ-импульса определить точные значения дальности и скорости движения объекта при существенном упрощении структурной схемы измерителя и сохранении высоких точностных характеристик.

Большой объем научных исследований и экспериментальных работ ведется в интересах обнаружения подвижного состава на основе измерения дальности и скорости с использованием передачи сигнала по оптоволоконному кабелю. Известная система мониторинга и охраны «Дунай» может использоваться на железнодорожных путях для отслеживания движения поездов, обнаружения случайного отцепления вагонов или падения груза с ж/д состава.

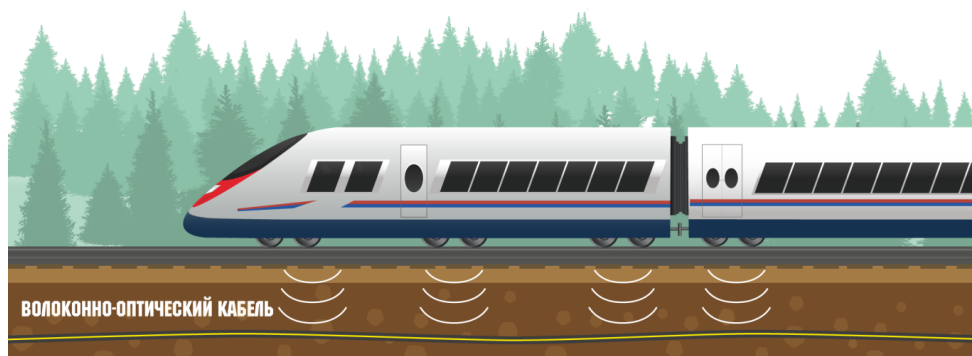


Рисунок 2.11 – Мониторинг железнодорожных путей

В стандартное телекоммуникационное волокно (ОВ), являющееся распределенным чувствительным элементом, периодически с частотой 2 кГц вводятся короткие (200 нс) оптические импульсы и анализируются изменения в интерференционной картине сигнала обратного рассеяния.

Распределенный акустический сенсор (Distributed Acoustic Sensing, DAS) позволяет обнаруживать вибрацию грунта (акустические колебания) на расстоянии до нескольких десятков километров вдоль оптического кабеля. В качестве чувствительного элемента используется стандартное телекоммуникационное одномодовое волокно (G.652). К волокну подключают программно-аппаратный комплекс (ПАК), который осуществляет непрерывный мониторинг виброакустических событий вдоль оптоволоконного кабеля. ПАК «Дунай» выполнен в форм-факторе 3U и может быть размещен в телекоммуникационной стойке. В три слота блока устанавливаются: приемопередающий модуль (когерентный рефлектометр), усилительный модуль и промышленный компьютер для обработки и передачи данных на сервер. ПАК «Дунай» может работать как самостоятельно, так и в составе комплексной системы безопасности (предоставляется API, выход через стандарт Ethernet).

В основе работы системы лежит принцип когерентной рефлектометрии. В волокно периодически вводятся оптические импульсы, часть света рассеивается на неоднородностях волокна и распространяется в обратном направлении. При микродеформациях волокна, вызванных виброакустическими воздействиями, параметры рассеянного (отраженного) сигнала изменяются. Анализируя изменения в интерференционной картине сигнала обратного рассеяния, можно определить место и характер воздействия на волокно, то есть координату приближающегося поезда. [86, 87, 88]

На сортировочных горках для контроля скорости соударения вагонов при роспуске, а также для измерения скорости движения вагонов или составов при выполнении маневровых работ используется измеритель скорости радиолокационный. Измеритель представляет собой прибор с ручным или автоматическим запуском измерений. Данные о превышении порога скорости

автоматически сохраняются в энергонезависимой памяти измерителя с возможностью последующей передачи на компьютер.

2.4 – Технические характеристики радиолокационного измерителя

Основные технические параметры	
Рабочая частота излучения	24,15±0,10 ГГц
Максимальная дальность измерений	До 150 м
Диапазон измеряемых скоростей	2 - 24 км/час
Дискретность индикации скорости	0,1 км/час
Погрешность измерения скорости	± 0,2 км/час
Время измерения скорости в ручном режиме	0,5 сек
Дискретность порогового значения скорости	0,1 км/час
Максимальное количество записей в журнале измерителя	6500
Количество ячеек памяти для одновременного хранения данных	2 ячейки памяти с таймером хранения до 10 минут
Время установки рабочего режима после включения питания	Не более 3
Средняя потребляемая мощность	Не более 2 Вт
Автономное питание	Литий – ионный аккумулятор 1,8 А /час
Допустимая температура эксплуатации	30° С +50° С

Принцип действия измерителя основан на использовании эффекта Доплера, заключающегося в изменении частоты сигнала радиолокатора при отражении от движущегося объекта. Существенным является тот факт, что изменение частоты пропорционально скорости объекта. Поэтому определение скорости сводится к измерению разности между частотами излученного и отраженного от цели сигналов. Для анализа спектра используется модуль цифровой обработки низкочастотных сигналов на основе преобразования Фурье. Анализ получаемых в результате его применения полных спектров позволяет выделить скорость цели, имеющую самый большой радиолокационный отклик. Для селекции целей по направлению движения используются два независимых канала. Определение относительного фазового сдвига между доплеровскими

сигналами двух каналов позволяет принять решение о направлении движения цели.

Выходные сигналы из двух каналов поступают в модуль цифровой обработки, где производится оцифровка, запоминание и дальнейшая математическая обработка для получения информации о скоростях движения целей.

Следует иметь в виду существование ряда причин, приводящих к сбоям в работе измерителя:

- наличие мощных электрических помех от линий электропередач, сварочных установок, грозовых разрядов;
- наличие включенных газосветных ламп на расстоянии менее 5 м в направлении излучения;
- неисправность источника питания.

Использование данного способа измерения скорости не предусматривается для расстояний менее 0,5 м.

Измерители такого типа пригодны не только для измерения скорости и пройденного пути поезда, но также для измерения параметров движения удаленного поезда, что теоретически позволяет использовать их в системах оповещения. Практически этого не происходит из-за того, что несмотря на высокую точность измерений скорости и пути, с погрешностью менее 1% и 0,5% соответственно, эти датчики сложны и недостаточно надежны.

Кроме того, они плохо работают в условиях повышенной вибрации, подвержены влиянию атмосферы, и их использование невозможно на криволинейных участках пути.

Это привело к тому, что использование датчиков такого вида было ограничено участками тормозных позиций на сортировочных горках, хотя имели место попытки установить такие датчики на подходе к станции для повышения ее пропускной способности. Однако высокая стоимость, сложность и низкая надежность не позволили развить эту идею.

Существует методика позиционирования подвижного состава на рельсошпальной решетке и определения скорости движения подвижного состава, основой которой является радиолокация деревянных и железобетонных шпал и закрепленных на них конструкций скрепления шпал и рельсов. Для этого использованы импульсные локаторы с центральной частотой 1700 МГц. Передающая и приемная антенны размещены на подрессоренной части локомотива. Используются рупорные конструкции, формирующие направленное электромагнитное излучение, позволяющие эффективно подавлять помехи от рельсов, металлических деталей конструкции и объектов инфраструктуры обустройства пути. Высота подвеса (Н) выбрана равной 0,35 м. Выбор Н обусловлен необходимостью получения в приемной антенне сигнала максимально возможной величины при соблюдении безопасной эксплуатации антенного блока в процессе движения.

Информация от шпальной решетки $F_j(t_n)$ в момент времени t_n (от начала генерации) поступает в приемную антенну через время t после испускания зондирующего импульса электромагнитного излучения:

$$t = \frac{\sqrt{4H^2 + D^2}}{c}, \quad (2.4)$$

где c – скорость распространения электромагнитного излучения в воздухе, D – расстояние между геометрическими центрами передающей и приемной антенн используемого для измерений антенного блока. Для повышения быстродействия устройства необходимо разместить трассу во времени развертки таким образом, чтобы первые стробирующие усилитель импульсы приходили с задержкой t , определяемой формулой (2.4). Выбор длительности развертки во времени необходимо выполнить минимальным для детального описания особенностей конструкции верхнего строения пути, тогда число точек в трассе можно оценить соотношением:

$$N = \frac{h\sqrt{\varepsilon}}{c\tau}, \quad (2.5)$$

где h – толщина шпалы, v – скорость распространения электромагнитного излучения в балласте, ε – диэлектрическая проницаемость балласта. Использование этой формулы дает оценку для N в интервале значений 25 – 30 точек.

Антенны лоатора, размещенные на подрессоренных узлах лоомотива, испытывают при движении колебания с максимальными амплитудами до 0.10 – 0.15 м. Для подавления колебаний подвеса разработан алгоритм и создана программа для ЭВМ, в процессе выполнения которой определяются номера точек, относящиеся к границе балласта, которые затем размещаются вдоль горизонтали.

Как показывает практика, повсеместное оснащение подвижных составов радиолокационными устройствами требует больших материальных затрат и не представляется возможным для измерения скорости движущегося поезда, а использование спутниковых систем и систем навигации GPS и GLONASS, затруднительно на значительной территории сети железных дорог страны.

Для получения в реальном режиме времени информации о скорости движения приближающегося поезда ОАО Инновационным технологическим центром «Система-Саров» была разработана стационарная система передачи информации о приближении подвижного состава. Система формирует зондирующий сигнал, распространяющийся вдоль рельсов, и осуществляет прием и обработку сигнала, отраженного от подвижного состава.

Согласно техническим решениям, разработанным институтом "Гипротранссигнальсвязь" - филиалом ОАО "Росжелдорпроект, основными функциональными возможностями системы является получение в реальном режиме времени информации о расстоянии и расчёт времени прибытия поезда на переход, для отправки управляющих команд на устройства звуковой и световой сигнализации на пешеходных переходах через железнодорожные пути.

Для обеспечения распространения сигналов вдоль рельсов, а не излучение сигнала в пространство, используются направляющие линии,

образованные рельсом и контактным проводом, а также проводами линий электропередачи, расположенных на опорах контактной сети.

В отличие от существующих схем включения (выключения) сигнала оповещения, использующих рельсовые цепи или системы на основе счета осей система СРППС обеспечивает определение интервала времени до вступления поезда на пешеходный переход в зависимости от скорости приближающегося поезда. Упрощенный алгоритм включения (выключения) сигнализации от системы СРППС следующий:

- подача сигнала оповещения о приближении поезда осуществляется за время не менее $t_{изв}$. Программная реализация алгоритма должна учитывать, что при значении начальной скорости приближающегося поезда менее максимально установленной для данного участка необходимо предусматривать возможность ускорения поезда до максимальной скорости;
- снятие сигнала оповещения осуществляется либо после проследования хвостом поезда второй по ходу движения антенны, либо при удалении поезда в обратном направлении (после остановки) на расчетное расстояние для прохода которого поезду требуется время не менее $t_{изв}$ при трогании с места.

Система СРППС реализует радиолокационный метод определения местоположения подвижного состава с использованием сигнала с линейной частотной модуляцией (далее по тексту - ЛЧМ). Закон модуляции - треугольный, несущая частота сигнала 2+4 МГц, девиация частоты 400 кГц, частота модуляции 100 Гц.

На рисунке 2.12 представлена структурная схема антенно-фидерных устройств системы СРППС для двухпутного участка. Система СРППС включает в себя антенно-фидерные устройства (АФУ), входные и выходные согласующие устройства, блок приема-передачи, АС/DC преобразователь (используется при наличии двух независимых источников питания 220В в релейном шкафу пешеходного перехода), исполнительное (В) и контрольное (К) реле.

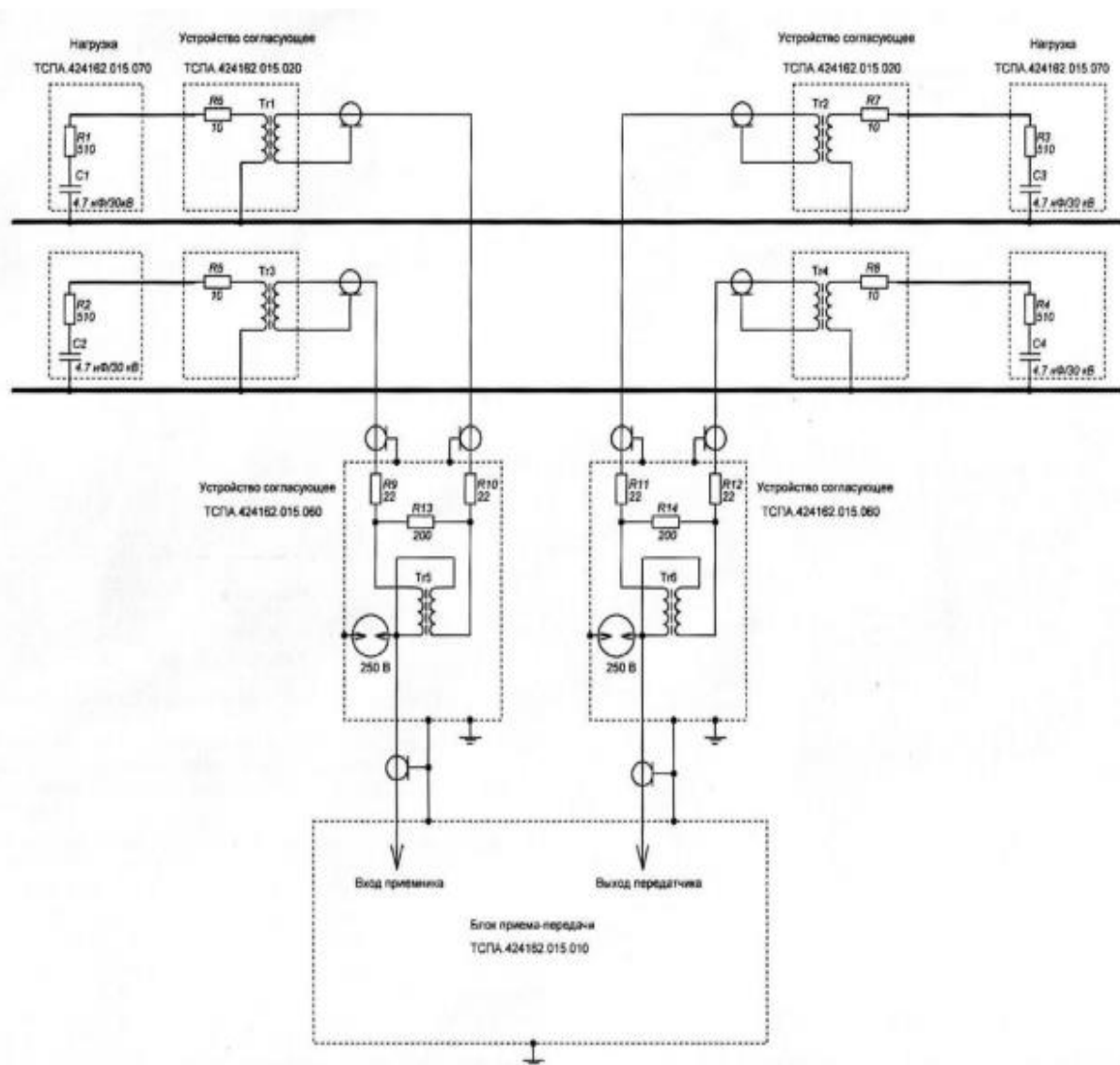


Рисунок 2.12 – Структурная схема антенно-фидерных устройств

Каждое АФУ состоит из ВЧ антенны бегущей волны (волноводный провод, подвешенный между двух опор контактной сети), согласующего устройства (СУ) и согласованной нагрузки (СН) по чертежу

Антенно-фидерные устройства преобразуют высокочастотный электрический сигнал в электромагнитную волну, распространяющуюся в направляющей линии, образованной рельсом и проводом контактной сети, проводами высоковольтных линий, расположенных на опорах контактной сети, волноводом поездной радиосвязи.

Антенны бегущей волны с резистивной нагрузкой применены в системе СРППС для обеспечения необходимой полосы частот при использовании ЛЧМ сигнала. Антенны такого типа требуют подключения к рельсу в двух точках. Для исключения влияния АФУ на рельсовые цепи на стороне согласованной нагрузки установлен разделительный конденсатор на рабочее напряжение 31,5 кВ. Для исключения случаев перекрытия полотном антенны рельса и его выключения из системы контроля целостности рельса при пробое нагрузки с последующим замыканием полотна антенны на рельс на стороне согласующего устройства установлен резистор, включаемый последовательно с полотном антенны.

АФУ системы СРППС размещаются на ближайших к пешеходному переходу опорах контактной сети.

Работа системы СРППС по двум путям обеспечивается согласующими устройствами по чертежу, которые представляют собой балансную схему деления мощности. Устройство обеспечивает распределение сигнала между антеннами четного и нечетного пути, исключая их взаимное влияние. Для защиты входа приемника и выхода передатчика от импульсных перенапряжений в согласующем устройстве установлены разрядники совместно с резисторами. Применение схемы деления мощности обусловлено отсутствием в ней высокочастотных коммутирующих элементов, имеющих недостаточную надежность и ограниченный срок службы.

С учетом тестовой эксплуатации системы СРППС на перегоне Доскино – Игумново Горьковской ж.д. в настоящее время этой системой могут быть оборудованы только перегонные пешеходные переходы, расчетное время оповещения к которым не требует увязки со станцией, а также только электрифицированные участки железных дорог.

Фидерные датчики по характеру отраженного сигнала определяют текущую координату поезда. Измерители этого вида по сложности и надежности соизмеримы со шлейфовыми датчиками, но требуют меньшего объема

аппаратуры и не загромождают путь. В отличие от радиолокационных датчиков, они измеряют координату поезда вдоль криволинейного пути и гораздо меньше подвержены влиянию неблагоприятных воздействий. Кроме того, эти датчики могут работать как в стационарном, так и в мобильном варианте, что позволяет иметь информацию не только о характере движения собственного состава, но также дает возможность характеризовать движение впереди идущего состава.

Анализ требований к существующим системам оповещения на пешеходных переходах показал, что автоматическая сигнализация имеет важное значение для обеспечения безопасности, однако в них не учтены особенности поведения человека в зоне повышенной опасности. Данный вопрос будет рассмотрен в третьей и четвертой главах.

2.4 Выводы по главе 2

1. Исследованы вопросы обеспечения безопасности, существующие средства и методы защиты от наездов, из которых следует, что применение систем оповещения о приближении подвижного состава является важным направлением в комплексе мероприятий по предупреждению наездов.
2. Установлено, что информация от Системы информирования пассажиров, оповещения работающих на путях и парковой связи (СИОП) не поступает на переезды и пешеходные переходы через железнодорожные пути. Использование речевых оповещателей с указанием направления движения будет способствовать повышению безопасности, особенно на объектах, удаленных от пассажирских платформ.
3. Проанализированы основные требования к пешеходным переходам через железнодорожные пути и автоматической сигнализации о приближении поезда. Получено, что основным критерием определяющим безопасный переход пешеходами является время включения сигнализации о приближении поезда $t_{изв}$ (с) значение которого составляет 30-60с согласно

расчету.

4. Выявлено, что использование рельсовой цепи в качестве основного датчика срабатывания системы оповещения на пешеходных переходах, не позволяет определить факт нахождения или колёсной пары и момент её входа и выхода с участка приближения. Это существенно ограничивает возможности системы оповещения, т.к. не учитывается конкретно координата и скорость приближающегося поезда. Однако, рельсовая цепь обладает рядом преимуществ: высокой надежностью и достаточной защитой от воздействия внешних факторов.

5. В связи с изложенным определено, что действующая система предупреждения травматизма недостаточно эффективна и требует дальнейшего исследования и усовершенствования. Требуется провести доскональный анализ факторов и причин, с последующим внесением корректирующих изменений в процесс профилактических мероприятий и разработкой технических решений.

3 СИСТЕМНЫЕ ФАКТОРЫ ТРАВМАТИЗМА В ЗОНЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

3.1 Психофизиологические особенности, определяющие поведение человека в зоне повышенной опасности

Анализируя данные исследований, ведущим фактором травмирования является нарушение человеком правил собственной безопасности. Не зависимо от характера и побуждающих причин, данный вопрос является сложной проблемой, решение которой требует привлечения соответствующей методологии. Основой решения исследуемой проблемы может служить системный анализ и теория принятия решений. В работе проблема непроизводственного травматизма рассматривается как результат воздействия внешних и внутренних факторов на человека, возникающих как в следствии его психофизиологических и поведенческих особенностей, так и в результате несовершенства методов обеспечения безопасности, что в комплексе может послужить побудительным мотивом к нарушению правил безопасности. Для определения возможного решения будут использованы теоретические и экспериментальные исследования, метод экспертных оценок, ориентированная граф-модель факторов травматизма при переходе через железнодорожные пути, вершинами которого являются условия и события, а ребрами их отношения.

Любое исследование системного анализа начинается с выявления природы возникновения проблемы, с учетом всех факторов и обстоятельств, оказывающих хоть какое-то влияние на исследуемый объект или процесс, по отношению к которому решается проблема.

Согласно энциклопедическому определению под человеческим фактором понимают многозначный термин, описывающий возможность принятия человеком ошибочных, алогичных решений в конкретных ситуациях. Максимальная степень учета неопределенности поведения человека, снижения

возможных рисков, уменьшения тяжести последствий такого поведения человека – одна из важнейших задач при разработке новой техники.

Каждая ошибка человека – это всегда результат его действия или бездействия, т. е. проявления его психики, определённых ее аспектов. Разделение в психике человека информационных и энергетических процессов и их систем регуляции происходит в связи с тем, что правое полушарие мозга ответственно за эмоциональные проявления человека, а левое – за информационные. Поскольку процесс саморегуляции всё же единый, то необходимо проанализировать схему саморегуляции предметного действия в сфере информационных и энергетических процессов (рисунок 3.1).

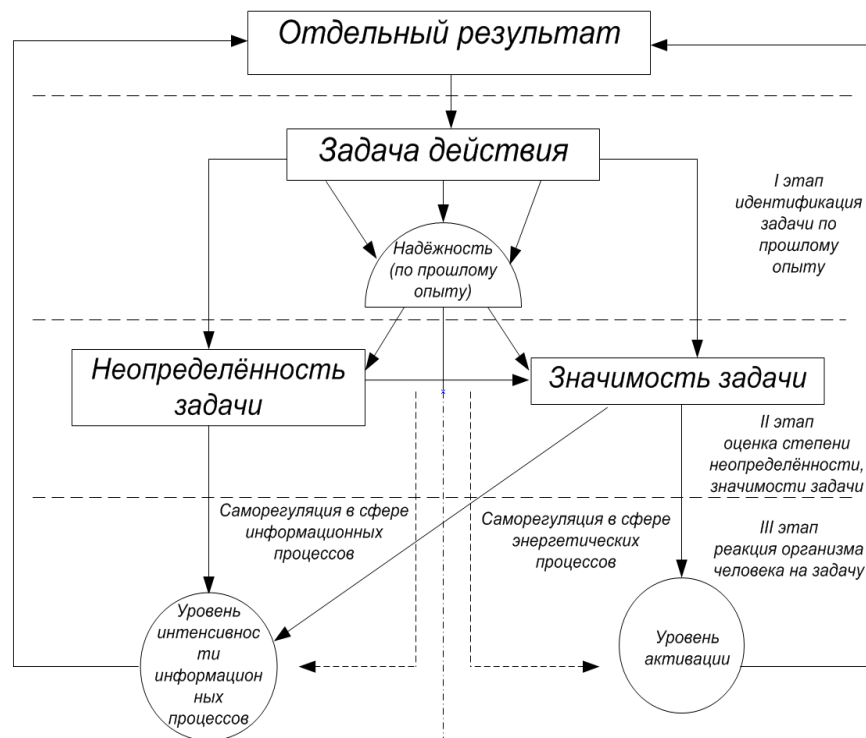


Рисунок 3.1 – Объединённая блок-схема саморегуляции предметного действия в сфере информационных и энергетических процессов

На этапе I представление человека о возникшей у него задаче соотносится с представлением о том, насколько надёжно он решал подобные задачи в прошлом. На этапе II исходя из указанного соотношения, у субъекта формируется представление о трудности, важности, ответственности данной

задачи, причем в информационном плане – о её неопределенности, а в эмоциональном – о ее значимости – тревожности.

На этапе III отражена уже реакция организма на тот и другой аспект смысла задачи. В первом случае она выражается в интенсификации информационных процессов, во втором – в энергетическом подкреплении организма. Всё это способствует более надёжному решению возникшей задачи.

Основными группами факторов, действием которых определяются поступки человека являются:

- чисто биологический фактор, вытекающий из природных свойств человека и проявляющийся в бессознательной регуляции;
- фактор, определяющий индивидуальные особенности психического отражения и психических функций человека (скорость реагирования на сигналы, уровень эмоциональной реакции и т. п.);
- фактор, вытекающий из опыта человека, его навыков, знаний, умений;
- фактор, характеризующий направленность человека, т.е. его мотивы, интересы, данные ему установки, особые задания и т. п.

Следует иметь в виду, что человек как личность не является при этом простой суммой этих факторов, а выступает как сложная система, сложившаяся в результате их развития и взаимодействия.

Приведенные выше рассуждения позволяют судить о таком понятии, как уровень индивидуальной защищенности человека от ошибок и нарушений, установленных норм и правил. Но в то же время, практика показывает, что человек не всегда полностью использует свои возможности, свою защищенность в складывающейся обстановке, а порой сам провоцирует опасные ситуации.

В работе [30] проводились исследования реакций человека на различные железнодорожные сигналы. Здесь рассматриваются два типа сигналов для предупреждения человека об опасности: непосредственные (зрительные, слуховые, осязательные и т. д.) и словесные (слова или цифры, сказанные,

слышимые или прочитанные). Реакция человека на сигнал может быть также непосредственной (двигательной) и словесной.

Железнодорожные сигналы относятся к непосредственным сигналам. Реакция на них в основном проявляется в виде непосредственных действий, поэтому наибольший интерес представляет непосредственный сигнал – непосредственная реакция. При такой схеме условной связи полное время реакции T может быть представлено в виде суммы трёх составляющих $T = t_n + t_d + t_{cx}$, соответственно скрытый (латентный) период реакции, т.е. время от момента появления сигнала до начала ответного действия человека; время на движение (перенесение руки или ноги); время на приведение в действие органа управления или перехода в состояние передвижения.

Необходимо уделить внимание возможностям успеть и не опоздать с требуемой ответной реакцией. Речь идёт о времени сенсомоторной реакции – способности человека с максимальной скоростью давать нужный двигательный ответ на заранее известный, внезапно появляющийся сигнал. Голландский физиолог Ф. Дондерс разделил сенсомоторные реакции на три типа: простая реакция, когда на данный сигнал нужно реагировать определённым ответом; дифференцировочная реакция, когда могут поступать разные сигналы и на каждый из них нужно выбирать свой ответ; дифференцировочная реакция с торможением, когда могут поступать разные сигналы, но на одни из них следует реагировать определённым образом, а на другие нет. [30]

Двигательная деятельность человека является основной формой его поведения во внешней среде. При этом следует указать, что не только физическая работа, но и разнообразные виды умственного труда в конечном итоге, проявляются двигательной активностью. Решающий фактор поведения – это полезный результат. Для его достижения в нервной системе формируется группа взаимосвязанных нейронов – функциональная система (Анохин П. К 1975). Деятельность ее включает следующие процессы: 1) обработка всех сигналов, поступающих из внешней и внутренней среды организма – так называемый, афферентный синтез; 2) принятие решения о цели и задачах

действия; 3) создание представления об ожидаемом результате и формирование конкретной программы движений; 4) анализ полученного результата и внесение в программу поправок – сенсорных коррекций.

Скорость и эффективность опознания зависит от ряда факторов – интенсивности, формы стимула, окружающих условий и др. Оценка органами чувств какого-либо воздействия на организм зависит не только от величины этого воздействия, но и от того, какого порядка воздействие ожидалось, прогнозировалось организмом.

Оно не является абсолютно достоверным, а лишь указывает с какой степенью вероятности можно ожидать наступления того или иного события, следовательно, принятие решения о допустимости или недопустимости перехода через железнодорожные пути в одном уровне перед приближающимся подвижным составом определяется самим человеком на основании индивидуального опыта.

Сложные акты поведения человека во внешней среде требуют постоянного анализа окружающего мира. Основными средствами восприятия являются зрение и слух: через них мы получаем большую часть информации, следовательно восприятие связано с презумпцией слушателя и зрителя.

Четкое восприятие пространства и пространственная ориентация движений обеспечиваются функционированием зрительной, слуховой, вестибулярной, кинестетической систем, рецепции. Оценка временных интервалов и управление временными параметрами движений базируется на проприоцептивных и слуховых ощущениях.

Чтобы выяснить роль значимости зрительного сигнала для человека в эффективности его опознания, в разное время учеными были проведены ряд экспериментов [25, 27, 28, 29, 30,31,32]. В первой части эксперимента по определению значимости зрительного сигнала для человека в эффективности его опознания исследовалась скорость распознавания зрительного сигнала (изображений на экране).

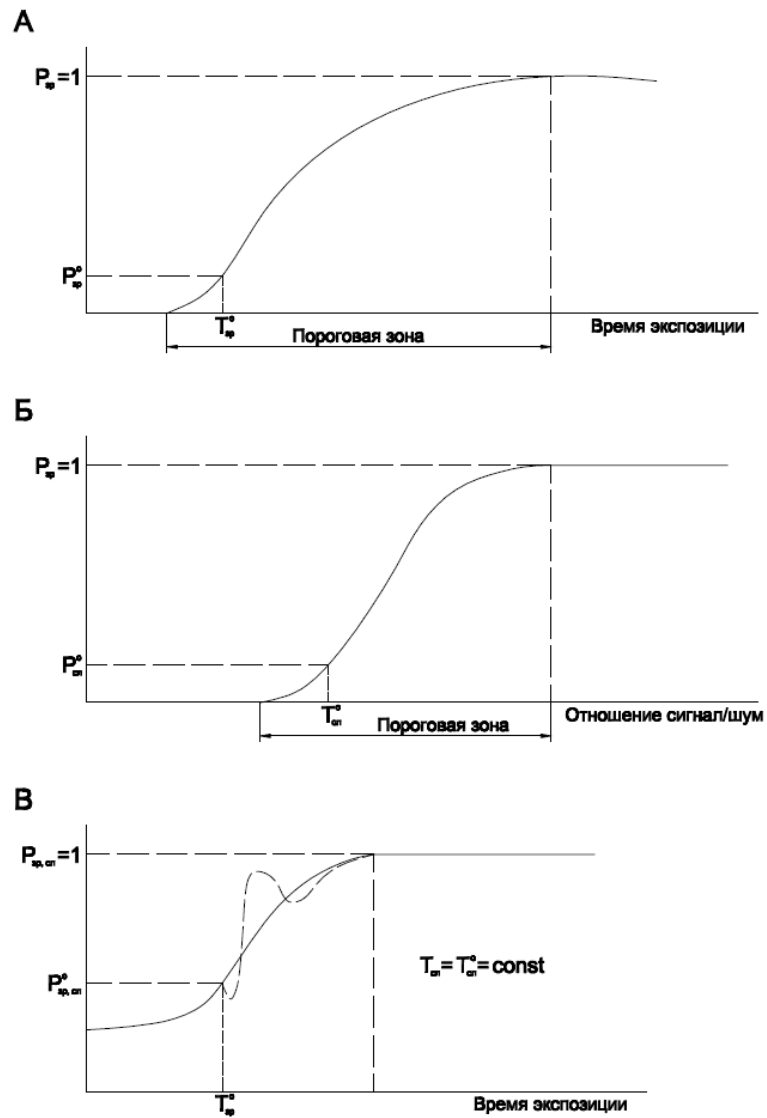


Рисунок 3.2—Значимость зрительного сигнала для человека в эффективности его опознания

Для начала отыскивается пороговая зона, т.е. зона изменений (от 0 до 1) вероятности правильного опознания. В этой зоне находят экспозицию, при которой с вероятностью 0,2 человек правильно опознаёт изображение. Назовём эту экспозицию $T_{зр}$, а вероятность опознания изображения при этой экспозиции — $P_{зр}$.

Во второй части эксперимента исследовался слух — распознавание речевых сигналов (различные слова) на фоне шума. Шум и речевой сигнал подавались через наушники.

В пороговой зоне для соотношения сигнал-шум находилось такое их соотношение, при котором сигнал правильно опознаётся с вероятностью 0,3. Соотношение сигнал – шум $T_{сл}$, а вероятность правильного опознавания изображений в этих условиях $P_{сл}$. В третьей части эксперимента исследовались одновременно зрение и слух.

Какова должна быть вероятность правильного опознавания, если будем одновременно экспонировать изображение с экспозицией $T_{зр}$ и называть этот предмет с соотношением сигнал – шум $T_{сл}$? Согласно исследованиям (рисунок 3.2) значимости зрительного сигнала для человека в эффективности его опознавания [32], установлено, что эффективность опознавания зависит как от вероятности, с которой человек ждёт появления сигнала, так и от значимости сигнала для человека в данных условиях: сигнал опознаётся тем точнее, чем выше вероятностный прогноз его возникновения и чем больше его значимость.

3.2 Обоснование системных факторов травматизма для пешехода с учетом специфических условий при переходе через железнодорожные пути

Чтобы наметить эффективные меры по предупреждению травматизма, необходимо исследовать ряд причин травмирования человека при переходе через железнодорожные пути. Для этого, воспользуемся граф – моделью и проанализируем совокупность факторов, повлекших за собой случай травматизма, связанного с хождением в неустановленных местах в зоне движения поездов.

Условия возникновения наезда (n) на человека при хождении по путям и попытке перехода через железнодорожные пути в неустановленном месте могут быть описаны графом на рисунке 3.3. Сама ситуация описывается, как система влияния f -факторов, задаваемая параметром $\omega_f(t)$. Значения этого параметра в каждый момент времени t будут различными. Возникновение же случая травматизма на выходе граф-модели – $\omega_n(t)$. Предполагается, что

появление такого события обусловлено влиянием сопутствующих факторов и предпосылок. При этом, в случае не возникновения ситуации травмирования функционирование данной модели заканчивается в одном из соответствующих состояний.

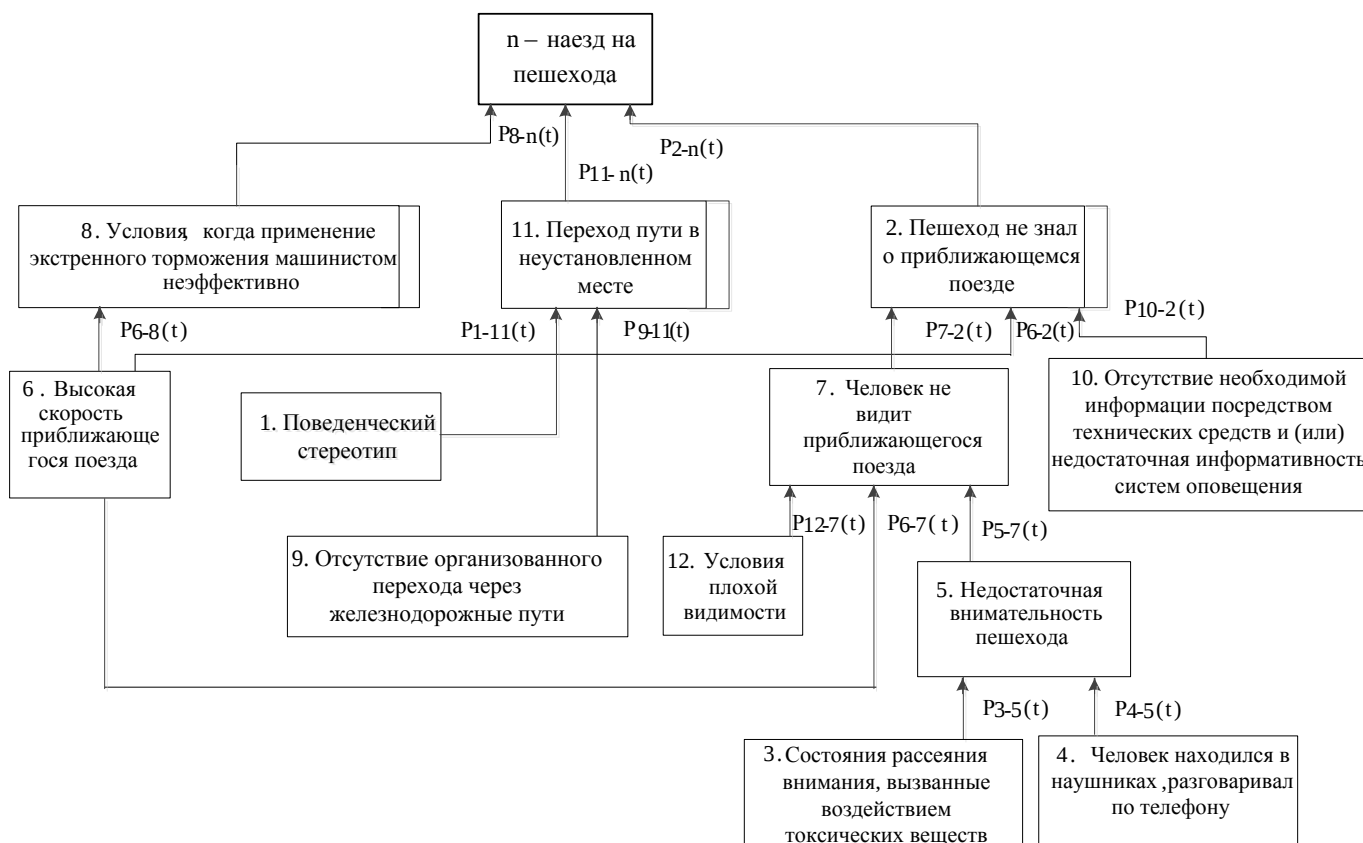


Рисунок 3.3 – Граф–модель причинно–следственных связей неблагоприятных факторов, повлекших за собой случай травмирования в зоне движения поездов при переходе через железнодорожные пути

Количественная мера возможности появления событий графа характеризуется вероятностью $Q(t)$. Для определения вероятности $Q(t)$ и параметра $\omega_n(t)$, указывающих на возможность и частоту появления событий, использовалось свойство инвариантности (неизменных основных характеристик), путём исключения вероятности безопасности при переходе через железнодорожные пути в неустановленном месте $1-Q(t)$. Данное свойство подтверждается пуассоновским распределением числа моделируемых

[illegible]

Значение величины $Q(t)$, являющейся дополнением вероятности безопасности при переходе через железнодорожные пути в неустановленном месте, позволит получить следующее выражение для параметра наезда:

$$\omega_n(t) = \omega_f(t) Q(t) \quad (3.1)$$

Согласно принятым предположениям о необходимых и достаточных для возникновения наезда условиях, могут быть записаны соответственно следующие выражения:

$$\omega_{5-7}(t) = [\omega_{4-5}(t) + \omega_{3-5}(t)] P_{5-7}(t)$$

$$\omega_{7-2}(t) = [\omega_{5-7}(t) + \omega_{6-7}(t) + \omega_{12-7}(t)] P_{7-2}(t).$$

Соответственно можем составить выражение для описания $\omega_f(t)$ и $\omega_n(t)$:

$$\omega_f(t) = P_{1-11}(t) + P_{9-11}(t) + P_{4-5}(t) + P_{3-5}(t) + P_{5-7}(t) + P_{6-7}(t) + P_{6-8}(t) + P_{6-2}(t) + P_{10-2}(t) + P_{7-2}(t) + P_{11-n}(t) + P_{8-n}(t) + P_{2-n}(t) + P_{12-7}(t)$$

$$\omega_n(t) = [P_{1-11}(t) + P_{9-11}(t)] P_{11-n}(t) + P_{6-8}(t) P_{8-n}(t) + \{[P_{6-2}(t) + P_{10-2}(t) + (P_{4-5}(t) + P_{3-5}(t)) P_{5-7}(t) + P_{6-7}(t) + P_{12-7}(t)] P_{7-2}(t)\} P_{2-n}(t).$$

Из формулы получаем $Q(t)$:

$$Q(t) = \{[P_{1-11}(t) + P_{9-11}(t)] P_{11-n}(t) + P_{6-8}(t) P_{8-n}(t) + [(P_{6-2}(t) + P_{10-2}(t) + (P_{4-5}(t) + P_{3-5}(t)) P_{5-7}(t) + P_{6-7}(t)] P_{7-2}(t)\} P_{2-n}(t) + P_{11-n}(t) + P_{8-n}(t) + P_{2-n}(t) / [P_{1-11}(t) + P_{9-11}(t) + P_{4-5}(t) + P_{3-5}(t) + P_{5-7}(t) + P_{6-7}(t) + P_{6-8}(t) + P_{6-2}(t) + P_{10-2}(t) + P_{7-2}(t) + P_{12-7}(t)] \quad (3.2)$$

Числитель дроби представляет собой полную вероятность появления факторов, необходимых и достаточных для возникновения наезда. Значение же величины $Q(t)$, являющейся дополнением вероятности выполнения производственного процесса без происшествий $P_d(t) = 1 - Q(t)$, позволит получить выражение для параметра случая травматизма от наезда подвижного состава:

$$\omega_f(t) = \omega_n(t) Q(t) \quad (3.3)$$

Числитель дроби представляет собой полную вероятность появления факторов необходимых и достаточных для возникновения наезда. Согласно

допущениям сумма вероятностей взаимодействия рассмотренных факторов друг с другом $\omega_n(t) \ll \omega_f(t)$. В соответствии с чем величина дроби $Q(t) \ll 1$.

Исследование полученных выражений, описанных граф–моделью – рисунок 3.3, указывает на возможность определения вероятности возникновения травмирования в зоне движения поездов, т. к. известны предпосылки к наезду при переходе железнодорожных путей, что позволит решить следующие проблемы:

а) уточнить известные представления о закономерностях возникновения случаев наезда на пешехода и обеспечении безопасности в зоне движения поездов;

б) создать предпосылки для дальнейшего прогнозирования показателей непроизводственного травматизма;

в) учитывать возможные факторы травматизма для разработки методов и систем обеспечения безопасности в зоне движения поездов.

Согласно исследованию, важным условием обеспечения безопасности на железнодорожных путях, является видимость в зоне движения поездов и скорость приближающегося поезда.

3.3 Исследование значимости системы оповещения на пешеходных переходах с учетом факторов опасности для пешехода

Как показывает опыт, эксплуатация пешеходных переходов, оборудованных в полном соответствии с требованиями [23], еще не гарантирует полную безопасность. В данном разделе ставится задача выявления степени соответствия параметров технического оснащения пешеходных переходов через железнодорожные пути, поведенческому стереотипу граждан в зоне пешеходного перехода.

Для анализа последовательности действий при переходе через железнодорожные пути по оборудованному пешеходному переходу использован фреймовый метод автоматизированного анализа поступков [41].

На рисунке 3.8 предложена схема взаимодействия внешних и внутренних факторов, влияющих на пешехода.

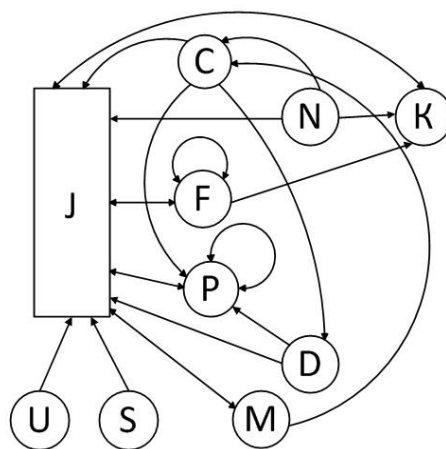


Рисунок 3.8 – Схема взаимодействия факторов перехода

Схема включает следующие подструктуры:

J – пешеход;

F – опорно-двигательная система пешехода;

P – окружающие;

D – правила перехода через железнодорожные пути;

U – ближнее окружение (родственники, близкие);

S – дальнее окружение (правоохранительные органы, работники железнодорожного транспорта и др.);

M – подвижной состав (система оповещения – гудок локомотива, система торможения, локомотивная бригада);

C – техническое оснащение пешеходного перехода (состояние настила, работа системы оповещения);

K – психофизиологическое и эмоциональное состояние человека (в т.ч. спешка, концентрация внимания);

N – материальное окружение пешеходного перехода (объекты вблизи пешеходного перехода, климатические и метеорологические условия и др.).

Пешеход *J* воздействует на окружающих его людей и других пешеходов, например, создавая социальное научение и демонстрируя ошибочные действия

при переходе на запрещающее показание светофоров системы оповещения, или наоборот является положительным примером соблюдения правил перехода (J, P); на систему своего опорно-двигательного аппарата при совершении действия перехода после принятия решения (J, F); на своё физико-психологическое и эмоциональное состояние, например в результате спешки (J, K); на подвижной состав, в частности, в случае использования локомотивной бригадой системы экстренного торможения при появлении пешехода на ж.д. путях при закрытом состоянии пешеходного перехода (J, M).

На самого пешехода возможны следующие воздействия: нарушение правил перехода со стороны других пешеходов (P, J); знание правил перехода, которые ему (D, J) и другим пешеходам (D, P) необходимо соблюдать, осознание ответственности при несоблюдении правил перед ближним окружением (U, J) и дальним окружением (S, J); влияние психофизиологического и эмоционального состояний человека, например: притупление чувства опасности, снижение внимания при спешке (F, J); исправность технического оснащения пешеходного перехода, соответствие показаний системы оповещения поездной обстановке (C, J). Техническое оснащение пешеходного перехода (C) должно соответствовать требованиям [23] и обеспечивать возможность соблюдения правил перехода (C, D). Материальное окружение пешеходного перехода также оказывает влияние на другие факторы (N, C), а также на самого пешехода (N, J), (N, K). Петля (P, P) символизирует внутреннюю связь между окружающими пешехода другими людьми. Кроме того представлена связь между приближающимся поездом и срабатывание системы оповещения (M, C).

Указанные воздействия можно поделить на три группы. Управляющие воздействия пешехода определяются как:

$W_1 = \{(J, P), (J, F), (J, K), (J, M)\}$ (часть из которых непосредственные, а часть опосредованная подструктурами). Группа воздействий обуславливающих состояние всех условий при данных внешних подструктурах, включает в себя:

$W_2 = \{(P, J), (U, J), (S, J), (F, J), (C, J), (C, D), (N, K), (N, J), (N, C), (D, P), (M, C), (M, J), (P, P), (K, J)\}$.

Воздействия W_3 символизирует взаимодействие действий пешехода с дальним и ближним окружением пешехода: $W_3 = \{(S, J), (U, J)\}$.

При включении запрещающего показания на светофоре системы оповещения и отсутствии поезда в зоне видимости, пешеход сталкивается с задачей, имеющей два варианта решения:

a_1 – осуществить переход на запрещающее показание;

a_2 – дожидаться проследования поезда и включения разрешающего показания, вне зависимости от видимости приближающегося поезда.

При решении задачи принятия решения a_1 на пешехода действуют следующие факторы: воздействие (M, J) , определяющее повреждение пешехода приближающимся подвижным составом; воздействия (N, J) , (C, J) на человека – характеризующие условия перехода через железнодорожные пути. Сбор данных показывает, что пешеход зачастую недооценивает опасность для своей жизни и здоровья в результате указанных воздействий, хотя она и является сильной R_3 , но редко осознаваемой L_1 . В то же время, опасность в общем сильного R_3 уровня, которая реализовалась со средней L_2 частотой:

$$f[(L_1, R_3)_S] < f[(L_2, R_3)_0], \quad (3.9)$$

где индексы «0» и «S» указывают на объективный и субъективный характер оценок.

Точно так же, пешеход недооценивает степень влияния психофизиологического и эмоционального состояние человека (в первую очередь, спешки) K на переход с нарушением правил:

$$F[(L_1, R_3)_S] < f[(L_2, R_3)_0], \quad (3.10)$$

пешеход правильно представляет, что идёт на нарушение правил перехода D , но недооценивает причин и последствий данной ситуации:

$$f[(L_2, R_3)_S] = f[(L_2, R_3)_0] \quad (3.11)$$

По данным заключениям, можно сделать вывод, что пешеход недооценивает результат своих действий и идёт на реализацию решения a_1 под воздействием рассмотренных факторов. Следует заметить, что зачастую L_3

пешеход, совершая данные действия, не задумывается об отрицательной реакции окружения P, S, U .

По варианту a_2 , можно заключить следующее. Пешеход без какого – либо ущерба R_0 для себя и других подструктур остаётся ожидать проследования поезда и включения разрешающего показания и по правилам D , он так должен поступать всегда L_4 . В то же время получается, что a_2 будет часто вызывать L_3 негативную R_3 реакцию K , а в случае отсутствия поезда по каким-либо причинам длительное время и недоверие к C . Субъективно же по результатам проведённых ранее исследований пешеход нарушает правила D с высокой частотой L_3 , что вызывает низкое R_1 осознание чувства опасности:

$$F [(L_3, R_1)_5 < f[(L_3, R_3)_0] \quad (3.12)$$

По результатам анализа, можно констатировать, что пешеход, имея по средствам системы оповещения информацию о приближении поезда к пешеходному переходу в сложившейся ситуации, соотнося возникающую при этом задачу пересечения железнодорожных путей со своими возможностями, недооценивает их и не до конца осознаёт всю тяжесть последствий, к которым может привести действие по варианту a_1 .

С психологической точки зрения главной причиной ошибки, совершаемой пешеходом при переходе через железнодорожные пути при запрещающем показании светофора системы оповещения может являться конфликт мотивов, при котором побудительная сила выбрать опасное решение a_1 оказывается существенно большей, чем побуждение действовать по безопасному варианту a_2 . Всё это, зачастую, обусловлено влиянием как внешних, так и внутренних факторов – таких, как социальное научение, психофизиологическое и эмоциональное состояние человека (в том числе спешка) под воздействием которых нарушается концентрация внимания и включают в работу опорно-двигательную система пешехода в нарушение правил безопасного перехода. Кроме того, при длительном запрещающем показании светофорной сигнализации по причине технической реализации системы оповещения, снижается уровень доверия к её работе.

Высокий риск существует в том случае, если человек начинает движение при уже включенном запрещающем показании светофора, когда расстояние до приближающегося поезда слишком мало и даже применение экстренного торможения локомотивной бригадой поезда будет неэффективным.

Дальнейшее совершенствование технического оснащения должно идти с учетом особенностей поведения человека в зоне повышенной опасности и внешних факторов, с перспективой решений по устранению их воздействия во время перехода через железнодорожные пути. Данные вопросы будут рассмотрены в диссертации.

3.4 Выводы по главе 3

1. Анализ результатов исследования значимости зрительного сигнала для человека в эффективности его опознавания, установлено, что эффективность опознавания зависит как от вероятности правильного опознавания изображений $P_{зр}$, с которой человек ждёт появления сигнала, так и от значимости сигнала для человека в данных условиях: сигнал опознаётся тем точнее, чем выше вероятностный прогноз его возникновения и чем больше его значимость.
2. Разработанная граф-модель взаимного влияния совокупности факторов и условий возникновения наезда (n), повлекших за собой случай травматизма, в неустановленных местах в зоне движения поездов, позволяет заключить, что при разработке методов обеспечения безопасности в зоне движения поездов, следует ориентироваться, в первую очередь, на сокращение количества внешних воздействий, влияющих на пешехода, которые могут вызывать мотивацию к нарушению правил безопасности.
3. Проведен фреймовым методом доскональный анализ для выявления внешних обстоятельств, провоцирующих опасное поведение пешехода, а также качеств, состояний и показателей деятельности человека, способствующих их возникновению и доверия к работе системы оповещения.

4 РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ГРАЖДАН В ЗОНЕ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

4.1 Исследование показателей безопасного перехода через железнодорожные пути в одном уровне

При переходе железнодорожных путей в одном уровне, кроме удобства пользования средствами перехода и системами оповещения, другим важнейшим показателем является обеспечение безопасности перехода пути с использованием рассматриваемых технических средств.

Для оценки условий безопасного перехода через пути необходимо выделить следующие показатели:

- вероятность того, что переход через пути осуществляется без задержки;
- вероятность того, что переход задерживается;
- количество людей, ожидающих перехода;
- продолжительность задержки людей в очереди;
- суммарный простой людей в очереди;
- потери от простоев.

Задача определения расстояния на котором можно безопасно перейти перед приближающимся подвижным составом встает как перед гражданами, так и перед работниками железнодорожного транспорта. Работники ОАО «РЖД» оказываются в зоне движения поездов и переходят через железнодорожные пути как при выполнении, так и в свободное от работы время. Известно, что в нерабочее время в зоне движения поездов в 2015 г. на сети железных дорог травмировано на 5% больше работников структурных подразделений ОАО «РЖД», чем в 2014 г., погибших – на 20% больше. [5]. Маршруты следования к рабочему месту в зоне движения поездов организуются в соответствии с требованиями к служебным проходам [75].

Главной технологической оценкой безопасности является время нахождения людей в опасной зоне движения поездов. Данная проблема

подвергалась исследованию в работе [33]. Изучение оценки безопасности перехода проводилось в зависимости от таких факторов, как расстояние до приближающегося подвижного состава, тип подвижного состава, а также от стажа работника (работницы), пола, возраста. Работа выполнялась с помощью исследования работников железнодорожных станций, выполняющих свои обязанности в зоне маневровых передвижений. Этим фактом объясняется выбор для исследования всего двух скоростей 20 и 40 км/ч, для которых и проводились исследования.

В таблице 4.1. приведены средние значения оценок минимальных расстояний для безопасного перехода через железнодорожный путь перед приближающимся к месту перехода подвижным составом.

Таблица 4.1– Влияние скорости и типа подвижного состава на выбор безопасных расстояний работниками станций

Вид подвижного состава	Минимальное расстояние в метрах, при котором можно еще безопасно перейти путь			
	Стаж работы до 6 месяцев		Стаж работы более 5 лет	
	Скорость 20км/час	Скорость 40км/час	Скорость 20км/час	Скорость 40км/час
Поезд	70	125	134	225
Одиночный локомотив	60	99	120	203
Дрезина	46	82	114	187

В контексте исследования можно ограничиться рассмотрением двух факторов – расстояния до приближающегося поезда и типа подвижного состава. Разница между опытными и малоопытными работниками в том, что малоопытные по всем по всем типам подвижного состава вдвое занижают значения минимальных расстояний при которых гарантируется безопасность

перехода через железнодорожный путь. Эта тенденция практически не зависит от типа подвижного состава. В целом, полученный результат дает основание для проведения учебы с малоопытными работниками.

При решении задачи об определении закона распределения скорости людей через пути, используется случайная непрерывная величина – T (время перехода) с плотностью распределения $f(t)$. Другая случайная величина V – скорость перехода – связана с нею функциональной зависимостью

$$V=\varphi(t) . \quad (4.1)$$

Требуется найти плотность распределения V . Функция $\varphi(t)$ является непрерывной и дифференцируемой.

Пусть $g(V)$ – плотность распределения величины V . Для того чтобы определить $g(V)$ необходимо найти сначала функцию распределения величины $G(V)=P(V<v)$ или $G(V)=P(V<v)=P(a<T<t)=\int_a^t f(t)dt$.

Верхний предел интегрирования можно выразить через $t=\psi(V)$, где $\psi(V)$ – функция, обратная функции $U(t)$. Тогда:

$$G(V)=\int_a^{\psi(V)} f(t)dt \quad (4.2)$$

После дифференцирования интеграла по переменной V , входящей в верхний предел, $g(V)=\dot{G}(V)=f(Y(V))x|(U(V))|$.

Так как скорость связана со временем соотношением $V=S/t$. А величина t распределена по логарифмически нормальному закону с плотностью распределения:

$$f(t)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}t6_{lnt}}\exp\left[\frac{-(\ln(\frac{3}{V})-m_{lnt})^2}{26_{lnt}^2}\right] \quad (4.3)$$

После вычислений $V=\varphi(t)=S/t; t=\psi(V)=S/V$, откуда

$$|\dot{\psi}(V)| = S/V^2 \quad (4.4)$$

$$g(V)=f(\psi(V))|\dot{\psi}(V)| \quad (4.5)$$

Выражение для $g(V)$ имеет вид:

$$g(V) = \frac{1\left(\frac{s}{V^2}\right)}{\left(\frac{s}{V}\right)^{6_{lnt\sqrt{2\pi}}}} \exp\left[\frac{-(\ln\left(\frac{3}{V}\right) - m_{lnt})^2}{26_{lnt}^2}\right]. \quad (4.6)$$

Как видно, полученное выражение не что иное, как логарифмический – нормальный закон с параметрами: $a_{lnV} = \ln S - m_{lnt}$, $b_{lnV} = 6_{lnt}$.

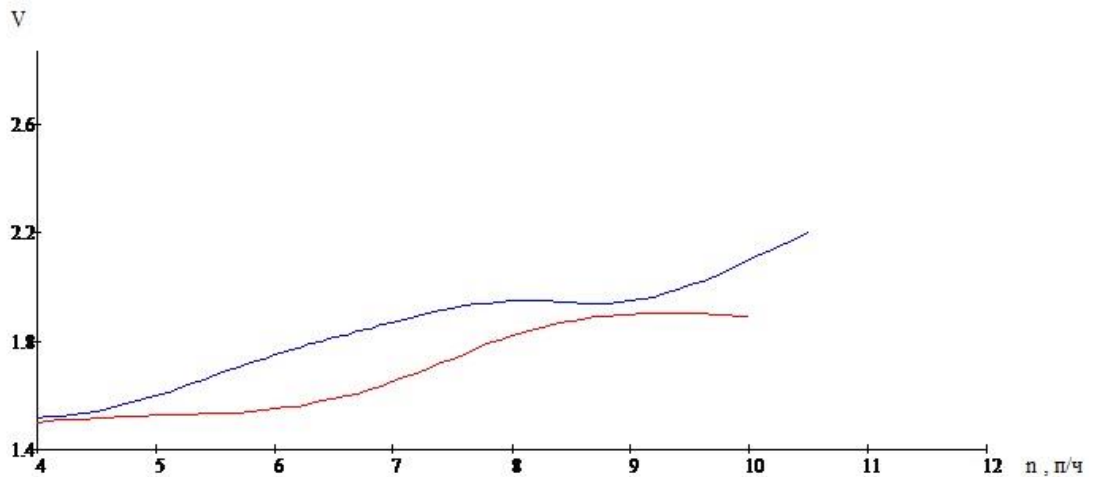


Рисунок 4.1.1 – Влияние интенсивности движения на скорость перехода людей

Полученный закон распределения скорости перехода людей через железнодорожные пути характерен для смешанного потока.

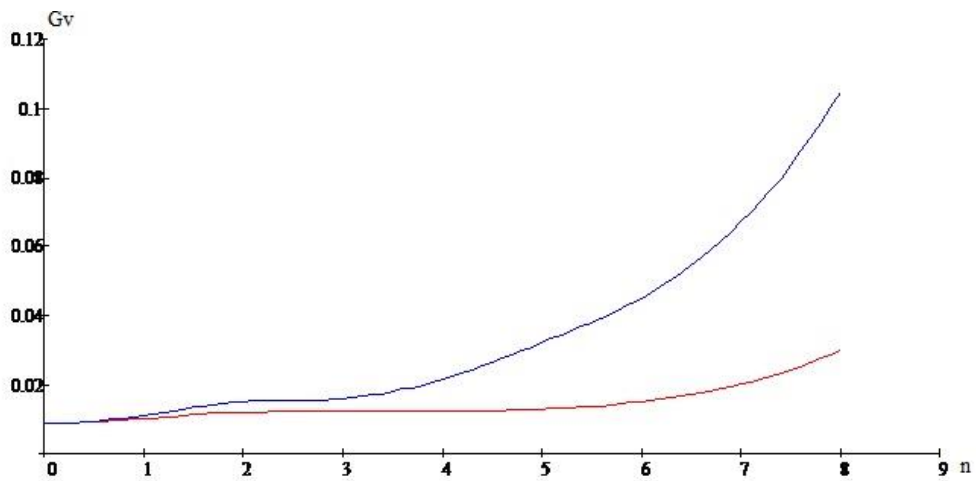


Рисунок 4.1.2 – Дисперсия скорости перехода в зависимости от интенсивности движения поездов

В общем случае поток состоит из людей разного возраста, с различными мотивами, целями передвижения, психофизическими состояниями. Поэтому люди движутся с различными случайными скоростями и на различных случайных расстояниях друг от друга. При этом, минимальный интервал между людьми ограничен некоторой величиной, так как каждый человек заботится об удобстве собственного движения, о создании условий, при которых сохраняется некоторая свобода перемещения. Эта свобода выражается в создании личного пространства, габариты которого составляют перед человеком $1-1,5l$, сзади человека $-0,5l$, где l – длина шага человека.

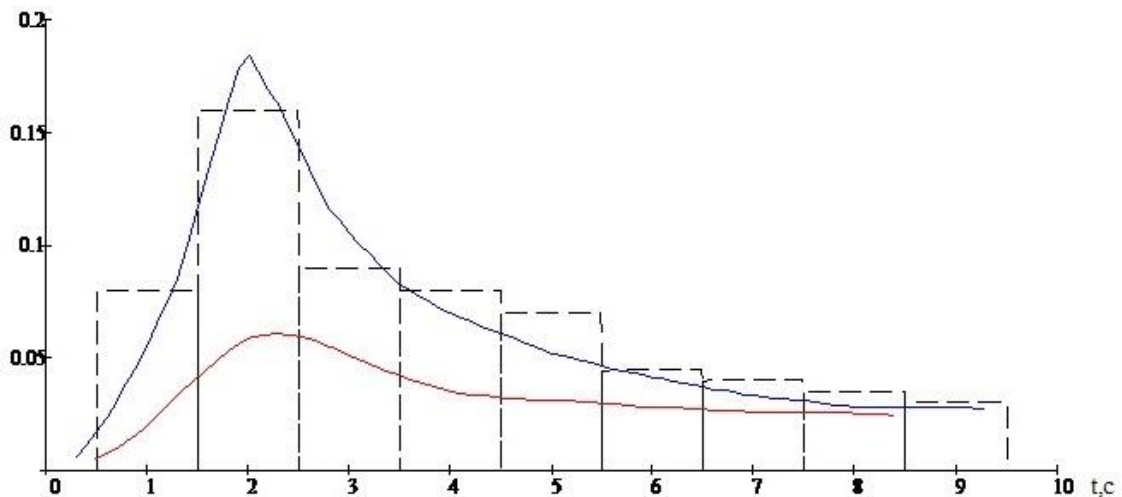


Рисунок 4.1.3 – Распределение интервалов между людьми при разной интенсивности

С увеличением интенсивности движения степень удобства в потоке понижается за счет уменьшения размеров личного пространства

Наблюдениями установлено, что скорость потока людей уменьшается с ростом интенсивности движения. Это объясняется желанием сохранить некоторое удобство движения при уменьшающихся размерах личного пространства в более плотном потоке, что возможно лишь за счет снижения скорости своего движения и приближения скорости к скорости движения других людей. Известно, что скорости движения людей на неопасных для прохода местах соответствует темпу комфортабельного движения. На

переходах же через пути они значительно выше. Однако, в том и другом случаях скорости уменьшаются. [33, 40]

Необходимость оценки рисков на маршрутах служебных проходов и на пешеходных переходах послужила основанием для проведения нового экспертного исследования. Респондентам предлагалось оценить в процентах от 0% до 100% степень их уверенности в безопасности перехода перед приближающимся поездом для фиксированных расстояний, которые легко идентифицируются на основании личного опыта 200, 300, 400, 500, 600, 800, 100 метров. Степень безопасности указывалась не для фиксированной скорости приближения подвижного состава, а для интервалов: 20 – 40 км/ч, 40 – 60 км/ч, 60 -80 км/ч, 80 – 100км/ч, 100 – 160 км/ч.

Также с более высокой надежностью по сравнению с точечной оценкой решается обратная задача – оценки скорости приближающегося подвижного состава. Результаты статистической обработки для скорости 20 – 40 км/ч приведены ниже в таблице 4.2.1.

Полученный результат весьма примечателен. Прежде всего, следует отметить, что средняя оценка $\bar{y} = 62,31\%$ для расстояния в 200м до поезда хорошо коррелируется с результатами работы [33], где диапазон безопасных расстояний изменяется от 187 и до 225м.

Таблица 4.2.1 Влияние скорости на безопасность перехода через железнодорожный путь перед подвижным составом для интервала скорости 20 – 40 км/ч

Расстояние L до подвижного состава, м	200	300	400	500	600	800	1000
Средняя оценка безопасности, $\bar{y}$	62,31	72,19	82,41	90,41	95,74	98,43	99,93

К не учтенным вопросам в работе [33] следует отнести также точечные оценки типа «опасно» и «безопасно». Никакого скачка (точки разрыва) у

функции, описывающей степень безопасности, в зависимости от расстояния нет (типа 200м еще опасно, а 201 уже безопасно).

Оценки существенно различаются в диапазоне расстояний от 200 до 400 м и сближаются после увеличения расстояния до подвижного состава более 500 м (приложение 2А). В целом динамика средних оценок для диапазона от 20 до 160км/ч приведена на графике, изображенном на рисунке 4.2.

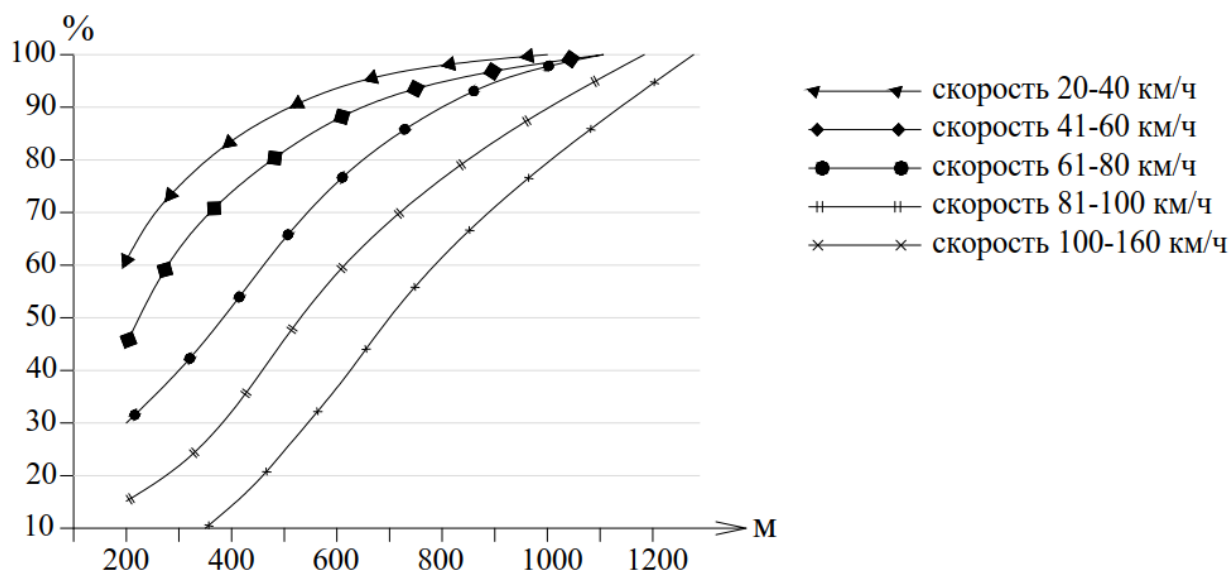


Рисунок 4.2 – Зависимость статистической и теоретической средней оценки безопасности перехода от расстояния до подвижного состава для диапазона скоростей от 20 до 160 км/ч.

Анализ зависимостей, приведенных на рисунке 4.2 показывает, что для диапазона скоростей от 20 - 60 км/ч зависимость оценки от расстояния явно нелинейная, выпуклостью вверх с точкой перегиба в области 300м для диапазона 20 – 40 км/ч и 400м для диапазона скоростей от 20 - 60 км/ч. Здесь оценки достигают 75% уверенности, т.е. верхней границы третьего квартиля распределения. В целом до этого расстояния человек оценивает вклад каждого метра в обеспечение безопасности более весомым, чем после указанных расстояний.

Сопоставим полученные результаты с расчетными, принимаемыми во внимание при обосновании минимальных расстояний на которых следует

регистрировать подвижной состав или иное рельсовое транспортное средство, движущееся к месту организованного перехода через железнодорожные пути.

Цель проведения экспертных исследований в данном случае состоит не в том, чтобы получить высокоточные оценки безопасности перехода. Эксперты просто не способны дать такие оценки, типа безопасность для данного скоростного диапазона при расстоянии X составит 0,9998. Основной смысл состоит в том, чтобы при обосновании расчетных расстояний избежать грубых ошибок вследствие недоучета отдельных компонент составляющих модель поведения человека на пешеходном переходе.

4.2 Обоснование безопасных расстояний перехода через пути

При обосновании минимальных расстояний определения координаты подвижного состава, приближающегося к месту перехода и времени оповещения, необходимо учитывать составляющие поведения человека при переходе. Установлено, что при определении условий безопасного перехода пешеход оценивает время, которое он затратит и сопоставляя это время с прогнозируемым временем подхода подвижного состава, делает оценку степени безопасности такого действия. В исследовании [42] представлены измерения времени перехода пешеходов для различных ситуаций, которые имеют место в зоне пешеходного перехода.

Для измерения была использована видеозапись формата HD. Замеры проводились на двухпутном участке от момента пересечения плоскости, проходящей через крайний рельс первого пути, до выхода за плоскость аналогичного крайнего рельса второго пути (приложение 2Б).

Наличие четких ориентиров (рельсы) позволило с максимальной погрешностью не более 100мм регистрировать процесс перехода отдельными гражданами. Как показано на рисунке 2 база измерения равна $L_{\text{изм}} = 5740\text{мм}$. Столь значительная база (почти в 6м) позволяет снизить до минимума влияние абсолютной погрешности измерения $\Delta = \pm (100 + 100) = \pm 200\text{мм}$ на общий

результат. Относительная погрешность составит не более $\delta \leq 3,5\%$. К примеру, в выполненном ранее исследовании измерялось время перехода через колею пути (1520мм) и при той же абсолютной погрешности относительная погрешность составляла около $\delta \approx 13\%$, что не могло обеспечить достаточную точность конечного результата, как это будет показано ниже.

Потенциально опасным для пешехода, как правило, является один из путей, а если участок однопутный – то один путь. Безопасность пешехода обеспечивается для максимальной скорости менее 160км/ч при нахождении на расстоянии не менее $L_{без} = 2\text{м}$ от ближнего к пешеходу рельса. С учетом этого расстояния общая длина перехода через один путь, гарантирующая безопасность пешеходу составит:

$$L_{пер} = L_{без} + 1520 + L_{без} + B \quad (4.7)$$

где B – габарит тела человека определяется из формулы

$$B = b1(P\ 95) + \varepsilon \quad (4.8)$$

где $b1(P\ 95)$ – толщина тела человека, принимаемая равной 342 мм для 95-го процентиля и 361 мм – для 99 -го процентиля;

ε – суммарная поправка на случайные движения тела и одежду.

В документе ЕН 547-3 рекомендуется при определении ε прибавлять поправки по ширине во фронтальной проекции в качестве основной для движения тела 100 мм и на тяжелую зимнюю или личную защитную одежду также 100 мм.[75]

В качестве расчетного $b1(P\ 99)$ принято значение 361мм. В итоге, величина $L_{пер}$ для рассмотренных условий составит:

$$L_{пер} = 2000 + 1520 + 2000 + 361 + 100 + 100 = 6081 \text{ мм}$$

С учетом полученного результата время каждого измерения на отрезке $L_{изм} = 5740\text{мм}$ необходимо откорректировать, умножив на поправочный коэффициент $\beta = L_{пер} / L_{изм} = 1,059$.

Прежде всего, рассмотрены результаты статистической обработки замеров времени перехода в относительно благоприятных погодных условиях зимнего

периода, в дневное время (чистого, без гололёда и снега настила перехода) и при отсутствии взаимного влияния пешеходов друг на друга. Последнее обстоятельство является весьма значимым.

Для расчетов числа групп в вариационном ряду используется известная формула Стреджесса: $K \approx 1 + 1,44 \ln n = 8,54 \approx 9$ интервалов

Необходимо, чтобы в каждый из интервалов изменения времени перехода попадало не менее трех измерений.

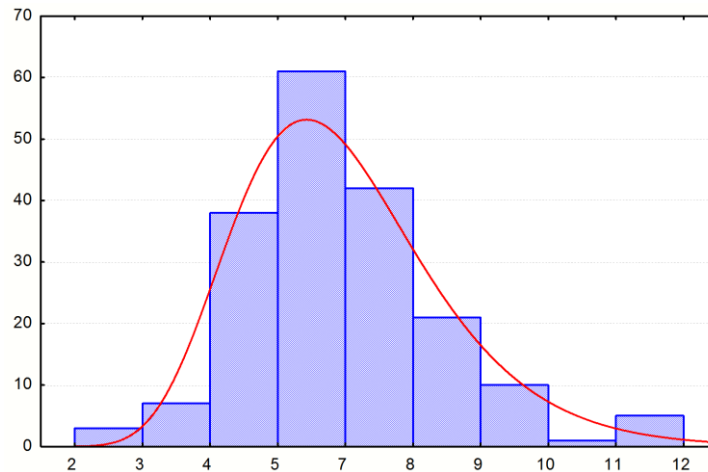


Рисунок 4.4 – Статистика времени перехода в нормальных погодных условиях без затеснения.

Минимальные зафиксированные значения 2,0 – 3,0 с на самом деле уже соответствуют бегу, что, впрочем, также имеет место. В качестве теоретического принят логарифмически нормальный закон распределения (сокращенно – логнормальный закон распределения), функция плотности которого имеет вид:

$$f(t) = \frac{1}{t\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - \mu)^2}{2\sigma^2}}, t > 0 \quad (4.9)$$

Подставляя полученные по выборке параметры запишем:

$$f(t) = \frac{1}{0,458\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\ln t - 1,782)^2}{0,132}}$$

Математическое ожидание времени перехода составило $m_t = 6,50$ с, среднеквадратическое отклонение $\sigma_t = 1,66$ с:

$$m_t = e^{\mu + \frac{\sigma^2}{2}} = e^{1,84 + \frac{0,257^2}{2}} = e^{1,87} = 6,50 \text{ с}$$

$$D_t = (e^{\sigma^2} - 1)e^{2\mu + \sigma^2} \text{ и } \sigma = \sqrt{D_t} = 1,66 \text{ с.}$$

Прежде всего, проанализированы данные, полученные в условиях снегопада, но без гололедных явлений. Как видно из гистограммы рисунка 4.5 это распределение имеет ярко выраженную правостороннюю асимметрию и может быть также описано логарифмически – нормальным законом.

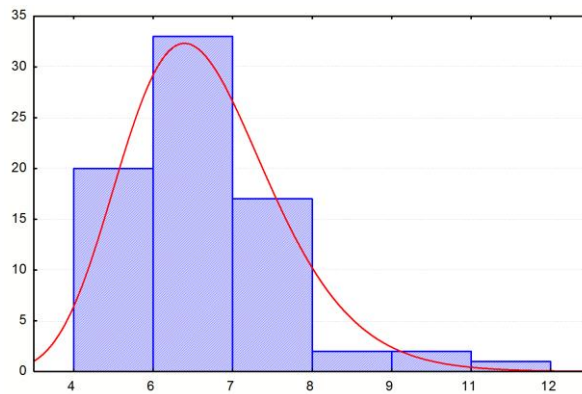


Рисунок 4.5 – Статистика времени перехода в условиях снегопада без затеснения

Отличием от обычных условий является рост минимальных значений времени перехода через пути с 2,01 с до 4,36 с.

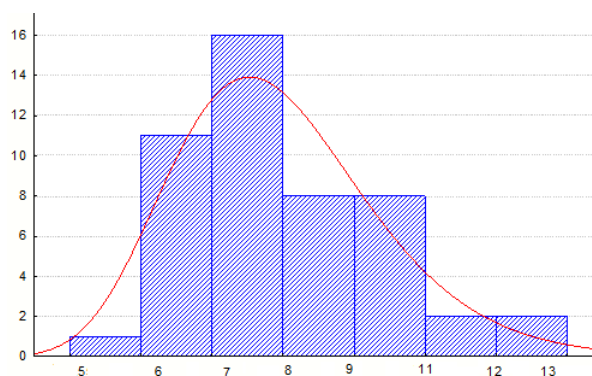


Рисунок 4.6 – Статистика времени перехода в условиях гололедных явлений без затеснения

В условиях недостаточной видимости (данные снимались на переходе третьей категории) меняется стереотип поведения, а именно граждане

приостанавливаются в зоне накопления и, убедившись, что поезда нет, стараются перейти за минимальное время. Значительно сильнее на увеличении времени перехода сказывается наличие гололеда.

В основном, это выражается в росте дисперсии времени перехода. Если для обычных условий среднеквадратическое отклонение $\sigma_t = 1,66$ с, то здесь оно составляет уже $\sigma_t = 1,85$ с. В целом переход через железнодорожные пути по настилу в условиях гололедных явлений можно рассматривать в качестве экстремального распределения времени перехода и именно эти данные должны приниматься при назначении гарантийного времени перехода.

Другим примером перехода в экстремальных условиях является движение в условиях затеснения, когда ширины настила перехода хватает только для движения в колонну по – одному в каждом направлении. В этом случае медленный темп движения одного из пешеходов определяет темп движения всей колонны и нет возможности его обогнать, не сойдя с настила. Отличительной особенностью такой ситуации является рост среднего времени затрачиваемого людьми на переход с 6, 48 с до 8,29 с. Однако, максимальные значения все же – около 14 с, как это видно из рисунка 4.7.

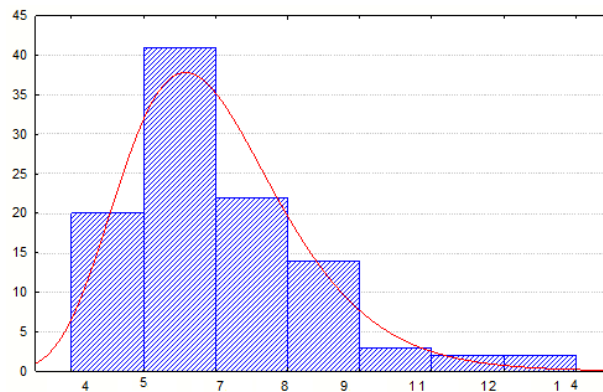


Рисунок 4.7 – Статистика времени перехода в условиях затеснения без гололедных явлений

Проверка по критериям согласия показывает, что оба этих распределения принадлежат одной генеральной совокупности, вид распределения которой показан на рисунке 4.8.

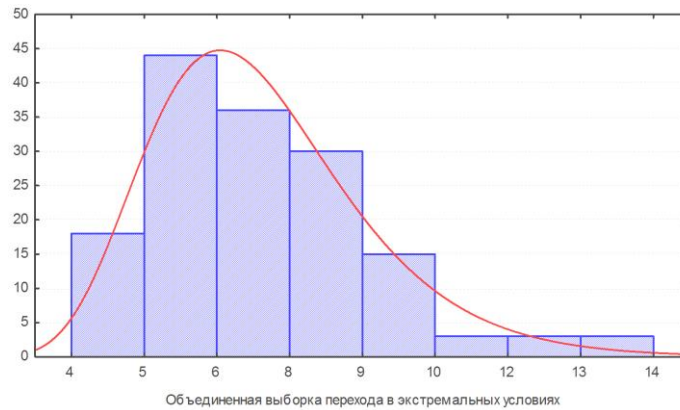


Рисунок 4.8 – Статистика времени перехода в экстремальных условиях: $N = 152$; $\text{Mean} = 7,065$; $\text{StdDv} = 2,0395$; $\text{Max} = 14,234$; $\text{Min} = 3,604$

Для полученных данных вероятности обеспечения безопасности будут :

$$T_{\text{прибл}} = X / v_{\text{max}} \quad (4.10)$$

$$P_{\text{без}} = P(T_{\text{прибл}} > t_{\text{перрасч}}) \quad (4.11)$$

Вероятность попадания случайной величины, распределенной по логнормальному закону, в область $X > x$ находится по известной формуле:

$$P(T \leq t) = P\left(T \leq \frac{\ln t - \mu}{\sigma}\right) \quad (4.12)$$

Однако, любой человек, прежде чем войти в опасную зону, должен убедиться в безопасности перехода. Поэтому в расчетах брать «чистое время перехода» недопустимо, следует учесть время на обнаружение опасного объекта и время на принятие решения. Максимальное значение (с доверительной вероятностью 0,99) дополнительного времени следует принять равным 6,0с. Можно условно считать, что в целом время перехода смещено на сумму этих величин, т.е. на 6,0с.

С учетом принятых допущений получены скорректированные оценки безопасности, приведенные в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Скорректированные оценки безопасности

Расстояние до приближающегося подвижного состава, м	200	300	400	500	600	800	1000
Диапазон скоростей, км/ч	Вероятность обеспечения безопасности						
20 – 40 км/ч	0,97429	0,99995	0,999998	1	1	1	1
40 – 60 км/ч	опасно	0,97429	0,99959	0,99993	0,999998	1	1
60 – 80 км/ч	опасно	опасно	0,97429	0,99884	0,999947	0,999998	1
80 – 100 км/ч	опасно	опасно	опасно	0,97429	0,997829	0,999984	1
100 – 160 м/ч	опасно	опасно	опасно	опасно	опасно	0,97429	0,99884

В таблице 1 к категории опасно отнесены ситуации, при которых вероятность обеспечения безопасности ниже 0,95. Для каждого из приведенных диапазонов скоростей получены уравнения регрессии, позволяющие рассчитать для любого заданного значения вероятности обеспечения безопасности участок приближения.

4.3 Направления совершенствования систем обеспечения безопасности на пешеходных переходах

Согласно требованиям, в среднем, для однопутного участка величина t изменяется от 43 с до 46 с, а при пересечении двух путей – 55 с для перегонов и 60 с для станций. Запрещающее показание сигналов светофора на пешеходных переходах (и отключение звукового сигнала) должно сменяться на

разрешающее не позднее 10 с от момента полного освобождения поездом зоны пешеходного перехода.

Для исследования фактического времени работы системы оповещения потребовалось проведение экспериментальных измерений. Исследования проводились на пешеходном переходе пл. Дегунино, Московской железной дороги с высокой интенсивностью движения поездов. Результаты измерений представлены на диаграмме (рисунок 4.9), где время от момента закрытия пешеходного перехода до проследования поезда $t_{пс}$; время, когда переход закрыт, светофор горит красным $t_{зак}$; время, когда переход открыт, светофор горит зелёным $t_{отк}$. Согласно полученным данным, время работы сигнализации на запрещающее показание часто существенно завышено (выше 5 минут), а промежуток времени от момента закрытия пешеходного перехода до проследования поезда, превышает параметры срабатывания устройств автоматики в совокупности с характеристиками освобождения перехода группой лиц.

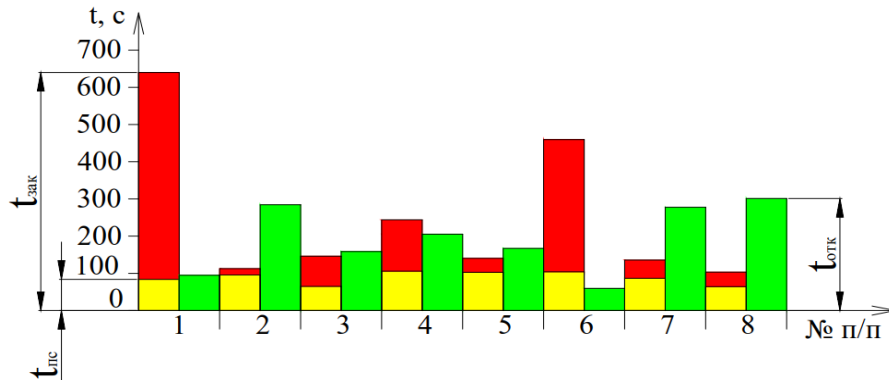


Рисунок 4.9 – Временные параметры работы системы оповещения на пешеходных переходах в реальных условиях

В связи с этим, ставится задача об оптимизации временных параметров работы системы оповещения, а также возникает необходимость разработки новых устройств определения Координаты поезда приближающегося к пешеходному переходу через железнодорожные пути, выявления степени соответствия параметров технического оснащения пешеходных переходов

через железнодорожные пути, поведенческому стереотипу граждан в зоне пешеходного перехода.

Было выполнено следующее экспертное исследование [36], в ходе которого опрашиваемым предлагалось ответить на ряд вопросов.

Один из вопросов анкеты касался готовности пешехода ожидать фактического проследования поезда после включения красного сигнала. Ответ предлагалось дать для двух ситуаций:

респондент испытывает дефицит времени, что весьма характерно, например, при следовании на работу;

респондент имеет определенный запас времени (условно затратить 2-5 минут ожидания на переход для него не проблематично).

Ответы экспертов в первом случае имеют следующее распределение, приведенное на рисунке 4.10. Из диаграммы видно, что более 52 % опрошенных не готовы ждать проследования поезда в условиях дефицита времени более 30 с. В тоже время статистические исследования показывают, что время от перекрытия сигнала светофора пешеходного перехода на красный свет до фактического проследования поезда составляет более 1 минуты (до 5 минут).

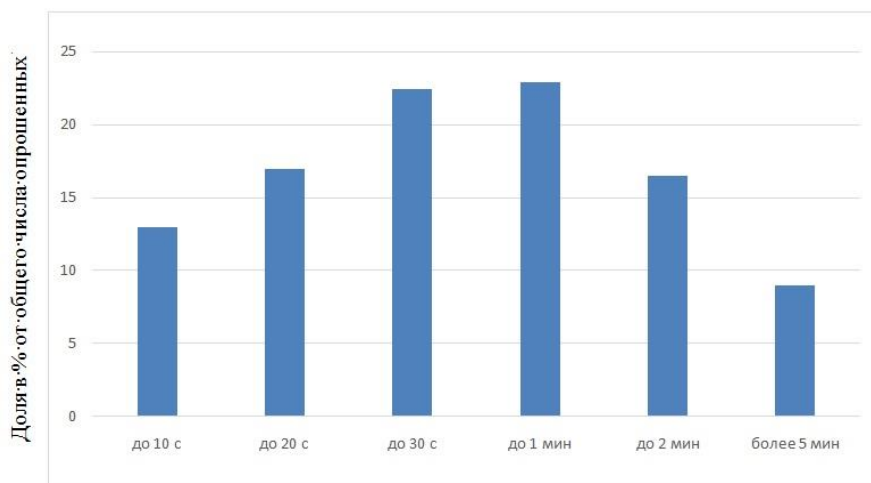


Рисунок 4.10. - Распределение времени ожидания до принятия решения о переходе на красный сигнал при дефиците времени

Следовательно, до 50 % пешеходов готовы начать движение по переходу при наличии красного огня светофора и отсутствии поезда (или иного подвижного состава) в зоне видимости с пешеходного перехода. Проблема оптимизации времени ожидания не нова для железнодорожного транспорта, с ней связано большинство (порядка 95%) всех аварий на железнодорожных переездах. Указанные ДТП произошли по вине водителей автотранспортных средств, которые в нарушение правил дорожного движения выезжали на переезды при запрещающих показаниях автоматической сигнализации и закрытых шлагбаумах. Примечательно, что примерно в половине случаев (ДТП) видимость поезда водителем составляла 500 метров и более, что исключает случайность в принятии решения о нарушении правил дорожного движения.

Поведение граждан в той же ситуации, но при отсутствии дефицита времени, изменится следующим образом. Ситуация более соответствует фактическому интервалу от закрытия светофора на пешеходном переходе до появления поезда (рисунок 4.11). Однако примерно 15 % опрошенных даже в этой ситуации не намерены ожидать разрешающего огня светофора.

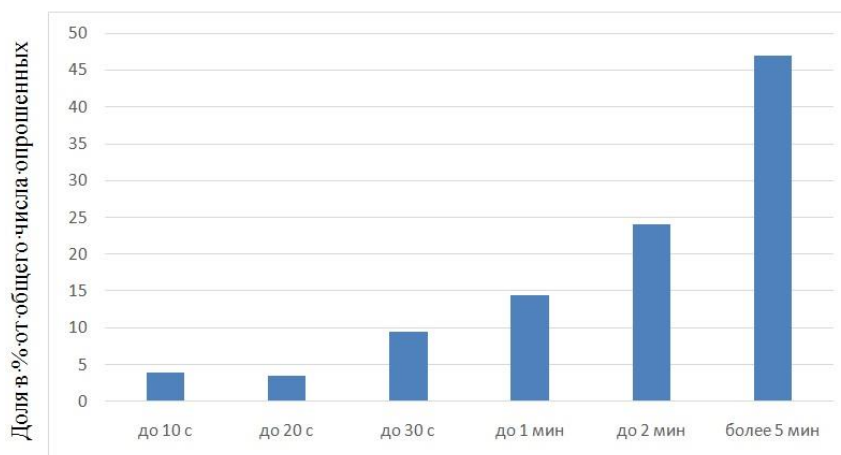


Рисунок 4.11 – Распределение времени ожидания до принятия решения о переходе на красный сигнал

Представляет интерес опрос тех же респондентов о готовности рискнуть и перебежать железнодорожный путь перед приближающимся подвижным

составом. Для полноты анализа имеет смысл условно разбить респондентов на три категории:

1-я - чрезмерно рискованные (около 30% опрошенных), готовые в условиях дефицита времени ждать не более 10 – 20с;

2-я - умеренно рискованные (около 45% опрошенных), готовых в условиях дефицита времени ждать не более 30 – 60с;

3-я - осторожные (около 25% опрошенных), готовых в условиях дефицита времени ждать более 2мин.

В первой группе доля лиц, допускающих возможность перебежать перед поездом, составляет 27,9 %, во – второй – 12,3%, в – третьей – 5,6%. Графическая иллюстрация приведена на рисунке 4.12.

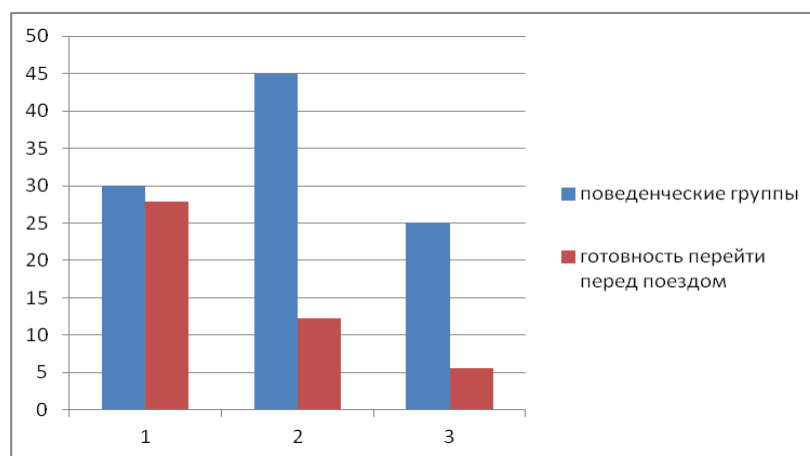


Рисунок 4.12 – Поведенческие группы.

Свою решимость попытаться перебежать перед приближающимся подвижным составом респонденты обосновывали способностью правильно оценить безопасное расстояние. Любопытно, что среди людей «осторожных» (3-я поведенческая группа), ожидающих более 2 минут смену сигнала на разрешающее показание найдется не менее 5% тех, кто допускает попытку перейти перед приближающимся поездом.

Поведенческий стереотип первой группы в условиях отсутствия жестких ограничений на время перехода (человек не испытывает дефицит времени) требует особого рассмотрения. Распределение времени ожидания по данной группе, приведенное на рисунке 4.11, резко отличается от довольно «благополучного» общего распределения рисунка 4.10. Если в общей массе опрошенных число лиц, допускающих ожидание до 1 минуты составляет около 30%, то в первой группе эта доля превышает 62,8%, более чем в два раза. Такой результат подводит нас к выводу о необходимости проведения подобного анкетирования на предприятиях железнодорожного транспорта и на предприятиях, работники которых при следовании на работу используют переходы через железнодорожные пути.

Действительно, лица из 1-й группы склонны к необоснованному риску даже в условиях, когда выигрыш от подобного поведения весьма сомнителен.

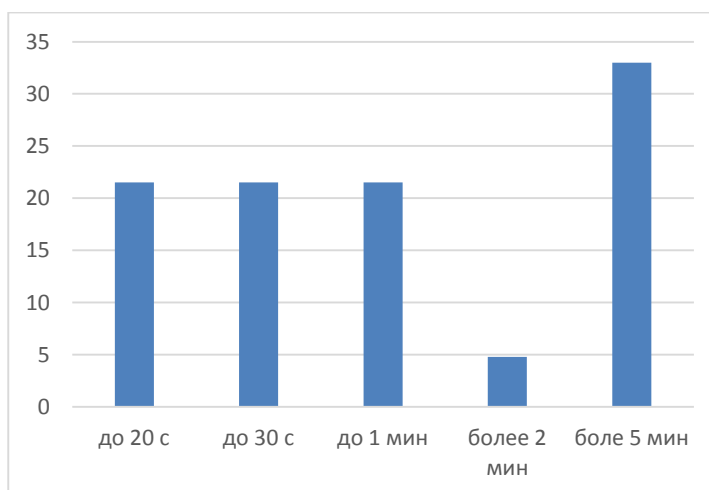


Рисунок 4.13 – Распределение времени ожидания первой группы в условиях отсутствия жестких ограничений на время перехода

С лицами из 1-й группы в обязательном порядке необходимо проводить дополнительный инструктаж по мерам безопасности в зоне железнодорожных путей.

Для пешеходов, переходящих через железнодорожные пути по пешеходному переходу значимой является проблема видимости. Зачастую, фактором, создающим временные ограничения видимости, выступает

пригородный подвижной состав, задерживающийся с отправлением как это показано на схеме рисунка 4.14.

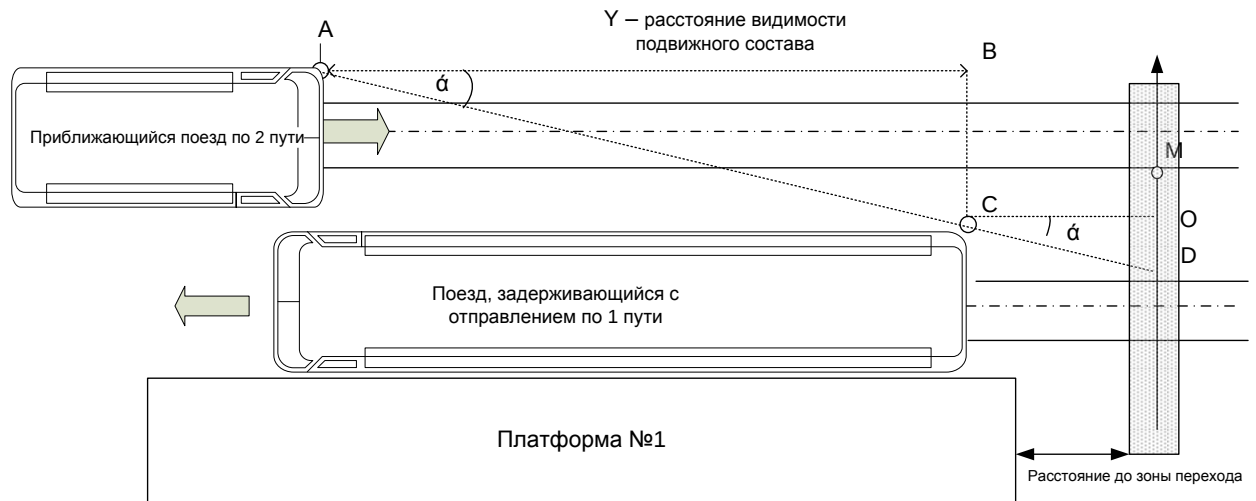


Рисунок 4.14– Опасная ситуация в условиях временных ограничений видимости при переходе через железнодорожные пути

В этой ситуации в настоящее время сигнализация на пешеходном переходе будет давать запрещающие сигналы даже в отсутствии поезда по второму пути. Оценим безопасность перехода по настилу пешеходного перехода в этих условиях. Прежде всего, необходимо определить расстояние Y , которое определяет видимость подвижного состава, приближающегося по второму пути на расстоянии x от края платформы. При приближении пешехода к точке D расстояние видимости можно оценить, рассмотрев два «виртуальных» треугольника $\triangle ABC$ и $\triangle COD$. Из подобия этих треугольников следует, что имеет место пропорция: $Y/BC = x/OD$.

В качестве исходных данных примем расстояние между осями пути составляет $L_{мп} = 4100$ мм, габарит подвижного состава (T) принимаем равным (на высоте 1,5 – 2,0м) $T = 3400$ мм.

Поскольку, опасность исходит только со стороны второго пути, то среднее время реакции на опасность составляет около 2 с.

С учетом принятых условий расстояние гарантирующее безопасность $L_{без}$ от точки D до ближнего рельса второго пути – точка M составит:

$$L_{без} = 2,0 + V_{пеш} \times t_{реакции\ max} = 4,0 \text{ м.}$$

$V_{пеш}$ – принимаем равной 1,0 м/с т.е. чуть выше средней или 3,6 км/час.

Расстояние BC численно равно расстоянию между осями путей - 4,1м, соответственно расстояние OD : $OD = L_{безд} - (L_{мп} - 1520 - \Gamma/2) = 2,36$ м.

Пропорция 1 примет вид:

$$Y = x \times BC / OD = 1,74 \times x, \text{ м.}$$

Согласно требованиям расстояние от торцевой части платформы до настила пешеходного перехода должно составлять не менее 20 м. Таким образом, в среднем поезд можно обнаружить на расстоянии равном $L_{прибл} = x + Y = 54,8$ м.

В данной ситуации, побудительным мотивом для перехода через железнодорожные пути, даже при закрытом пешеходном переходе может послужить отсутствие достоверной информации о причинах запрещающего режима работы сигнализации на пешеходном переходе. Вне зависимости от категории (1-3) пешеходного перехода обеспечение достаточной видимости является абсолютным приоритетом в обеспечении безопасности. В условия недостаточной видимости меняется стереотип поведения: граждане приостанавливаются в зоне накопления и, убедившись, что поезда нет, стараются перейти за минимальное время.

Для выявления перспективных направлений в совершенствовании существующей и вновь разрабатываемых систем управления сигнализацией на пешеходных переходах в работе [37] проведено экспертное исследование, в ходе которого гражданам и специалистам предлагалось ответить на вопросы анкеты, приведенной в виде таблицы 4.3. Результаты исследования хорошо коррелируют с многочисленными публикациями на тему выявленных нарушений правил нахождения граждан и размещения объектов в зонах повышенной опасности [14]. Необходимо подчеркнуть, что в целом ситуация усугубляется несовершенством применяемой системы сигнализации на пешеходных переходах, что и было учтено при формировании вопросов анкеты. При разработке анкеты были также учтены материалы служебного расследования обстоятельств несчастных случаев. Анализ этих материалов

показывает, что во многих случаях травмирование происходило в условиях ограниченной видимости.

Таблица 4.3 – Анкета

№	Факторы	Ранги	Баллы
1	Высокая надежность световой и звуковой сигнализации (в том числе минимальное время нерабочего состояния при отказах)		
2	Наличие световых указателей направления ожидаемого подхода поезда к зоне пешеходного перехода (при переходе через два пути и более)		
3	Наличие посекундной индикации времени до проследования поезда через зону пешеходного перехода		
4	Наличие посекундной индикации времени до включения красного сигнала на светофоре пешеходного перехода		
5	Видимость приближающегося поезда из любой точки пешеходного перехода на расстояниях, гарантирующих безопасность перехода при максимальной скорости движения поезда		
6	Применение более совершенных средств звуковой и световой сигнализации на переходах с целью психологического воздействия на потенциальных нарушителей		
7	Применение действенной системы плакатов, например, с указанием числа смертельных случаев или типа «Ты следующий?»		
8	Блокировать работу сотовых телефонов, плееров и т.п. при приближении ближе 3м к зоне перехода		
9	Обеспечивать качественное содержание настила пешеходного перехода (без наледи и снега), использование системы электрообогрева		
10	Обеспечить такую ширину настила пешеходного перехода, чтобы ни при каких условиях не возникало ситуации, когда человек находясь в очереди на переход не смог бы за время разрешенного движения осуществить переход		
11	Оснащение системой видеорегистрации нарушителей		
12	Установка в точке D дополнительного сигнализатора повышенной громкости и яркости		
13	Регулярность пользования пешеходным переходом ____ раза в год, ____ раза в месяц, ____ раз в неделю, _____ практически ежедневно. Что не устраивает в том переходе, которым Вы пользуетесь? Укажите влияние на безопасность перехода через железнодорожные пути следующих факторов технического оснащения места перехода.		

Важным вопросом для априорного статистического анализа является оценка степени согласованности опрашиваемых, которая определяется по коэффициент конкордации W.

Коэффициент позволяет численно выразить меру сходства оценок экспертов и рассчитывается в следующем порядке:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} \quad (3.1)$$

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^m x_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m x_{ij}}{n} \right)^2, \quad (3.2)$$

где m – количество экспертов;

n – количество ранжируемых факторов.

В том случае, если имеет место полное совпадение мнения специалистов $W=1$, а при несовпадении $W=0$. Таким образом, значение коэффициента конкордации может изменяться в пределах: $0 \leq W \leq 1$.

В связи с тем, что имеются связанные ранги, учитывается T_i :

$$T_i = 1/12 \cdot \sum_{i=1}^n (t^3 - t), \quad (3.3)$$

где t – число связанных рангов в каждом столбце матрицы рангов.

Вычисляется среднее значение суммы рангов по всем факторам:

$$\sum R_{ij} = m(n + 1)/2 \quad (3.4),$$

где m – число экспертов;

n – число факторов.

$$\sum R_{ij} = (15 \times (11 - 1))/2 = 75$$

Находятся отклонения суммы рангов фактора от средней суммы:

$$d_i = \left| \sum R_{ij} - m(n + 1)/2 \right| \quad (3.5)$$

где: $\sum R_{ij}$ – ранг присвоенный i -му фактору j -м экспертом;

m – число экспертов;

n – число факторов.

Подсчитывают по всем факторам суммы квадратов отклонений:

$$\sum d_i^2 = \sum (\sum R_{ij} - m(n+1)/2)^2 \quad (3.6)$$

Оценка значимости коэффициента конкордации W производится по критерию согласия Пирсона. Разброс мнений экспертов по этой группе существенно меньше. Расчет коэффициента конкордации Пирсона показывает, что мнения внутри каждой из групп весьма близки.

Расчет коэффициента корреляции Спирмена $r = 0,98$ – и это вполне объяснимо, если учесть что первые 5 факторов совпадают:

$$r = 1 - \frac{6 \sum dj^2}{k(k^2-1)} \quad (4.13)$$

где $\sum d^2$ - сумма квадратов разностей рангов, а k - число парных наблюдений.

В процессе обработки анкет (136 респондентов) получено следующее распределение средних по группе рангов, представленное на рисунке 4.15.

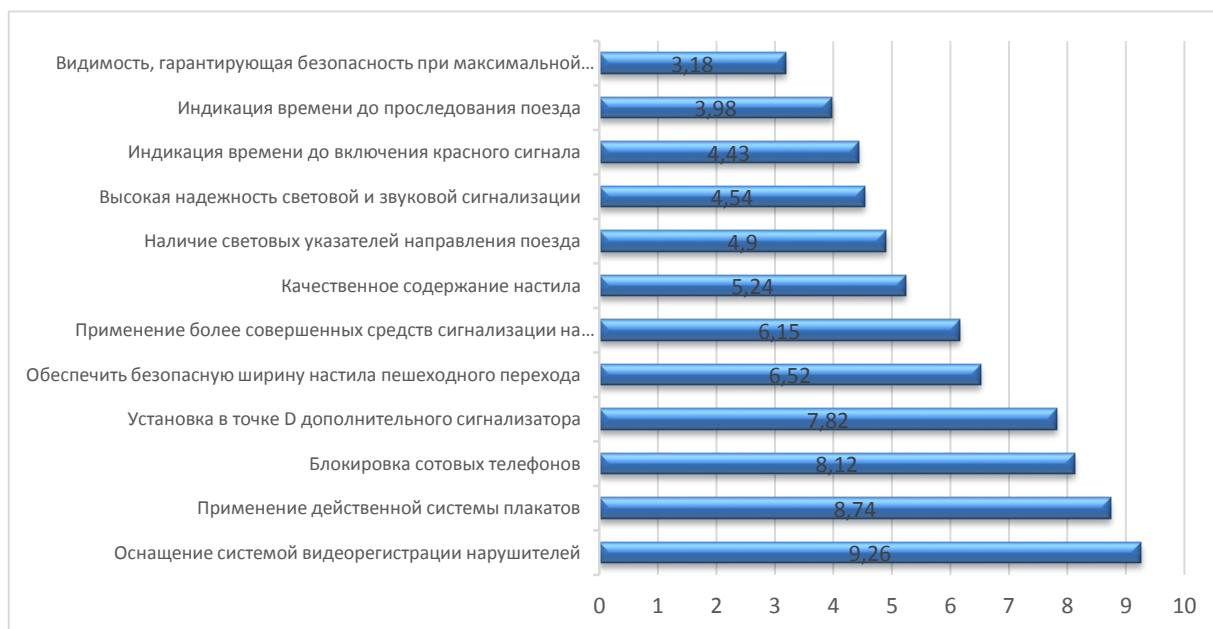


Рисунок 4.15 – Ранговая оценка эффективности мероприятий по совершенствованию технического оснащения пешеходных переходов гражданами

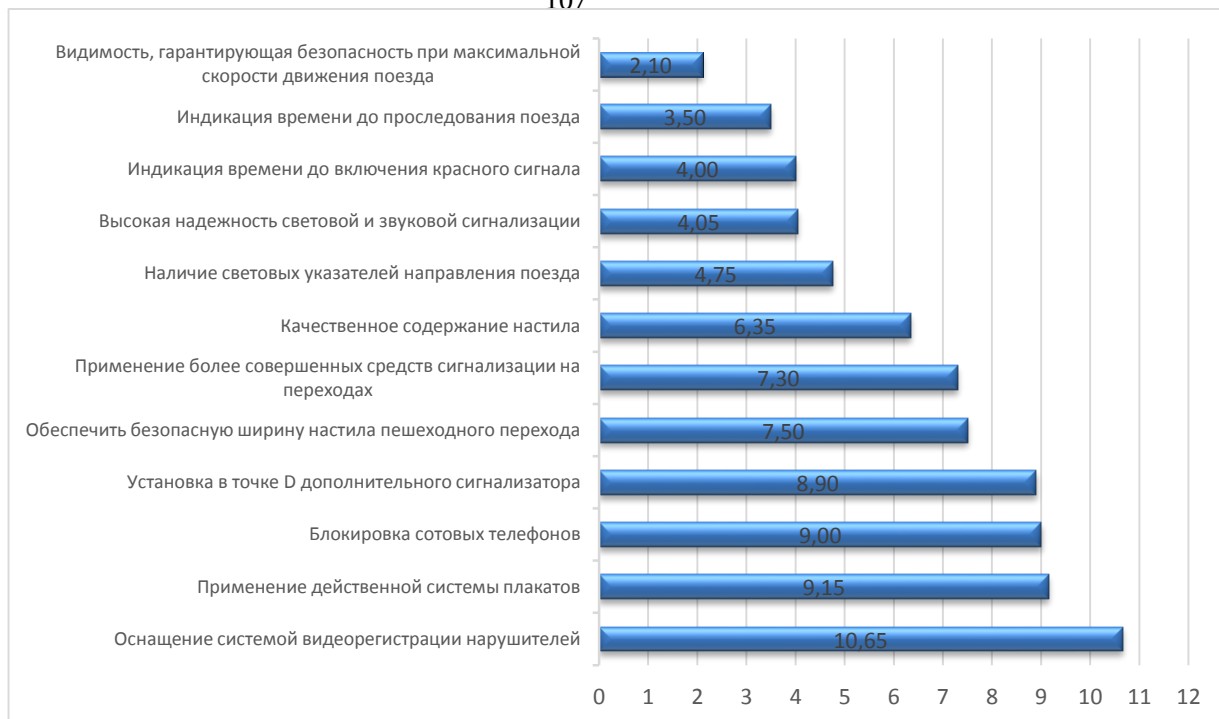


Рисунок 4.16 – Ранговая оценка эффективности мероприятий по совершенствованию технического оснащения пешеходных переходов инженерами по охране труда

Помимо этого были опрошены специалисты в области охраны труда, распределение мнений которых представлено на рисунке 4.16.

Из рассмотренных материалов предыдущих исследований и учетом данных и оценок, полученных в главе 4 видно, что необходимо внедрять новые и совершенствовать существующие технические решения, направленные на повышения безопасности в зоне движения поездов с учетом особенностей поведения человека. Перелома ситуации в пользу неукоснительного соблюдения правил и обеспечения безопасности при пересечении железнодорожных путей в одном уровне по оборудованному пешеходному переходу, можно только на основе роста доверия к работе автоматики и исключения мешающего действия многих внешних факторов; среди которых разговор по мобильному телефону во время перехода, затруднение перехода, вызванные обледенением настила, недостаточная интенсивность освещения.

4.4 Выводы по главе 4

1. В условиях снегопада отличием является рост минимальных значений времени перехода через пути с 2,01 с до 4,36 с. Значительно сильнее на увеличении времени перехода сказывается наличие гололеда. Это выражается в росте дисперсии времени перехода. Если для обычных условий среднеквадратическое отклонение $\sigma_t = 1,66$ с, то здесь оно составляет уже $\sigma_t = 1,85$ с.
2. Получено, что переход через железнодорожные пути по настилу в условиях гололедных явлений можно рассматривать в качестве экстремального распределения времени перехода и именно эти данные должны приниматься при назначении гарантийного времени перехода.
3. Проведено обоснование вероятностных состояний пешеходных переходов, на основании чего получено, что с ростом интенсивности движения поездов увеличивается занятость задержки людей от убывающей очереди.
4. Методом опроса получено, что до 50 % пешеходов в условиях дефицита времени готовы начать движение по переходу при наличии красного огня светофора и отсутствии поезда (или иного подвижного состава) в зоне видимости с пешеходного перехода побудительным мотивом для перехода через железнодорожные пути, даже при закрытом пешеходном переходе может послужить отсутствие достоверной информации о причинах запрещающего режима работы сигнализации на пешеходном переходе.
5. Экспертное исследование показало, что дальнейшее совершенствование систем сигнализации в первую очередь должно идти по пути индикации реального времени до подхода поезда, либо до переключения светофора пешеходного перехода на запрещающее показание. Тем самым психологически пешеход в большей степени будет доверять работе сигнализации, зная, что чем через указанное время появится поезд и его возможные потери времени будут минимальны. Зная, что время до подхода поезда минимально, число граждан решающихся на переход в опасной близости от приближающегося поезда существенно сократится.

5 ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ПЕРЕХОДА ЧЕРЕЗ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЕ ПУТИ

5.1 Разработка устройства измерения скорости и определения времени приближения поезда к пешеходному переходу через железнодорожные пути

Важным условием оптимизации временных параметров послужит модернизация системы оповещения. Необходимо измерять скорость приближающегося поезда. В главе 1 были рассмотрены существующие способы и средства определения координаты подвижного состава. В работе предлагается включение в существующую схему оповещения на пешеходных переходах устройства регулирования безопасности, принцип действия которого основан на передаче высокочастотных импульсов по рельсу навстречу приближающемуся поезду.

В результате включения данного устройства повышается достоверность регистрации параметров (скорости и координаты) приближающегося к контрольной точке подвижного состава.

Передача импульсов локации осуществляется по одному из рельсов, а прием сигнала – по двум рельсам. Таким образом, отраженный сигнал по первому рельсу и сигнал, пришедший по второму рельсу (сигнал замыкания через колесную пару), будут стабильно отличаться по фазе и по времени регистрации. Сравнение этих двух признаков существенно повышает достоверность события – мы получаем сигналы именно от передней колесной пары приближающегося подвижного состава.

Повышению достоверности способствует также используемый в предлагаемом устройстве принцип сравнения усредненных, за определенный интервал времени, статистических параметров движения подвижного состава с предельными расчетными, что гарантирует защиту от опасных отказов устройства.

На рисунке 5.1 представлена блочная схема устройства регулирования безопасности на пешеходных переходах через железнодорожные пути.

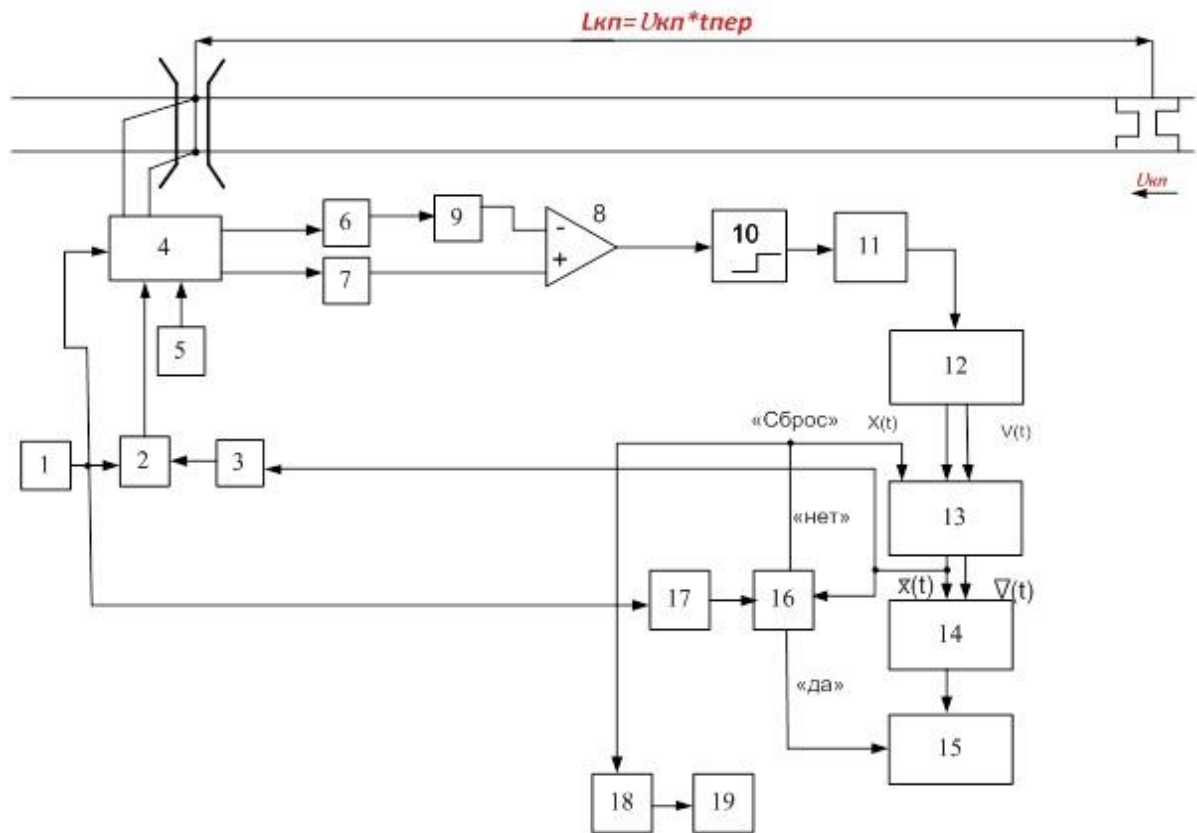


Рисунок 5.1 - Блочная схема устройства регулирования безопасности на пешеходных переходах через железнодорожные пути

Работа устройства осуществляется следующим образом. В исходном состоянии, при отсутствии подвижного состава на участке приближения, блок 1 определения занятости рельсовой цепи формирует сигнал низкого уровня, который поступая на вход управления генератора 2 импульсов локации, останавливает работу названного генератора. С появлением поезда на выходе блока 1 определения занятости рельсовой цепи формируется сигнал высокого уровня. С этого момента генератор 2 импульсов локации начинает формировать электрические импульсы высокой скважности, которые поступают на вход управления включением высокочастотного передатчика 5. Период следования импульсов генератора 2 импульсов локации задается блоком 3 коррекции и в

начальный период соответствует (по предварительной настройке) удвоенному интервалу времени $T_{\text{и}}$ прохождения радиоимпульса по рельсовой цепи участка приближения. Сигналами с блока 1 определения занятости рельсовой цепи и генератора 2 импульсов локации осуществляется управление блоком 4 коммутации, который производит попеременное подключение передатчика 5 зондирующих импульсов к рельсовой цепи на время импульса локации и отключение передатчика на время межимпульсного интервала в течение которого должны регистрироваться отраженные сигналы. В межимпульсном интервале отраженные сигналы регистрируются приёмником 6, подключаемым к рельсу по которому передавался сигнал локации и вторым приёмником 7, подключенным к другому рельсу. Усиленные и отфильтрованные от помех сигналы поступают с выхода первого приемника 6 через линию задержки 8 на один вход дифференциального усилителя 9, на другой вход которого аналогичные сигналы приходят с выхода приемника 7. Усиленные разностные (противофазные) сигналы поступают на амплитудный детектор 10. С выхода детектора на формирователь импульсов 11, сигнал с выхода последнего – в блок 12 вычисления текущего значения координаты $x(t)$ и скорости $v(t)$ первой по ходу движения колёсной пары подвижного состава, расположенного в пределах участка приближения к зоне регулирования безопасности на железнодорожных путях.

С выхода блока 12 текущие значения координаты $x(t)$ и скорости $v(t)$ первой по ходу движения колёсной пары подвижного состава поступают на соответствующие входы блока 13 вычисления усредненных значений координаты $\overline{x(t)}$ и скорости $\overline{v(t)}$. Усредненные параметры координаты $\overline{x(t)}$ и скорости $\overline{v(t)}$ первой по ходу движения колёсной пары подвижного состава поступают в блок 14 управления сигнализацией. Информация о координате $\overline{x(t)}$ поступает также на вход блока сравнения 16, на другой вход которого поступает сигнал с выхода блока 17 вычисления предельных характеристик $x_{\text{max}}(t)$ и $x_{\text{min}}(t)$. Вычисление предельных характеристик производится на основе предварительно записанной в нем информации о длине

участка приближения по суммарному числу импульсов, поступивших на счетный вход указанного блока от генератора 2 импульсов локации. Если информация о координате $\overline{x(t)}$ находится в допустимых пределах, то сигналом высокого уровня с одного выхода блока 16 сравнения включается в работу сигнализатор 15.

Если же имеет место статистически значимый сбой в вычислении параметров приближения подвижного состава, то с соответствующего выхода блока 16 сравнения на вход сброса блока 13 вычисления усредненных значений статистических параметров поступит импульсный сигнал обнуления. С этого момента процесс вычисления усредненных параметров координаты $\overline{x(t)}$ и скорости $\overline{v(t)}$ первой по ходу движения колёсной пары подвижного состава начнется сначала, т.е. накопленная статистическая ошибка в вычислении параметров $\overline{x(t)}$ будет устранена. Сигналы с шины сброса блока 13 вычисления усредненных значений статистических параметров поступают также на вход счетчика 18. При накоплении критического числа ошибок в вычислении $\overline{x(t)}$ на выходе счетчика сформируется сигнал высокого уровня, который запустит работу блока 19 аварийного оповещения.

Внедрение разработанного устройства позволит, в зависимости от измеряемой скорости, выводить на электронное табло время проследования подвижного состава в зоне пешеходного перехода, что даст возможность гражданам лучше оценивать возможность безопасного перехода перед приближающимся поездом. Совершенно очевидно, что наличие достоверной информации о фактическом времени подхода поезда, как минимум, сократит риски среди группы граждан, согласных ждать 20с. Вероятнее всего, сократится и число нарушителей в группе риска, так как фактический выигрыш будет минимальным.

В связи с этим, применяющиеся в настоящее время системы оповещения на переходах, требуют модернизации с целью повышения точности оповещения пешеходов о приближении подвижного состава. Необходимо также

усовершенствование инженерного оснащения конструкции пешеходных переходов.

Визуализировать цифры посекундного изменения времени до включения запрещающего показания автоматической сигнализации о приближении поезда, времени до проследования поезда по пешеходному переходу, в зависимости от скорости движения, необходимо на электронном табло с семисегментным светодиодным индикатором (рисунок 5.2).



Рисунок 5.2 – Сигнальные головки светофоров на пешеходных переходах

Существуют различные варианты подключения индикаторов. Наиболее надежными и соответствующими современной технической элементной базе являются схемы на программируемых контроллерах, в частности на базе плат, совместимых с архитектурой Arduino, осуществляемых в официальной бесплатной среде программирования Arduino IDE. Среда предназначена для написания, компиляции и загрузки собственных программ в память микроконтроллера, установленного на плате Arduino-совместимого устройства. Основой среды разработки является язык Processing/Wiring – это фактически обычный C++, дополненный функциями для управления вводом/выводом на контактах. Существуют версии среды для операционных систем Windows, Mac OS и Linux.

Светодиодный семисегментный индикатор представляет собой группу светодиодов, расположенных в определенном порядке и объединенных

конструктивно. Схема одnorазрядного семисегментного индикатора показана на рисунке 5.3.

Светодиодные контакты промаркированы метками от а до g (и дополнительно dp – для отображения десятичной точки), и один общий вывод, который определяет тип подключения индикатора (схема с общим анодом ОА, или общим катодом ОК). Зажигая одновременно несколько светодиодов, можно формировать на индикаторе символы цифр. На рисунке 5.3 показана схема подключения одnorазрядного семисегментного индикатора к плате Arduino.

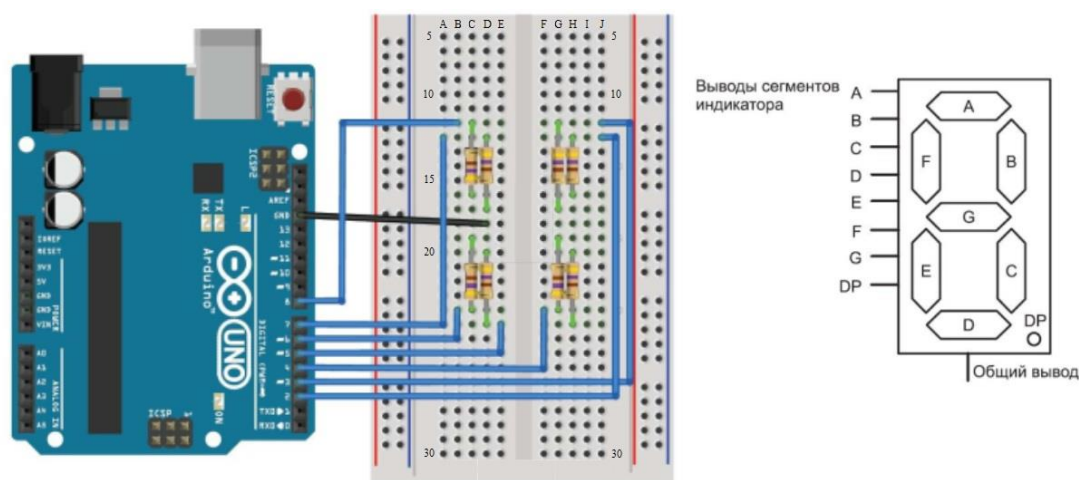


Рис. 5.3 – Схема подключения семисегментного индикатора к Arduino

Для подключения одnorазрядного светодиодного индикатора к Arduino задействованы 7 цифровых выводов, каждый из контактов а–g индикатора подключается к выводу Arduino через ограничительный резистор 470 Ом. Используется семисегментный индикатор с общим катодом ОК, общий провод подсоединяем к земле.

При написании скетча на семисегментный индикатор в цикле выводятся цифры от 0 до 9 с паузой 1 секунда. Формируется массив значений для цифр 0–9, где старший разряд байта соответствует метке сегмента а индикатора, а младший – сегменту g.

```
Bytenumbers [10] = {B11111100, B01100000, B11011010, B11110010,
B01100110, B10110110, B10111110, B11100000, B11111110, B11110110};
```

Для преобразования значения цифры в данные для вывода значения на выводы Arduino будем использовать битовые операции языка Arduino: `bitRead(x,n);` // получение значения n разряда байта x.

После подключения семисегментного индикатора загружается в плату Arduino скетч из листинга. Наблюдаем вывод цифр на экран семисегментного индикатора.

Электронные светодиодные табло изготавливаются по технологии в которой, в большинстве случаев, присутствуют элементы конструкции:

- Корпус - анодированный алюминиевый профиль толщиной 44мм - 130мм;
- Шасси - стальная сварная рама, загрунтованная и окрашенная;
- на раму-шасси крепятся печатные платы, с установленными, запаянными, радиоэлектронными элементами, к которым относятся и светодиоды. Применяем высококачественные светодиоды от ведущих мировых производителей, срок жизни которых составляет 100 000 часов (10 лет непрерывной работы). Вся конструкция - совокупность легко заменяемых модулей;
- лицевая панель - высококачественное акриловое стекло.

Для улицы используются светодиоды с яркостью 3.5Кд. Подобные яркие светодиоды хорошо видны при сильном прямом солнечном освещении.

5.2 Теоретическое моделирование прохождения высокочастотного сигнала по железнодорожному пути

Для обоснования прохождения высокочастотного сигнала были изучены известные теоретические материалы в виде модели, с использованием входа в систему и выхода. Наиболее полно волновые процессы в многопроводной линии рассмотрены в работах [89,91,92,93,94,109, 111], где анализ их выполняется на основании решений телеграфных уравнений с учетом влияния

земли при помощи интегралов Карсона. Необходимо кратко перечислить основные допущения теории длинной линии над поверхностью земли:

- а) Телеграфные уравнения не учитывают «концевой эффект» (т.е. рассматривается волновой процесс в длинной линии, вдали от её концов);
- б) Считается, что земля однородна, а расположение проводников по отношению к ней одинаково по всей их длине;
- в) Не учитываются токи смещения и электрическое поле в земле.

Учет этих факторов показал, что погрешности из-за их пренебрежения растут с увеличением частоты и уменьшением удельного сопротивления земли и точность расчетов для частот ниже 1 МГц вполне удовлетворительна.

Отличительной особенностью рельсовых путей является то, что они имеют стыки. Однако, рельсовые стыки, как правило, электрически соединены с помощью специальных накладок и путем пайки, приварки или запрессовки дополнительных соединителей: медных, сталемедных или стальных.

Силовые линии магнитного поля в виде замкнутых круговых линий расположены перпендикулярно и симметрично относительно проводника длинной линии. Зная выражения для определения параметров, характеризующих рельсовый путь удельные L , R , C , G - характеризующие индуктивность, сопротивление, емкость и проводимость соответственно, можно записать телеграфные уравнения в следующем виде:

$$\frac{\partial U}{\partial x} = -L \cdot \frac{\partial I}{\partial t} - R \cdot I \quad (5.1)$$

$$\frac{\partial I}{\partial x} = -C \cdot \frac{\partial U}{\partial t} - G \cdot U \quad (5.2)$$

Из (5.1, 5.2) получаем для тока:

$$\frac{\partial^2 I}{\partial x^2} = LC \cdot \frac{\partial^2 I}{\partial t^2} + (RC + LG) \cdot \frac{\partial I}{\partial t} + RG \cdot I \quad (5.3)$$

Вводятся неоднородности линии в точках x_c и x_r с помощью дельта-функций:

$$C = C_0 + C_1 \cdot \delta(x - x_c) \quad (5.4)$$

$$R = R_0 + R_1 \cdot \delta(x - x_r) \quad (5.5)$$

Ток I представлен в виде:

$$I = I_0 + I_{1c} + I_{1r} \quad (5.6)$$

где I_0 - ток, соответствующий однородной линии, I_{1c} - возмущение тока, вызванное емкостной неоднородностью рельсового пути, I_{1r} - возмущение тока, вызванное омической неоднородностью рельсового пути.

Введем параметры скорости распространения волны в линии v , времени релаксации τ , обратного времени затухания сигнала η :

$$v = \frac{1}{\sqrt{L_0 C_0}} \quad (5.7)$$

$$\frac{2}{\tau} = \frac{R_0}{L_0} + \frac{G_0}{C_0} \quad (5.8)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{R_0 G_0}{L_0 C_0}} \quad (5.9)$$

Оператор:

$$\hat{L} = \frac{\partial^2 I}{\partial t^2} + \frac{2}{\tau} \cdot \frac{\partial I}{\partial t} + \eta^2 - v^2 \cdot \frac{\partial^2 I}{\partial x^2} \quad (5.10)$$

Тогда уравнение тока линии будет иметь вид:

$$\hat{L} \cdot I_0(t, x) = 0 \quad (5.11)$$

в начале координат находится генератор тока:

$$I_0(t, 0) = I_g(t) \quad (5.12)$$

где I_g - заданная функция времени.

В первом порядке теории возмущений уравнения для токов I_{1c} и I_{1r} имеют вид:

$$\hat{L} \cdot I_{1c} = -\frac{c_1}{c_0} \cdot \frac{\partial^2 I_0}{\partial t^2} \cdot \partial(x - x_c) \quad (5.13)$$

$$\hat{L} \cdot I_{1r} = -\left(\frac{R_1}{L_0} \cdot \frac{\partial I_0}{\partial t} + \frac{R_1}{R_0} \cdot \eta^2 \cdot I_0\right) \cdot \delta(x - x_c) \quad (5.14)$$

В результате преобразования Фурье по времени тока I_0 :

$$I_0(t, x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\omega}{2\pi} \cdot I_{0\omega}(x) \cdot \exp(-i\omega t) \quad (5.15)$$

$$I_{0\omega}(x) = \int_{-\infty}^{\infty} dt \cdot I_0(t, x) \cdot \exp(i\omega t) \quad (5.16)$$

Подставляя (5.15) в (5.11), имеем:

$$\left[-\omega^2 - \frac{2i\omega}{\tau} + \eta^2\right] \cdot I_{0\omega}(x) = v^2 \cdot \ddot{I}_{0\omega}(x) \quad (5.17)$$

Учитывая граничное условие (5.12), решение (5.17) будет иметь вид:

$$I_{0\omega}(x) = I_{g\omega}(x) \cdot \exp(ik_0 \cdot x) \quad (5.18)$$

где $I_{g\omega}$ - компонента Фурье - разложения функции тока генератора $I_g(t)$.

$$k_0 = \pm \frac{A_0}{v} \cdot \exp\left(i \frac{\delta}{2}\right) \quad (5.19)$$

$$A_0 = \sqrt[4]{(\omega^2 - \eta^2)^2 + \frac{4\omega^2}{\tau^2}} \quad (5.20)$$

$$tg(\delta) = \frac{2\omega}{\tau \cdot (\omega^2 - \eta^2)} \quad (5.21)$$

Исследуем предельные соотношения. Пусть $\omega \rightarrow 0$, тогда $tg(\delta) \rightarrow -0$, следовательно $\delta \rightarrow \pi$. Если $\omega \rightarrow \infty$, тогда $g(\delta) \rightarrow +0$, следовательно $\delta \rightarrow 0$.

Тогда окончательно для тока однородной линии можно записать:

$$I_0(t, x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\omega}{2\pi} \cdot I_{g\omega} \cdot \exp[i(k_0 \cdot x - \omega t)] \quad (5.22)$$

Пусть генератор создает сигнал с гармоникой ω_g . Пусть выполняются условия:

$$\omega_g \tau \gg 1 \quad (5.23)$$

$$\frac{\eta}{\omega_g} \ll 1 \quad (5.24)$$

Тогда имеем:

$$I_0(t, x) \approx I_g \cdot \exp \left[i\omega_g \left(\frac{x}{v} - t \right) \right] \cdot \exp \left(-\frac{x}{v\tau} \right) \quad (5.25)$$

Решения уравнений (5.13, 5.14), можно получить методом функций Грина. Функция Грина $G(t, x)$ оператора L имеет вид:

$$\hat{L} \cdot G(t, x) = \delta(t)\delta(x) \quad (5.26)$$

Тогда решения уравнений (5.13, 5.14) будут равны свертке функции Грина с правыми частями соответствующих уравнений.

В результате преобразования Фурье функции $G(t, x)$ по координате:

$$G(t, x) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dk}{2\pi} \cdot G_k(t) \cdot \exp(ikx) \quad (5.27)$$

$$\frac{\partial^2 G_k(t)}{\partial t^2} + \frac{2}{\tau} \cdot \frac{\partial G_k(t)}{\partial t} + [k^2 v^2 + v^2] \cdot G_k(t) = \delta(t) \quad (5.28)$$

Решение (5.28) имеет вид:

$$G_k = \frac{\Theta(t)}{\alpha_k} \cdot \sin(\alpha_k t) \quad (5.29)$$

где α_k - есть решение уравнения:

$$\alpha_k^2 - \frac{2i\alpha_k}{\tau} - (k^2 v^2 + \eta^2) = 0 \quad (5.30)$$

Таким образом, функцию Грина уравнения (5.26) можно представить в виде интеграла:

$$G(t, x) = \Theta(t) \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dk}{2\pi} \cdot \frac{\sin(\alpha_k t)}{\alpha_k} \cdot \exp(ikx) \quad (5.31)$$

Легко видеть, что выражение (5.31), свернутое с правыми частями уравнений (5.13 и 5.14), описывает вторичные волны тока I_{1c} и I_{1r} , порождаемые первичной волной I_0 , рассеиваемой на неоднородностях железнодорожного пути (длинной линии).

Данное элементарное описание процесса трансляции и рассеяния зондирующего импульса по линии, требует существенного уточнения. Дело в том, что очень значимой может оказаться зависимость омического сопротивления линии от частоты. Известно, что высокочастотный ток течет не по всему сечению проводника, а только по его поверхности, в скин-слое толщиной Δ , зависящей от частоты сигнала. В системе СИ толщина скин-слоя записывается в следующем виде:

$$\Delta = \sqrt{\frac{2\rho}{\omega\mu\mu_0}} \quad (5.32)$$

где ρ - удельное электрическое сопротивление проводника, $\mu\mu_0$ - относительная и абсолютная магнитные проницаемости проводника.

Пусть для простоты проводник имеет вид цилиндра радиуса r_0 . Тогда его удельную проводимость R_0 можно записать в виде:

$$R_0 = \chi \cdot \sqrt{\omega}, \quad (5.33)$$

где

$$\chi = \frac{1}{2\pi r_0} \cdot \sqrt{\frac{\mu\mu_0\rho}{2}} \quad (5.34)$$

Легко видеть, что в этом случае, например, длина затухания сигнала $v\tau$, выражение (5.35), будет обратно пропорциональна частоте импульса:

$$v\tau = \frac{2vL_0}{\chi\sqrt{\omega}} \quad (5.35)$$

В рельсе скорость распространения электромагнитного импульса близка к скорости света – 300 м/мкс. Зондирование на километровую дистанцию в этом случае занимает время в пределах 10 мкс. Будем полагать, что период следования зондирующих импульсов составляет 100 мкс. Пусть поезд идет со скоростью 120 км/час (примерно 30 м/с). При периоде генерации зондирующих импульсов в 100 мкс имеется возможность многократного повторения циклов исследования наличия поезда на участке приближения. Так, за 1 секунду будет проведено число экспериментов $N=10000$. Статистическая обработка может позволить, используя математические методы обработки сигналов, подавить шум и выделить отраженный сигнал. Известно, например, что при проведении N посылок, погрешности измерения величин уменьшаются обратно пропорционально корню квадратному из N . Технически генерация зондирующего импульса и регистрация отраженного импульса может быть обеспечена как индукционными, так и емкостными устройствами.

Принятые допущения применимы для большинства типов длинных линий, кроме проложенных в земле. Установлено, что сигнал в линии будет распространяться по земляному и междугазному каналам. Проводимость рельсовой цепи зависит от изменения активного сопротивления балласта, от метеорологических условий, уровня загрязнения балласта, его типа и других факторов, которые нельзя учесть аналитически. Поэтому для требуемых расчетов необходимо принимать по установленным нормам минимально

возможное активное сопротивление балласта, равным 1 Ом/км, максимально возможное - 100 Ом/км.

Определение ёмкостной составляющей проводимости рельсовой цепи, обусловленной емкостью между рельсами, также весьма сложная задача. Необходимо учитывать диэлектрическую проницаемость шпал, балласта, наличие электрохимического эффекта, значения которых зависят от метеорологических условий. Технически генерация зондирующего импульса и регистрация отраженного импульса может быть обеспечена как индукционными, так и емкостными устройствами.

5.3 Экспериментальные исследования параметров распространения высокочастотного сигнала по железнодорожному пути

Для обоснования работоспособности предлагаемой системы был проведен ряд исследований с целью выяснения параметров распространения высокочастотного сигнала по рельсу, в зависимости от расстояния до неоднородности, в данном случае колёсной пары. На экспериментальных участках ст. Перово-4 участка Москва Казанская – Раменское Московской железной дороги были проведены опытные исследования.

При проведении замеров применялись средства измерений и вспомогательное оборудование, указанные в таблице 5.1 (рисунок 5.4).



Рисунок 5.4 – Фотография приборов, использованных для экспериментальных исследований

Таблица 5.1 Используемые средства измерения, вспомогательное оборудование, материалы

№ п/п	Наименование и тип средств измерения, вспомогательное оборудование	Основные характеристики оборудования
1.	Генератор импульсов GFG – 8216A	• Частотный диапазон 0,3 Гц...3 МГц • Форма сигнала: синус, треугольник, пила, прямоугольник • Регулировка асимметрии формы сигнала • Добавление постоянного смещения • 2-ступенчатый аттенюатор (-20 дБ x 2) с плавной регулировкой • Функция внешнего управления частотой • Регулируемый ТТЛ/КМОП-выход • Цифровой дисплей (кроме 8215) • Встроенный 6-разрядный частотомер для измерения внутр./внешн.
2	Осциллограф промышленный портативный Fluke 123 ("Скопметр").	Измеритель с двумя входами А и В Указанные ниже значения погрешностей $\pm$ (проценты от показания + число единиц счета) действительны от 18 °С до 28 °С. На каждый °С ниже 18 °С или выше 28 °С следует прибавить 0,1 x (указанное значение погрешности). Вход А и вход В Напряжение постоянного тока (VDC) Пределы измерений...500 мВ, 5В, 50В, 500В, 1250В Погрешность. $\pm(0.5\% + 5$ единиц счета). Подавление аддитивного сигнала (SMR)>60дБ 50 или 60Гц $\pm 1\%$ Подавление синфазного сигнала (CMRR) >100 дБ Пределы измерений...500 мВ, 5В, 50В, 500В, 1250В Погрешность в диапазоне показаний от 5% до 100% предела измерения Показания не зависят

		от коэффициента формы сигнала.
3	Шунт нормативный для испытания рельсовых цепей Шунт – 01М - 00	Электрическое сопротивление при температуре + 20°C - Данные по ТУ (Ом) $0,06 \pm 0,003$ - Фактические данные (Ом) 0,06 - Габаритные размеры, мм.: 1742x60x140 - Длина в сложенном состоянии, мм.:950 - Масса, кг: не более 1,8

Эксперименты проводились на участке с щебеночным балластом, оборудованным рельсами типа Р65. Выполнение измерений осуществлялось по следующей программе:

а) Проводился выбор участка цепи на расстоянии не более 300 м от колёсной пары подвижного состава.

б) Определялся оптимальный частотный диапазон проведения измерений для выбранного участка пути. Действительный частотный диапазон измерений составил 0.1 – 1 МГц.

в) Собиралась схема измерения, изображенная на рис. 5.5.

г) На генераторе устанавливалось первое значение оптимальной частоты.

д) Измеряемая цепь устанавливалась в режим короткого замыкания (с помощью шунта и колёсной пары вагона).

е) Записывались показания уровня сигнала и напряжения в рабочий журнал (таблицы 5.2).

ж) Устанавливался режим короткого замыкания измеряемой цепи и повторялись операции по п. "д – е" с изменением расстояния до точки подключения генератора импульсов.

з) Повторялись операции по п. "г – ж" для других значений оптимальных частот.

и) Результаты измерений регистрировались в виде графиков (рис. 5.6.1 – 5.6.8)

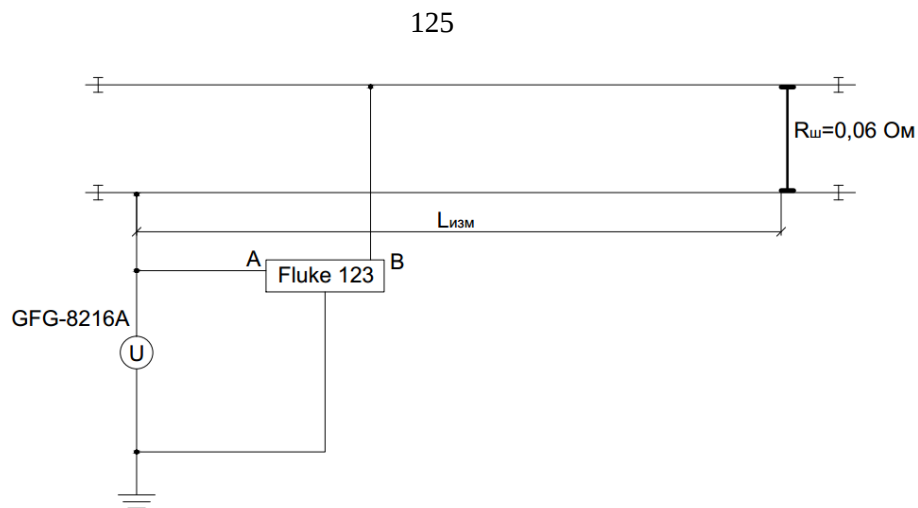


Рисунок 5.5 - Схема экспериментальных измерений

Исследования показали, что с увеличением частоты измерения до 600 кГц происходит значительное искажение формы импульса, уровень сигнала падает ниже 40 дБ.

Таблица 5.2.1 – Таблица экспериментальных измерений на расстоянии 1м

№ изм.	$L_{изм}, м$	$U_{пер}, мВ$	$U_{пр}, мВ$
1.	1	15,2	14,8
2.	1	14,4	13,8
3.	1	13,7	11,8
4.	1	14,8	12,6
5.	1	16,4	11,9

Таблица 5.2.2 – Таблица экспериментальных измерений на расстоянии 10м

№ изм.	$L_{изм}, м$	$U_{пер}, мВ$	$U_{пр}, мВ$
1.	10	12,9	11,7
2.	10	13,8	13,1
3.	10	13,9	12,5
4.	10	14,4	11,9
5.	10	15,9	11,4

Таблица 5.2.3 – Таблица экспериментальных измерений на расстоянии 150м

№ изм.	$L_{изм}, м$	$U_{пер}, мВ$	$U_{пр}, мВ$
1.	150	12,5	11,3
2.	150	13,0	12,5
3.	150	13,6	11,4
4.	150	14,1	10,7
5.	150	16,3	9,4

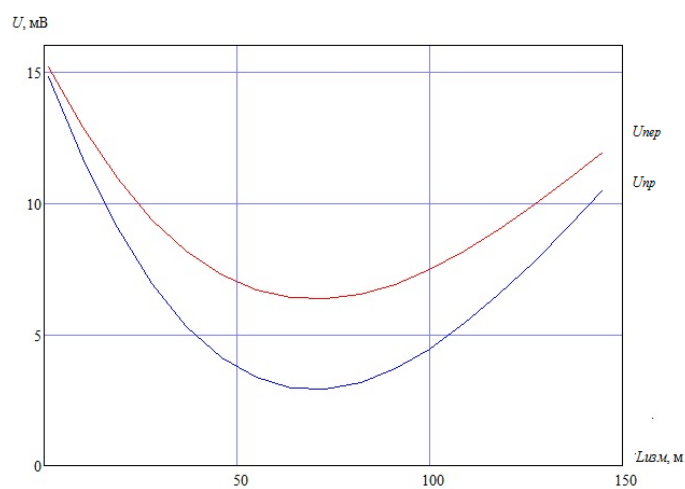


Рисунок 5.6.1 – Исследование зависимости падения напряжение сигнала на частоте 100 кГц на расстоянии 1-150 м

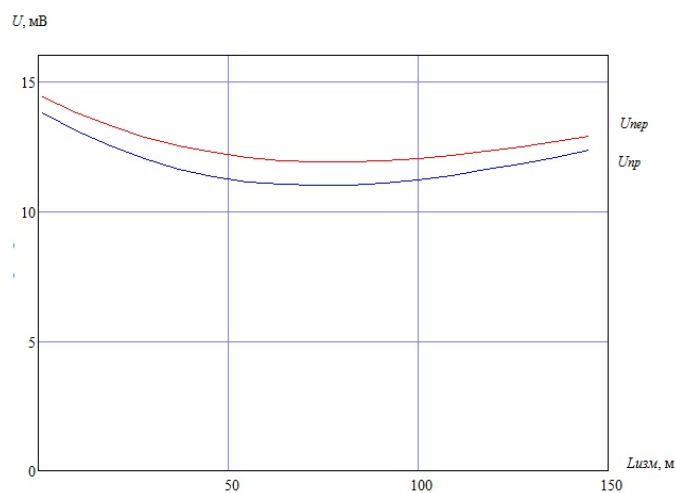


Рисунок 5.6.2 – Исследование зависимости падения напряжение сигнала на частоте 200 кГц на расстоянии 1-150 м

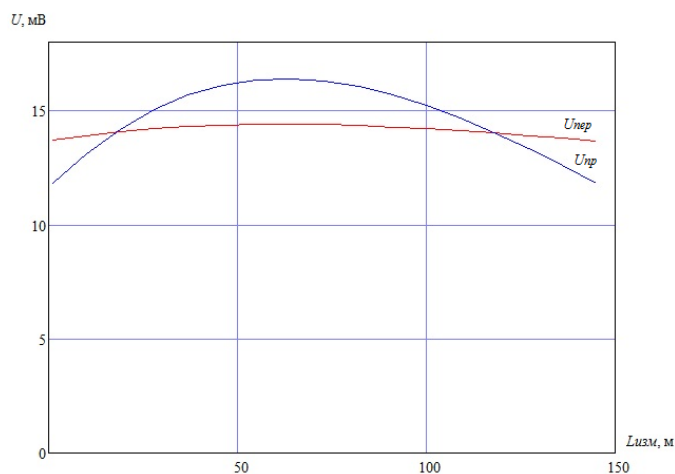


Рисунок 5.6.3 – Исследование зависимости падения напряжения сигнала на частоте 300 кГц на расстоянии 1-150 м

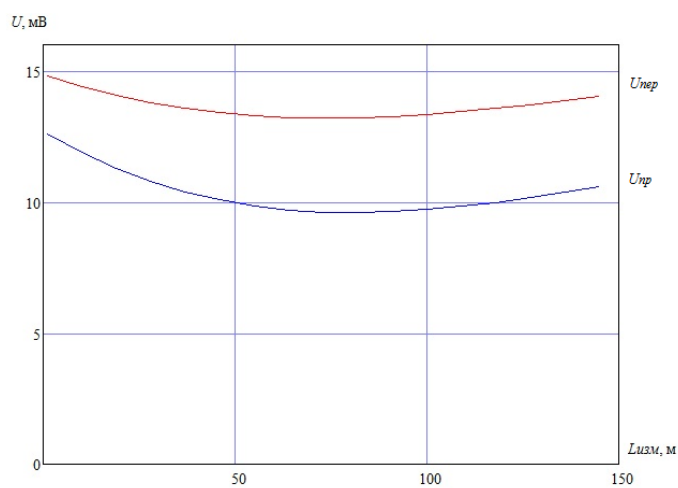


Рисунок 5.6.4 – Исследование зависимости падения напряжения сигнала на частоте 400 кГц на расстоянии 1-150 м

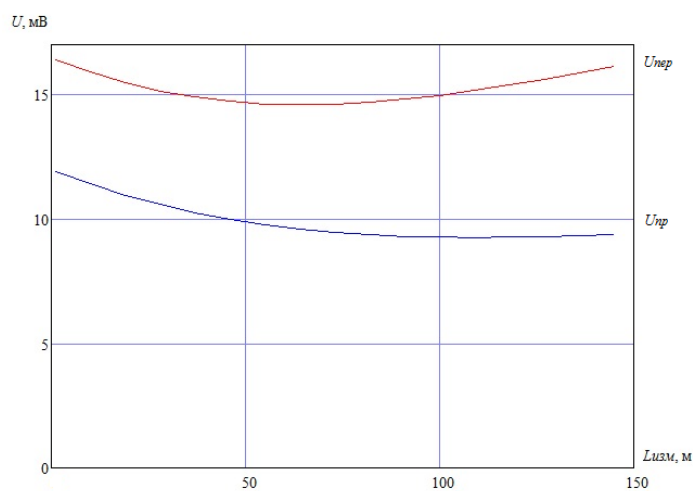


Рисунок 5.6.5 – Исследование зависимости падения напряжения сигнала на частоте 500 кГц на расстоянии 1-150 м

Таблица 5.2.4 – Экспериментальные измерения уровня сигнала, в зависимости от частоты

№ изм	$L_{изм},$ м	$F_{изм},$ кГц									
		100		200		300		400		500	
		$A_{пер},$ дБ	$A_{пр},$ дБ	$A_{пер},$ дБ	$A_{пр},$ дБ	$A_{пер},$ дБ	$A_{пр},$ дБ	$A_{пер},$ дБ	$A_{пр},$ дБ	$A_{пер},$ дБ	$A_{пр},$ дБ
1	1	-36,3	-37,1	-36,8	-37,8	-37,2	-38,5	-36,6	-38,5	-35,6	-39,1
2	10	-37,7	-39,2	-37,1	-37,8	-36,5	-38,5	-37,2	-39,2	-36,1	-37,8
3	150	-36,8	-38,4	-36,5	-38,1	-37,4	-39,5	-35,9	-39,6	-36,2	-40,7

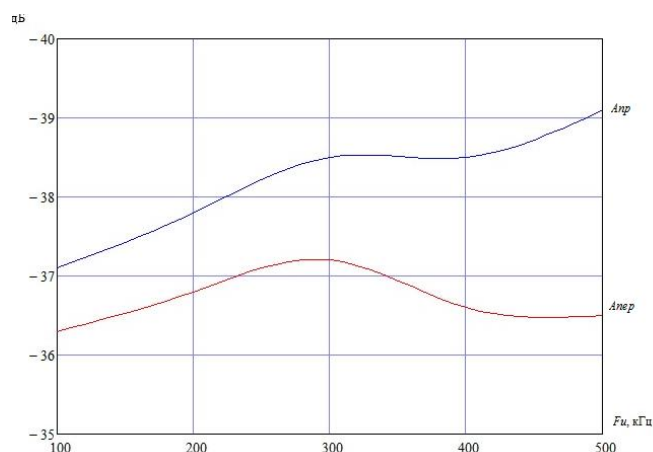


Рисунок 5.6.6 – Исследование уровня сигнала на частоте 100-500 Гц на расстоянии 1 м

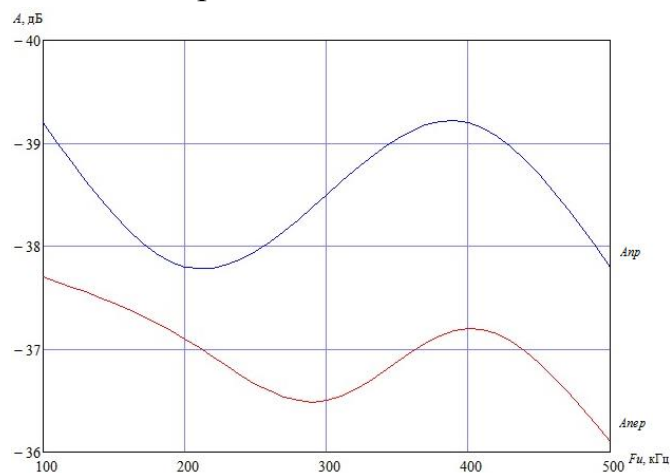


Рисунок 5.6.7 – Исследование уровня сигнала на частоте 100-500 Гц на расстоянии 10 м

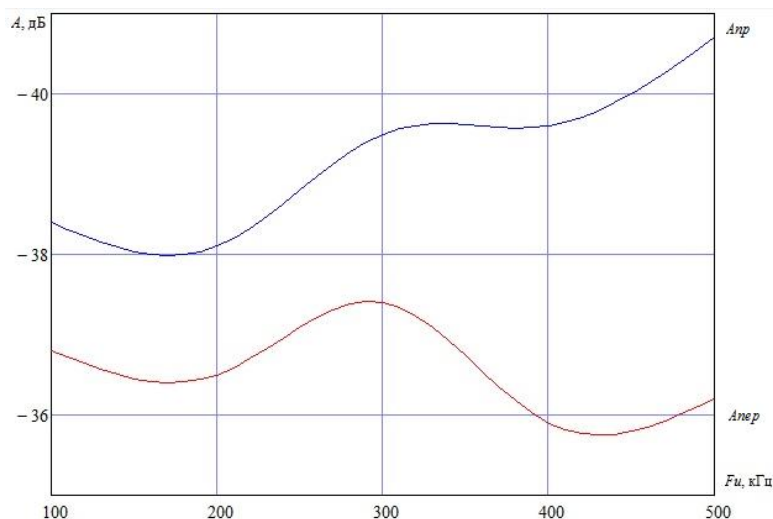


Рисунок 5.6.8 – Исследование уровня сигнала на частоте 100-500 Гц на расстоянии 150 м

Экспериментальные исследования показали, что в определенных условиях возможно прохождение сигнала и его отражение от подвижного состава. При увеличении расстояния прохождения сигнала значение частоты играют все большую роль в затухании сигнала.

Полученные результаты могут служить основой для выбора параметров работы измерителя для контроля скорости движения, наряду с другими способами определения координаты приближающегося поезда.

5.4 Комплекс технических решений для безопасности населения на пешеходных переходах в условиях гололеда

Помимо технического оснащения, важным является вопрос содержания пешеходных переходов и служебных проходов в технически исправном состоянии.

Содержание настилов пешеходных переходов на путях общего пользования в исправном состоянии, ремонт и очистка от снега (гололеда) в зимнее время возлагаются на дистанции пути.

Как правило за одним работником закреплено несколько платформ, поэтому, когда он заканчивает очистку последней платформы, первая вновь

покрыта снегом или наледью. Такая же ситуация возникает и с пешеходными переходами, так как невозможно постоянно поддерживать отсутствие снега и наледи на них. В связи с этим, предлагаю рассмотреть систему обогрева пешеходных переходов. Она поможет снизить травматизм граждан и облегчить труд работников.

При движении сила трения подошвы обуви о поверхность земли или другого материала способствует перемещению человека. Силу, противодействующую скольжению относительно дороги, называют силой сцепления. Чем сильнее трение, тем больше соответствующая сила, поэтому его стараются не уменьшать, а увеличивать: покрытие дороги делают шероховатым, наносят на подошвы обуви рельефные рисунки (протекторы). Зимнюю обувь делают из различных материалов на резиновой, полиуретановой или каучуковой подошве. В зимний период настилы пешеходных переходов покрываются снегом и льдом. Идти по скользкой, промёрзшей поверхности резинового покрытия очень трудно – ноги проскальзывают.

Для решения этой проблемы предлагается система электрообогрева пешеходных переходов. Одним из вариантов является использование электронагревателей (ТЭНов) (рисунок 5.7). Электронагреватели эксплуатируются в различных климатических условиях с умеренным и суровым климатом при температурах от -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$. При работе допустимы кратковременные значения температуры от -55°C до $+90^{\circ}\text{C}$.

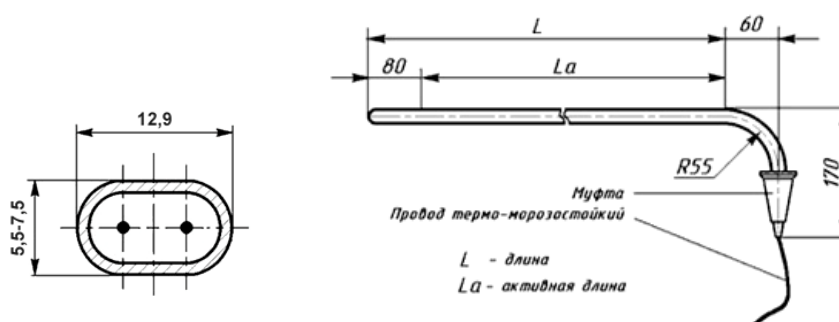


Рисунок 5.7 – Конструкция электронагревателя (ТЭН)

Конструкция электронагревателя представляет собой металлический корпус плоскоовального сечения, внутри которого расположены спираль из проволоки высокого омического сопротивления. Нагревательный элемент изолируется от корпуса при помощи наполнительного материала (периклаз). Токоподводящий провод выполнен в термо-морозостойком исполнении, имеет длину – 4 метра и соединяется с контактными выводами электронагревателя через герметично закрытую муфту, предохраняющую от попадания влаги на контакты и внутрь ТЭНа. Для оптимальной организации работы системы обогрева предлагается схема включения электронагревателей, представленная на рисунке. 5.8.

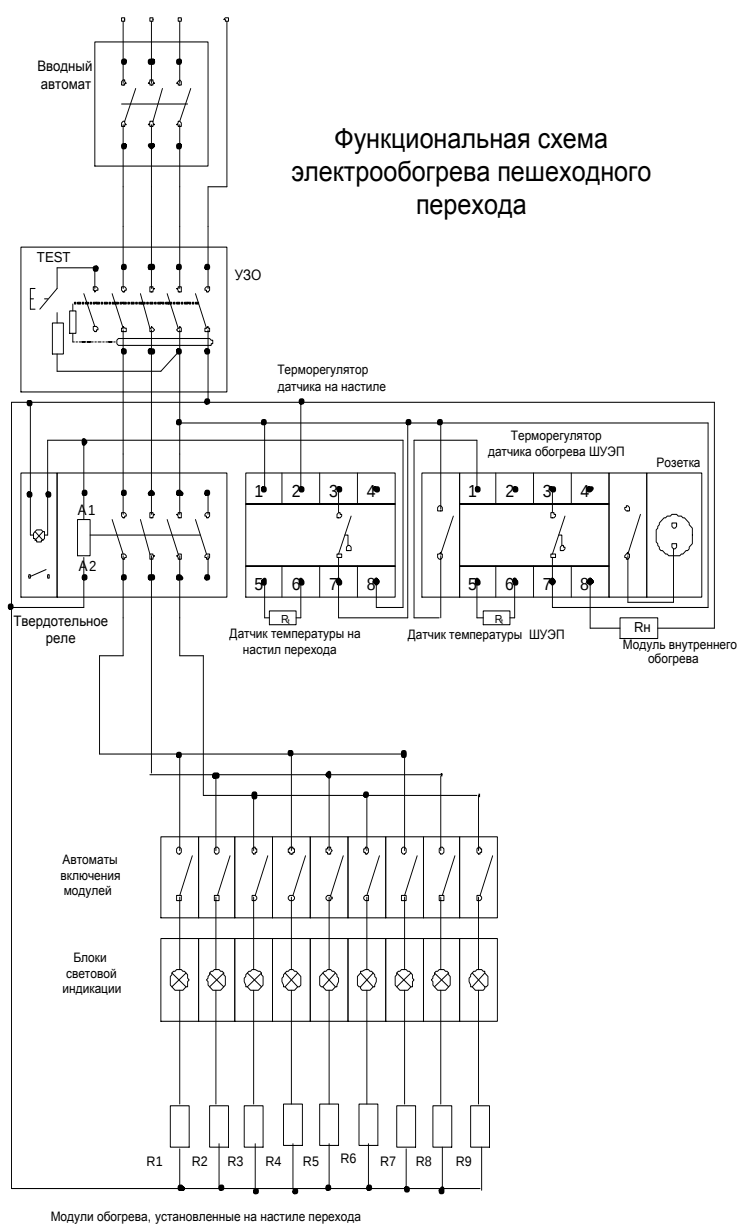


Рисунок 5.8 – Функциональная схема электрообогрева пешеходного перехода.

Система обогрева пешеходных переходов предназначена для очистки от выпадающего или наносимого снега и наледи в зимнее время. Она включает в себя нагреватели, монтируемые под настилом перехода и автоматическую систему управления обогревом, снабженную датчиком температуры. Система автоматически включает обогрев при наличии на переходе снега или льда, а также при условиях, благоприятных для их образования. Так, при понижении температуры окружающей среды до $+2^{\circ}\text{C}$ или 0°C срабатывает термореле и система обогрева начинает свою работу. Электрический ток поступает на ТЭН, датчик, срабатывает на отключение обогрева, при повышении температуры перехода в диапазоне $+2 \div +4^{\circ}\text{C}$ (в среднем $+2-3^{\circ}\text{C}$), что позволит поддерживать отсутствие наледи и снега на пешеходном переходе. Экономичность энергопотребления обеспечивается системой управления, автоматически изменяющей мощность нагревателей или полностью отключающей их в зависимости от сигналов, поступающих от датчиков состояния окружающей среды:

- по сигналу датчика температуры система отключает обогрев пешеходного перехода;

- в диапазоне температур от -40°C до $+2^{\circ}\text{C}$ система должна менять мощность обогрева от 100% до нуля по показаниям датчиков температуры. Такой алгоритм управления дает существенную экономию энергии.

Для защиты человека от поражения электрическим током и от возникновения пожара, вызванного утечкой тока через изношенную изоляцию проводов и некачественные соединения в схему включено устройство защитного отключения (УЗО).

О повреждении электронагревателя могут сигнализировать устройства блока световой индикации, который при необходимости располагается у дежурного по станции или в ШУЭП. Сами модули электрообогрева (ТЭНы) устанавливаются на каждую фазу по три штуки, включая резервный.

Системы электрообогрева рекомендуется устанавливать на новых объектах и при реконструкции уже существующих. Они на 100% приспособлены к

конкретному объекту с учетом области применения, специфических требований и климатических условий. Системы стайвания сберегают время и энергию во время снегопадов и обледенения –отпадает необходимость заботиться об очистке наклонных поверхностей. Талая вода стекает быстро и свободно, поэтому они защищены от повреждений. Стоимость установки и эксплуатации систем электрообогрева невысока, учитывая указанные преимущества.

Нагревательные кабели и терморегуляторы имеют большой срок службы и легко монтируются. В целом, надежность системы настолько высока, насколько выполнена система электропитания.

Система электрообогрева для пешеходных переходов рассматривается со следующими параметрами:

размеры тактильных указателей – 500*1500 мм;

ширина перехода – 1500 мм;

междупутья – 5300 мм.

Подсчитаем необходимое количество теплоты для обогрева пешеходного перехода:

$$Q_{\text{подвод}} = Q_{\text{потр}} = Q_{\text{нагр}} + Q_{\text{пл.снега}}, \quad (5.36)$$

где $Q_{\text{нагр}}$ – теплота нагрева пешеходного перехода;

$Q_{\text{пл.снега}}$ – теплота плавления снега.

$$Q_{\text{нагр}} = d_{\text{рез}} m_{\text{пер}} (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \quad (5.37)$$

где $d_{\text{ст}}$ – удельная теплоемкость резины при температуре 20°С составляет 1,42 кДж/кг·град или 1420 Дж/кг·град;

$m_{\text{пер}}$ – масса перехода составляет около 50 кг;

$t_{\text{в}}$ – средняя температура нагрева перехода от ТЭНов.

Учитывая среднюю температуру зимних месяцев в центральном регионе России $t_{\text{н}} = -8^{\circ}\text{C}$ получим оценку суммарного расхода энергии, необходимой на

нагрев до температуры окружающего воздуха ($1 \text{ ккал} = 1,16 \cdot 3600 \text{ Дж} = 4186,8 \text{ Дж}$):

$$Q_{\text{нагр}} = 1420 \cdot 50 \cdot (3 - (-8)) = 781000 \text{ Дж или } 186,539 \text{ ккал.}$$

$$Q_{\text{пл.снега}} = \lambda_{\text{сн}} \cdot m_{\text{сн}}, \quad (5.38)$$

где $\lambda_{\text{сн}}$ – удельная теплота плавления снега, 334 кДж/кг ;

$m_{\text{сн}}$ – масса снега, находящегося на пешеходном переходе.

Принято, что за одни сутки выпадает до 20 мм снега, следовательно, за один час высота снежного покрова составит 0,83 мм. Значит, массу снега рассчитаем по формуле:

$$m_{\text{сн}} = \rho_{\text{сн}} \cdot h \cdot S,$$

где $\rho_{\text{сн}}$ – средняя плотность снега, $0,20 \text{ кг/м}^3$;

h – высота снежного покрова, выпадающего за один час, м;

S – площадь пешеходного перехода, $19,23 \text{ м}^2$ для пешеходного перехода первой категории на двухпутной линии.

$$m_{\text{сн}} = 0,20 \cdot 0,00083 \cdot 19,23 = 0,0032 \text{ кг/час}$$

Тогда теплота плавления снега составит:

$$Q_{\text{пл.снега}} = 334 \cdot 0,0032 = 1,0688 \text{ кДж/час}$$

При нагревании увеличивается температура вещества, и возрастает скорость теплового движения частиц, при этом увеличивается внутренняя энергия.

Количество теплоты, необходимое для обогрева пешеходного перехода составит:

$$Q_{\text{подвод}} = 781 + 1,0688 = 782,0668 \text{ кДж}$$

Интенсивность теплопотерь окружающего воздуха, вызванную действием охлажденной поверхности перехода. Общие потери тепла (ккал/час) обусловлены процессами конвекции и теплопроводности воздуха и согласно определяются по формуле:

$$Q = S \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{пов}}) \cdot \alpha$$

где S – общая поверхность пешеходного перехода, $19,23\text{ м}^2$;

t_g – средняя температура нагрева перехода от ТЭНов (3°C);

$t_{нов}$ – средняя температура в зимние месяцы -8°C ;

α – коэффициент теплоотдачи для воздуха определяется по формуле:

$$\alpha = 8 + 0,04 \cdot t_{нов} + 6 \cdot v$$

Средняя скорость v движения воздуха может достигать для холодного периода года – 4 м/с .

Максимального значения теплопотери достигают в начальный период нагрева пешеходного перехода:

$$Q_{\max} = 19,23 \cdot (3 - (-8)) \cdot (8 + 0,6 + 24) = 6895,878 \text{ ккал/час} = 8019,91 \text{ Вт}$$

При нагревании перехода до температуры 4°C теплопотери снизятся до уровня:

$$Q_{4^\circ\text{C}} = 19,23 \cdot (3 + 4) \cdot (8 + 0,6 + 24) = 4388,286 \text{ ккал/час} = 5103,58 \text{ Вт}$$

В целом, с повышением температуры поверхности корпуса скорость нагрева будет существенно уменьшаться, известно решение дифференциального уравнения:

$$dt_{\text{пов}} / dt = k(t_{\text{пов}} - 4)$$

$$t_{\text{пов}}(t) = C \cdot \exp(-k \cdot t) + 4$$

где k – постоянная величина равная $\alpha \cdot S / d_{\text{рез}} \cdot m_{\text{пер}} = 32,6 \cdot 19,23 / 1420 \cdot 50 = 0,0088 \text{ час}^{-1}$;

Константа C определяется при $t = 0$, как разность температур пешеходного перехода и воздуха, в частности, $t_{\text{пов}} = -8^\circ\text{C}$ и принимает значение $-8 + 4 = -4^\circ\text{C}$.

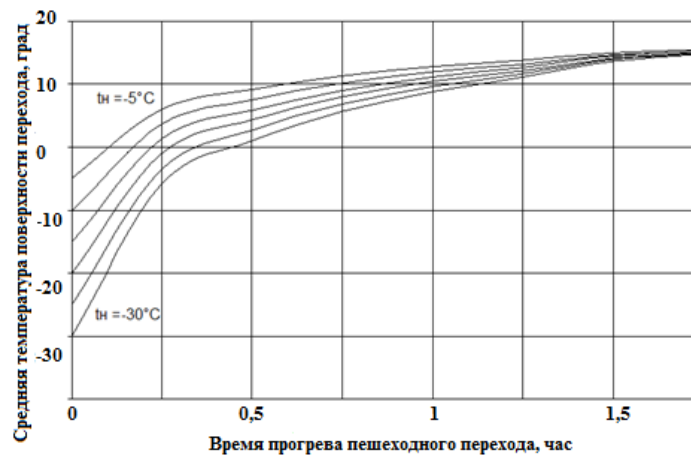


Рисунок 5.9 – График изменения средней по внешней поверхности температуры пешеходного перехода

При расчетах принято, что с учетом коэффициента теплопроводности резины равным $0,158 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ или $0,136 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{час} \cdot \text{град})$, сдерживающим фактором повышения температуры перехода будет только нагревающая способность воздуха. Результаты расчетов для диапазона температур от -5°C до -30°C приведены на рисунке 5.9.

Организация системы обогрева для пешеходных переходов обеспечит возможность комфортного пересечения путей с соответствующей скоростью, что создаст все условия для оптимизации параметров времени извещения пешехода о приближении подвижного состава.

5.5 Выводы по главе 5

1. Разработано устройство регулирования безопасности на ж.д. путях, результатом включения которого на пешеходных переходах будет регистрация координаты и скорости приближающегося поезда для оптимизации временных параметров системы оповещения.
2. Предложен метод определения параметров движения поезда, основанный на передаче высокочастотных импульсов по рельсу.
3. Проведено теоретическое моделирование и экспериментальное исследование прохождения высокочастотного импульса по

железнодорожному пути. Из исследований следует, что максимальная частота передачи импульсов 500 кГц, при увеличении до 600 кГц и выше наблюдается значительное затухание сигнала до -40 дБ и искажение формы импульса.

4. Разработана система электрообогрева на пешеходных переходах через железнодорожные пути, представлены формулы для расчета параметров её работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ статистических данных непроизводственного травматизма за 2015 г. показал, что по сравнению с предыдущим годом количество пострадавших уменьшилось на 9,8% и на 10,2% число погибших, однако цифры остаются высокими. Определены основные причины и факторы травмирования граждан в зоне движения поездов. Получено, что основная причина – хождение по путям в неустановленном месте перед движущимся поездом. Нахождение на пешеходном настиле во время движения поезда – следующая по значимости.

2. Установлено, что в пределах пассажирских платформ коэффициент тяжести травматизма на пешеходных переходах через железнодорожные пути составляет $R_d=0,74$. Случаи травматизма возникают вследствие совпадения нескольких факторов, каждый из которых в отдельности не вызывает опасной ситуации, но может служить источником ее появления. Общую вероятность наступления травмирования рассчитывают как сумму всех вероятностей наступления.

3. Обоснована система организационно-технических мероприятий по снижению непроизводственного травматизма. Выявлено, что основным датчиком срабатывания системы оповещения на пешеходных переходах является рельсовая цепь, которая имеет широкий шаг дискретности в десятки и сотни метров. Это не даёт возможности на её основе получать информацию о скорости движения приближающегося поезда, а также определять фактическую функцию разгона и торможения состава. В результате этого, время срабатывания системы оповещения значительно превышает время, необходимое для перехода через железнодорожные пути. Однако, рельсовая цепь обладает рядом преимуществ: высокой надежностью и достаточной защитой от воздействия внешних факторов.

4. Установлена значимость системы оповещения на пешеходных переходах с учетом факторов опасности. Исследования восприятия сигналов показали, что большое влияние оказывает информация о времени приближения поезда с

учетом координаты и звуковое оповещение о направлении движения. Получено, что значимым побудительным мотивом для перехода через железнодорожные пути, даже при закрытом пешеходном переходе, служит отсутствие достоверной информации о причинах запрещающего режима работы сигнализации на пешеходном переходе. Это подтверждается данными экспертного анализа с участием работников железнодорожного транспорта и специалистов по охране труда.

5. Проведено обоснование показателей безопасного перехода через железнодорожные пути. В результате теоретических и практических исследований на пешеходных переходах через железнодорожные пути получено, что в условиях недостаточной видимости меняется стереотип поведения пешехода. На увеличении времени перехода значительно сказывается наличие гололеда, что определяет необходимость разработки систем электрообогрева на пешеходных переходах.

6. Предложено для совершенствования автоматической сигнализации включение в существующую схему оповещения на пешеходных переходах устройства регулирования безопасности, принцип действия которого основан на передаче высокочастотных импульсов по рельсу навстречу приближающемуся поезду. Устройство запатентовано.

7. Для подтверждения теоретических исследований проведены экспериментальные измерения параметров передачи сигнала на частотах от 100 до 500 кГц на расстоянии 10-150 м до колесной пары. Выявлено, что в определенных условиях возможно прохождение сигнала и его отражение от подвижного состава. При увеличении расстояния прохождения сигнала значение частоты играет большую роль в затухании сигнала. Максимальная частота передачи импульсов 500 кГц, при увеличении до 600 кГц и выше наблюдается значительное затухание сигнала до -40 дБ и искажение формы импульса отраженного сигнала.

8. Для создания условий безопасного перехода в зимний период предложена система электрообогрева пешеходных переходов, с использованием типовых

электронагревателей мощностью 4 кВт. Представлены формулы для расчета параметров работы системы электрообогрева пешеходного перехода.

Рекомендации. Полученные результаты исследований могут служить основой для совершенствования систем обеспечения безопасности граждан с внедрением на существующих и вновь проектируемых пешеходных переходах через железнодорожные пути.

Перспективой дальнейшей разработки темы является разработка систем оповещения граждан на пешеходных переходах с включением их в единую Систему информирования пассажиров, оповещения работающих на путях и парковой связи (СИОП). Для этого необходимо проведение исследований, направленных на уточнение параметров работы системы сигнализации, выбора элементной базы и создание проектных решений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Федеральный закон РФ от 10.01.2003 №17-ФЗ О железнодорожном транспорте в Российской Федерации : [федер. закон: принят Гос. Думой 24 дек. 2002 г. : по состоянию на 3 июля 2016 г.] – М. : Кремль, 2003. – 25 с.
2. Федеральный закон РФ от 9.02.2007 №16-ФЗ О транспортной безопасности: [федер. закон: принят Гос. Думой 19 янв. 2007 г. : по состоянию на 6 июля 2016 г.] – М. : Кремль, 2007. – 7 с.
3. Анализ транспортных происшествий с причинением вреда жизни или здоровью граждан, не связанных с производством, на территории объектов инфраструктуры ОАО «РЖД» в 2011 г. – М., 2012. – 18 с.
4. Отчет о транспортных происшествиях с причинением вреда жизни или здоровью граждан, не связанных с производством, на территории объектов инфраструктуры ОАО «РЖД», 2014 г. – М., 2014. – 24 с.
5. Отчет о транспортных происшествиях с причинением вреда жизни или здоровью граждан, не связанных с производством, на территории объектов инфраструктуры ОАО «РЖД», 2015 г. – М., 2015. – 26 с.
6. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учебное пособие для вузов / Е. С. Вентцель. – 6-е изд. стер. – М. : Высшая школа, 1999. – 576 с.
7. Совещание у НГ МЖД Вязанкина С. А. по вопросам охраны труда : протокол совещания, 2015. – 8 с.
8. Общая теория статистики : статистическая методология в изучении коммерческой деятельности : учебник / под ред. О. Э. Башиной, А. А. Спирина. – 5-е изд., доп. и перераб. – М. : Финансы и статистика, 2005. – 440 с.
9. СТО ОАО «РЖД» 15.014-2013 Система управления охраной труда в ОАО «РЖД». Управление профессиональными рисками : общие положения. – М., 2013. – 48 с.
10. СТО ОАО «РЖД» 02.045-2013 Порядок оценки риска травматизма граждан на пешеходных переходах через железнодорожные пути. – М., 2013. – 32 с.

11. СТО ОАО «РЖД» 15.002-2012 Система управления охраной труда в ОАО «РЖД» : общие положения. – М., 2012. – 68 с.
12. Распоряжение Правительства РФ от 30.07.2010 №1285-р Об утверждении Комплексной программа обеспечения безопасности населения на транспорте. – М. : Кремль, 2010. – 68 с.
13. Указ Президента РФ от 31.03.2010 №403 О создании комплексной системы обеспечения безопасности населения на транспорте. – М. : Кремль, 2010. – 1 с.
14. Правила нахождения граждан и размещения объектов в зонах повышенной опасности, выполнения в этих зонах работ, проезда и прохода через железнодорожные пути. – М. : Минтранс РФ, 2007. – 5 с.
15. Пономарев, В. М. Влияние реформирования железнодорожного транспорта на состояние комплексной безопасности : методические указания / В. М. Пономарев, В. И. Жуков, Л. В. Птушкина. – М. : МИИТ, 2014. – 115 с.
16. Приказ президента ОАО «РЖД» от 10.10.2003 №19. – М., 2003.
17. Шевандин, М. А. Системы автоматического оповещения о приближении подвижного состава к месту работ на железнодорожных путях : учебное пособие / М. А. Шевандин, В. И. Жуков, В. Д. Федосов. – М. : МИИТ, 2005. – 168 с.
18. Пономарев, В. М. Специфические условия труда работников на железнодорожном транспорте / В. М. Пономарев, В. И. Жуков, В. Д. Федосов, Л. В. Птушкина. – М. : МИИТ, 2013. – 160 с.
19. Технические требования к служебным проходам по территориям железнодорожных станций и других структурных подразделений ОАО «РЖД» : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 24 дек. 2012 г. №2667. – М., 2012. – 25 с.
20. ОСТ 32.146-2000 Аппаратура железнодорожной автоматики, телемеханики и связи : общие технические условия – М. : МПС РФ, 2000. – 162 с.
21. ПОТ РО-13153-ЦШ-877-02 Отраслевые правила по охране труда при техническом обслуживании и ремонте устройств сигнализации, централизации

и блокировки на федеральном железнодорожном транспорте : утв. МПС РФ 19 фев. 2002 г. – М. : МПС РФ, 2002. – 99 с.

22. Анализ состояния охраны труда, электробезопасности, промышленной и пожарной безопасности, производственного травматизма в Московской дирекции инфраструктуры за 6 месяцев 2012 года.

23. Пешеходные переходы через железнодорожные пути. Технические требования : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 23 дек. 2009 г. №2655. М., 2009. – 28с.

24. Протопопов, В. А. Методическое обеспечение уровня оценки уязвимости объектов транспортной инфраструктуры : дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01 / Протопопов Валерий Александрович – Иркутск, 2014. – 126 с.

25. Анненков, А. М. Экспертное исследование условий труда на железнодорожном транспорте. : Методические указания / А. М. Анненков, А. В. Волков, О. И. Грибков, В. М. Пономарев. – М. : МИИТ, 2009. – 84 с.

26. Методические указания по внедрению системных мер, направленных на обеспечение безопасности движения поездов для филиалов ОАО «РЖД», участвующих в перевозочном процессе : утв. Распоряжением от 3 янв. 2011 г. №1р. М., 2010. – 124 с.

27. Рихтер, И. И. Железнодорожная психология // Железнодорожное дело. – М. : Издательство Московского университета, 1895. С. 55-65.

28. Котик, М. А. Психология и безопасность / М. А. Котик. – 3-е изд., испр. и доп. – Таллинн : Валгус, 1989. – 448 с.

29. Фейгенберг И. М. Видеть-предвидеть-действовать / И. М. Фейгенберг. – М.: Знание, 1986. – 160 с.

30. Фейгенберг И. М., Журавлев Г. Е. Вероятностное прогнозирование в деятельности человека / И. М. Фейгенберг, Г. Е. Журавлев. – М. : Наука, 1977. – 391 с.

31. Балалаев, С. В. Безопасность движения на железных дорогах. Ч. 1 : основы безопасности : учебное пособие / С. В. Балалаев, И. Е. Кологривая. – Хабаровск : ДВГУПС, 2013. – 111 с.

32. Дегтярев, В. О. Исследование реакций человека на железнодорожные сигналы / В. О. Дегтярев, М. А. Шевандин. – М. : МИИТ, 1987. – 31 с.

33. Шевандин, М. А. Оценка опасности наезда и средства защиты при переходе железнодорожных путей : методические указания к дипломному проектированию / М. А. Шевандин, А. М. Анненков, Т. М. Выгнанова. – М. : МИИТ, 1985. – 48 с.

34. Типовые проектные решения 411005-ТПР: Пешеходные переходы, оборудованные световой и звуковой сигнализацией. – М. : Росжелдорпроект, 2010. – 54 с.

35. Технические решения 411313 ТР: Светофор автоматической оповестительной пешеходной сигнализации. Включение и контроль работы. – М. : Росжелдорпроект, 2014. – 20 с.

36. Птушкина, Л.В. Совершенствование пешеходных переходов через железнодорожные пути [Текст] / В.И. Жуков, А.В. Волков, Л.В. Птушкина // Путь и путевое хозяйство. – 2013. – №9. – С. 22–25.

37. Птушкина, Л.В. Повышение безопасности на пешеходных переходах через железнодорожные пути [Текст] / В.И. Жуков, А.В. Волков, Л.В. Птушкина // Путь и путевое хозяйство. – 2015. – №9. – С. 32–37.

38. Птушкина Л. В., Волков А. В. Устройство регулирования безопасности на железнодорожных путях / Л. В. Птушкина, А. В. Волков // патент №152326 Российская Федерация. Заявл. 16.05.2014; опубл. 20.05.2015.

39. СНиП 32-01-95 Железные дороги колеи 1520 мм. – М. : Министерство строительства Российской Федерации (Минстрой России), 1995. – 20 с.

40. Выгнанова, Т. М. Прогнозирование безопасных условий труда в приемо-отправочных парках сортировочных станций : дис. ... канд. техн. наук : 05.26.01 / Выгнанова Татьяна Михайловна. – М., 1989. – 270 с.

41. Птушкина, Л. В. Особенности травмирования граждан в зоне ответственности железнодорожного транспорта / В. И. Жуков, Л. В. Птушкина // Актуальные проблемы социально-экономической и экологической

безопасности Поволжского региона : Тр. восьмой науч.-практ. конф. (Казань, 25 мар. 2016). – Казань : МИИТ – С. 170-173.

42. Анненков, А. М. Обоснование безопасных расстояний перехода через пути / А. М. Анненков, А. В. Волков, Л. В. Птушкина // Мир транспорта. – 2016. – Т.14. - №1(62). – С. 192-201.

43. Жуков, В. И. Системные факторы безопасности на пешеходных переходах / В. И. Жуков, Л. В. Птушкина, Е. Н. Тимошенко // Мир транспорта. – 2015. – Т.13. - №6(61). – с. 226-235.

44. Птушкина, Л. В. Обеспечение безопасности работников и пассажиров железнодорожного транспорта от наездов подвижного состава / В. И. Жуков, Л. В. Птушкина, Е. Н. Тимошенко // Актуальные вопросы науки и техники: Сб. материалов междунар. Технич. Конф. (Воронеж, 18.06.2014). – Воронеж: МИИТ – с. 174-178.

45. Жуков, В. И. Безопасность жизнедеятельности : учебник : в 2 ч. Ч. 2 : Безопасность труда на железнодорожном транспорте / В. И. Жуков; под ред. В. М. Пономарева и В. И. Жукова – М. : ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. – 607 с.

46. Системы автоматики и телемеханики на железных дорогах мира / под ред. Г. Теега и С. Власенко – М. : Интекст, 2010. – 496 с.

47. Безопасность труда на железнодорожном транспорте : учебник для вузов / В. И. Жуков, В. М. Пономарев, Б. Н. Рахманов; под ред. В. М. Пономарева – М. : МИИТ, 2011. – 731 с.

48. Бекасов, В. И., Безопасность жизнедеятельности : Ч. 2 Охрана труда на железнодорожном транспорте : учебник для ВУЗов ж.-д. транспорта / В. И. Бекасов, В. К. Васин; под ред. К. Б. Кузнецова. – М. : Маршрут, 2006. – 536 с.

49. Кукин, П. П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств : учебное пособие для ВУЗов. – 4-е изд., перераб. / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев. – М. : Высшая школа, 2007. – 335 с.

50. Коваленков, В. И. Параметрическое влияние линий / В. И. Коваленков // сборник научных работ по проводной связи. – 1955. – вып.4.
51. Быховский, Я. Л. Основы теории высокочастотной связи по линиям электропередач / Я. Л. Быховский. – Ленинград : Госэнергоиздат, 1963. – 184 с.
52. Костенко, М. В. К расчету волновых параметров в многопроводных линиях / М. В. Костенко, Л. С. Перельман // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1963. – вып.6.
53. Перельман, Л. С. Уточнение теории распространения волн вдоль длинной многопроводной линии в связи с некоторыми техническими вопросами / Л. С. Перельман // Известия НИИПТ. – 1963. – сб.10.
54. Кайданов, Ф. Г. Уточненное определение волновых параметров и анализ погрешности решения телеграфных уравнений на примере двухпроводной линии передачи / Ф. Г. Кайданов, М. В. Костенко, Л. С. Перельман // Электричество. – 1965. – №3.
55. Гринберг, В. И. Основы точной теории волнового поля линии передачи / В. И. Гринберг, Л. А. Бронштейн // ЖТФ. – 1954. – т.24. – вып.1. – с. 67-95.
56. Абрикосов, А. А. Методы квантовой теории поля в статистической физике / А. А. Абрикосов, Л. П. Горьков, И. Е. Дзялошинский. – М. : Физматгиз, 1962. – 444 с.
57. Ширяев, А. Н. Вероятность / А. Н. Ширяев. – М. : Наука, 1980. – 576 с.
58. Вигнер, Е. Теория групп / Е. Вигнер. – М. : Издательство иностранной литературы, 1961. – 444 с.
59. Ультразвук / под ред. И. П. Голяминой. – М. : Советская энциклопедия, 1979. – 400 с.
60. Климонтович, Ю. Л. Статистическая физика : учебное пособие / Ю. Л. Климонтович. – М. : Наука. 1982. – 608 с.
61. Уроев, В. М. Уравнения математической физики / В. М. Уроев – М. : ИФ «Яуза», 1998. – 373 с.

62. Беспалов, А. В. Методы оценки состояния технических систем по первому показателю Ляпунова : дис. ... канд. техн. наук : 05.13.01 / Беспалов Александр Викторович. – СПб, 2011. – 128 с.
63. ГОСТ Р 54505-2011 Управление рисками на железнодорожном транспорте. – М. : Стандартинформ, 2012. – 38 с.
64. ГОСТ Р 51901.14-2007 Структурная схема надежности и булевы методы. – М. : Стандартинформ, 2008. – 28 с.
65. ГОСТ Р 51901.15-2005 Применение марковских методов. – М. : Стандартинформ, 2005. – 20 с.
66. ГОСТ Р 51901.1-2002 Анализ риска технологических систем. – М. : Стандартинформ, 2002. – 30 с.
67. Волощенко, В. Ю. Оценка погрешностей при физических измерениях: методическая разработка / В. Ю. Волощенко, В. Г. Сапогин – Таганрог: изд-во ТРТУ, 2004. – 31 с.
68. Алексеев, В. Е. Графы. Модели вычислений. Структуры данных : учебник / В. Е. Алексеев, В. А. Таланов. – Нижний Новгород : Издательство нижегородского университета, 2004. – 294 с.
69. Волкова, П. А. Статистическая обработка данных в учебно-исследовательских работах / П. А. Волкова, А. Б. Шипунов. – М.: Экопресс, 2008. – 60 с.
70. Гражданский кодекс Российской Федерации : [федер. закон : принят Гос. Думой 21 окт. 1994 г. : по состоянию на 7 фев. 2017 г.]. – Москва, Кремль, 1994. – 203 с.
71. Князев, Б. А. Начала обработки экспериментальных данных. Электронный учебник и программа обработки данных для начинающих : учебное пособие / Б. А. Князев, В. С. Черкасский. – Новосибирск : Новосибирский университет, 1996. – 93 с.
72. Пинченко, В. Г. Основы безопасности и правила поведения на железной дороге : методическое пособие / В. Г. Пинченко. – Нижний Новгород, 2013. – 140 с.

73. Слюняев, А. Н. Информирование и оповещение пассажиров и работающих на железнодорожном пути / А. Н. Слюняев // Евразия Вести. – 2012. – 12.

74. Распоряжение ОАО «РЖД» от 2.02.2015 №196р О внесении изменений в Требования к пешеходным переходам через железнодорожные пути. – М., 2015. – 2 с.

75. СТО РЖД 15.015-2016 Проходы служебные на объектах ОАО «РЖД». Технические требования, правила устройства и содержания. – М., 2016. – 42 с.

76. Минуллин, Р. Г. Локационная диагностика воздушных линий электропередачи / Р. Г. Минуллин, И. Ш. Фардиев. – Казань. : КГЭУ, 2008. – 203 с.

77. Шапыт, Г. М. Определение мест повреждений линий электропередачи импульсным методом / Г. М. Шапыт. – М. : Энергия, 1968. – 216 с.

78. Микуцкий, Г. В. Высокочастотная связь по линиям электропередачи / Г. В. Микуцкий, В. С. Скитальцев. – М. : Энергия, 1977. – 440 с.

79. Курепин, В. В. Обработка экспериментальных данных : методические указания к лабораторным работам / В. В. Курепин, И. В. Баранов; под ред. В. А. Самолетова. – СПб. : СПбГУНиПТ, 2003. – 57 с.

80. Бурдун, Г. Д. Основы метрологии / Г. Д. Бурдун, Б. Н. Марков. – М. : Изд-во стандартов, 1972. – 312 с.

81. ГОСТ 8.401-80 Средства измерений. Классы точности. Общие требования. – переиздание – М. : Стандартинформ, 2010.

82. Зайдель, А. Н. Элементарные оценки ошибок измерений / А. Н. Зайдель. – Л. : Наука, 1968. – 96 с.

83. Кассандрова, О. Н. Обработка результатов наблюдений / О. Н. Кассандрова, В. В. Лебедев. – М. : Наука, 1970. – 104 с.

84. Приказ Минтранса России от 31.07.2015 №237 Об утверждении условий эксплуатации железнодорожных переездов. – М. : Минтранс России, 2015. – 65 с.

85. Приказ Минтранса России от 21.12.2010 №286 об утверждении правил технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации. – М. : Минтранс России, 2010. – 603 с.

86. Белянин, А. А. Новые схемы полупроводниковых лазеров и освоение терагерцевого диапазона / А. А. Белянин // УФН. 2003. Т. 173, №9. С. 1015-1021.

87. Остахова, А. П. Одномодовые быстроперестраиваемые лазеры для диодно-лазерной спектроскопии / А. П. Астахова // ФТП. 2003. Т. 37, №8. С. 985-995.

88. Окоси, Т. Волоконно-оптические датчики / Т. Окоси : пер. с япон. – Л. : Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

89. Шустов, Н. П. Разработка методов и устройств диагностики направляющих линий поездной радиосвязи : дис. ... канд. техн. наук : 05.12.04 / Шустов Николай Павлович. – Иркутск, 2011. – 147 с.

90. Теоретические основы радиолокации / под ред. Ширмана Я. Д. Учебное пособие для вузов. – М. : Советское радио, 1970. – 560 с.

91. Кравцов, Ю.А. xDSL: диагностика кабельных линий [Электронный ресурс] / Ю.А. Кравцов, А.Н. Сахаров. – Режим доступа: <http://www.skomplekt.com/>

92. Тихонов, В. И. Оптимальный прием сигналов / В. И. Тихонов – М. : Радио и связь, 1983. – 320 с.

93. Кунце, Х.-И. Методы физических измерений / Х.-И. Кунце : пер. с нем. – М. : Мир, 1989. – 216 с.

94. Сколник, М. Справочник по радиолокации: в 4 т. Том 1. Основы радиолокации / М. Сколник; пер. с англ. под общей ред. К. Н. Трофимова. – М.: Советское радио, 1976. – 455 с.

95. Былина, М. С. Исследование импульсного метода измерений параметров двухпроводных цепей : дис. ... канд. техн. наук : 05.12.13 / Былина Мария Сергеевна. – Санкт-Петербург, 2006. – 162 с.

96. Большаков, А.А. Способ определения места повреждения линий электропередачи и связи и устройство для его осуществления / А.А. Большаков // патент 2474831 Российская Федерация. Заявл. 07.10.2011; опубл. 10.02.2013.

97. Лазарев, С. Г. Способ диагностирования рельсового пути и подвижного состава / С. Г. Лазарев // патент 2487809 Российская Федерация. Заявл. 16.08.2011; опубл. 20.07.2013.

98. Хомяков, П. М. Системный анализ : краткий курс лекций / П. М. Хомяков; под ред. В.П. Прохорова. – М. : КомКнига, 2006. – 216 с.

99. Титов, П. Ф. Организация и обеспечение транспортной безопасности на железнодорожном транспорте / П. Ф. Титов // Транспортная безопасность и технологии. – 2010. – №2. – С. 33-35.

100. Сурмин, Ю. П. Теория систем и системный анализ : учеб. пособие / Ю.П. Сурмин. – К. : МАУП, 2003. – 368 с.

101. Системный анализ и принятие решений : учебное пособие для вузов / под ред. В. Н. Волковой, В. Н. Козлова. – М. : Высшая школа, 2004. – 616 с.

102. Моисеев, Н. Н. Человек. Среда. Общество. Проблемы формализованного описания / Н. Н. Моисеев. – М. : Наука, 1982. – 239 с.

103. Ларичев, О.И. Качественные методы принятия решения. Вербальный анализ решений / О.И. Ларичев, Е.М. Мошкович. – М. : Наука. Физматлит, 1996. – 208 с.

104. Волкова, В. Н. Теория систем: учебник для студентов вузов / В. Н. Волкова, А. А. Денисов. – М. : Высшая школа, 2006. – 511 с.

105. Бешелев, С. Д. Математико-статистические методы экспертных оценок / С. Д. Бешелев, Ф. Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1980. – 263 с.

106. Белоусов К. Н. Алгоритм оценки компетентности экспертов в линейной многокритериальной задаче / К. Н. Белоусов, С. И. Носков // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем : Сборник научных трудов. – Иркутск : ИрГУПС, 2007. – Вып. 5. – С. 9-12.

107. Уголовный кодекс Российской Федерации : [федер. закон : принят Гос. Думой 24 мая 1996 г. : по состоянию на 30 марта 2017 г.] – М. : Кремль., 1996 г. – 552 с.

108. Барковский, С. С. Многомерный анализ данных методами прикладной статистики: учебное пособие / С. С. Барковский, В. М. Захаров., А. Р. Нурутдинова, С. В. Шалагин. – Казань : Изд. КГТУ, 2010 – 126 с.

109. Лисенков, В. М. Методы анализа и синтеза рельсовых цепей (статистический подход) / В. М. Лисенков. – М. : ВИНТИ РАН, 2014. – 202 с.

110. Прецизионный лазерный дальномер: пат. 6263 Респ. Беларусь, МКИ G01C 3/08/ В. Л. Козлов, В. К. Кононенко, И. С. Манак; заявитель Белгосуниверситет. №a20001142; заявл. 21.12.00; опубл. 30.06.04 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. Уласнасці. 2004. №2. С. 215.

111. Способ измерения дальности до объекта посредством двухволнового лазера: пат. 11972 Респ. Беларусь, МКИ G01C 3/08/ В. Л. Козлов; заявитель Белгосуниверситет. №a20071440; заявл. 27.11.07; опубл. 09.03.09 // Афіцыйны бюл. / Нац. Цэнтр інтэлектуал. Уласнасці. 2009. №3. С. 155.

112. Yerkes R., Dodson J. The relation of strength of stimulus to rapidity of habit // Journal of Comparative Neurology and Psychology. – 1908. – 18. p. 459-482.

113. Wise H. Propagation of high frequency current in ground return circuits // Proc. IREV22. – 1934. - №4.

114. Optical communications. T8 and Corning Demonstrated a 100G Unrepeated Transmission over 500 km. Using Corning's Ultra-Low-Loss Optical Fiber (with ROPA) // Corning, NY / Corning Incorporated. – September 17, 2012.

115. Cyclone II Device Handbook [Electronic resource] / Altera Corporation – Mode of Access: http://www.altera.com/literature/hb/cyc2_cii5_v1.pdf

116. Ikeda, S. Evidence of the wavelength switching caused by a blocked carrier transport in an asymmetric dual quantum well laser / S. Ikeda, A. Shimizu // Appl. Phys. Lett. 1991. Vol.59, 5. P. 504-507.

117. Second quantized state oscillation and wavelength switching in strained-layer multi-quantum-well lasers / T. R. Chen [et al.] // Appl. Phys. Lett, 1992. Vol. 60, 24. P. 2954-2956.

118. Ikeda, S. Theoretical analysis of dynamic response of assymetric dual quantum well lasers / S. Ikeda, A. Shimizu // Appl. Phys. Lett. 1992. Vol. 61, 9. P. 1016-1018.

119. Payne, J. W., J. R. Bettman, E. Coupey, E. J. Johnson: «A constructive process view of decision making: multiple strategies in judgment and choice», In: O. Huber, J. Mumpower, J van der Pligt, P. Koele (Eds.), Current Themes in Psychological Decision Research, North Holland, Amsterdam 1993, pp. 107-142.

120. Larichev, O. I.: Cognitive validity in design of decision-aiding techniques, Journal of Multi-criteria Decision Analysis, 1, 3(1992)127-138.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Сооружению для перехода железнодорожных путей которое, по мнению специалиста, является самым безопасным присвоен ранг 1 и 100 баллов. Другим сооружениям даны ранги 2, 3, ...11 и меньше 100 баллов по мере убывания безопасности перехода. В тех случаях, когда опрашиваемый не мог разделить значение некоторых показателей, этим средствам присваивался один и тот же ранговый номер (связанные ранги).

Таблица 1.1 – Перечень средств перехода и их расположение в анкете

№	Наименование средств перехода через пути	Ранги	Баллы
1	Пешеходный переход с деревянным настилом	2	90
2	Пешеходный открытый мост	7	40
3	Пешеходный тоннель	4	70
4	Пешеходная дорожка через пути	8	35
5	Переезд с пешеходным деревянным настилом	9	30
6	Пешеходный закрытый мост	6	50
7	Переезд без пешеходного настила	10	20
8	Переход пути в неустановленном месте	11	10
9	Пешеходный переход с резиново-кордовым покрытием	1	100
10	Пешеходный тоннель с подъемником для инвалидов	3	80
11	Пешеходный мост с подъемником для инвалидов	5	60

В таблице 1. 2 приведена матрица рангов, присвоенных экспертами.

Таблица 1.2 – Матрица рангов, присвоенных экспертами ОАО РЖД сооружениям по безопасности перехода путей

m	Ранги сооружений для перехода железнодорожных путей											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	8	5	3	9	7	4	10	11	6	1	2	Σ
2	10	3	2	4	5	1	6	11	9	7	8	
3	7	6	4	10	8	3	9	11	6	1	2	
4	8	2	3	10	9	4	5	11	3	1	2	
5	7	5	6	10	8	4	9	11	3	1	2	
6	6	3	1	5	7	2	10	11	4	8	9	
7	4	3	1	7	6	2	10	11	5	8	9	
8	7	3	1	9	8	2	10	11	6	4	5	
9	7	6	1	9	8	2	10	11	5	4	3	
10	7	3	1	9	8	2	10	11	6	4	5	
11	6	4	5	9	7	10	8	11	2	1	3	
12	7	6	5	8	9	4	10	11	3	1	2	
13	8	4	2	6	9	3	10	11	7	1	6	
14	2	7	1	10	8	3	9	11	4	5	6	
15	6	9	3	10	5	4	8	11	7	2	1	
ΣR	100	69	39	125	112	50	134	165	76	49	64	18780
d_i	25	6	36	50	37	25	59	90	1	26	11	
d_i^2	625	36	1296	2500	1369	625	3481	8100	1	626	121	
R	7	5	1	9	8	3	10	11	6	2	4	

Важным вопросом для априорного статистического анализа является оценка степени согласованности опрашиваемых, которая определяется по коэффициент конкордации W.

Коэффициент позволяет численно выразить меру сходства оценок экспертов и рассчитывается в следующем порядке:

$$W = \frac{S}{\frac{1}{12} \cdot m^2 (n^3 - n) - m \sum_{i=1}^m T_i} \quad (1.1)$$

$$S = \sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n x_{ij} - \frac{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n x_{ij}}{n} \right)^2, \quad (1.2)$$

где m – количество экспертов;

n – количество ранжируемых факторов.

В том случае, если имеет место полное совпадение мнения специалистов $W=1$, а при несовпадении $W=0$. Таким образом, значение коэффициента конкордации может изменяться в пределах: $0 \leq W \leq 1$.

В связи с тем, что имеются связанные ранги, учитывается T_i :

$$T_i = 1/12 \cdot \sum_{i=1}^n (t^3 - t), \quad (1.3)$$

где t – число связанных рангов в каждом столбце матрицы рангов.

Вычисляется среднее значение суммы рангов по всем факторам:

$$\sum R_{ij} = m(n + 1)/2 \quad (1.4),$$

где m – число экспертов;

n – число факторов.

$$\sum R_{ij} = (15 \times (11 - 1))/2 = 75$$

Находятся отклонения суммы рангов фактора от средней суммы:

$$d_i = \left| \sum R_{ij} - m(n + 1)/2 \right| \quad (1.5)$$

где: $\sum R_{ij}$ – ранг присвоенный i -му фактору j -м экспертом;

m – число экспертов;

n – число факторов.

Подсчитывают по всем факторам суммы квадратов отклонений:

$$\sum d_i^2 = \sum (\sum R_{ij} - m(n+1)/2)^2 \quad (1.6)$$

Коэффициент конкордации для данных условий будет равен:

$$W = (12 \times 18780) / 15^2 (11^3 - 11) = 0,75$$

Полученное значение свидетельствует о достаточно высокой согласованности всех опрашиваемых по исследуемому вопросу.

Оценка значимости коэффициента конкордации W производится по критерию согласия Пирсона χ^2 , который подчиняется χ^2 распределению с числом степеней свободы $n-1$.

Рассчитывается статистический критерий:

$$\chi^2 = m(n+1)W \quad (1.7)$$

$$\chi^2 = 0,75 \times (15 \times (11-1)) = 112,5 > 18,3$$

Полученное значение статистического критерия χ^2 сравнивается с критическим табличным значением. В качестве критического уровня значимости принимается значение χ^2 с 5 % уровнем значимости, которое при количестве факторов больше 11 принимается по таблице.

Таблица 1.3 – Пограничные значения статистического критерия $\chi_{0,05}^2$

n	8	9	10	11	12	13	14	15
$\chi_{(0,05)}^2$	14,1	15,5	16,9	18,3	19,7	21,0	22,4	23,7

По итоговой строке таблицы была получена сумма квадратов отклонений – 18780.

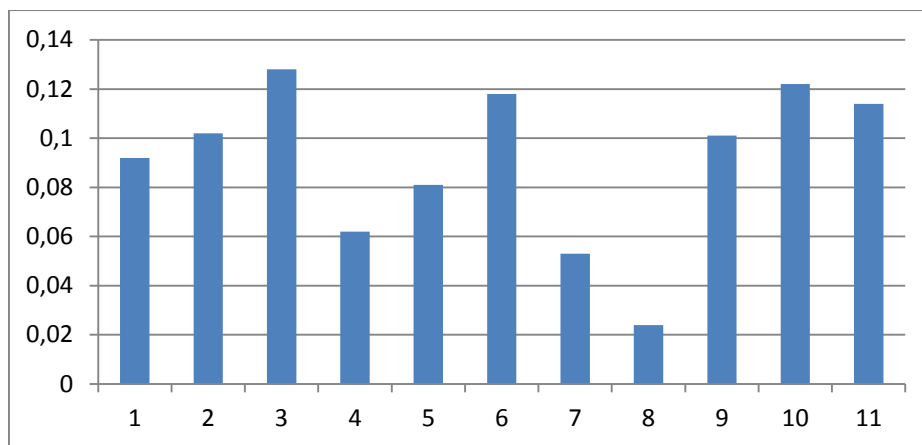


Рисунок 1.1 – Гистограмма распределения итогового показателя безопасности перехода через железнодорожные пути

Гистограмма распределения итогового показателя безопасности перехода через железнодорожные пути приведена на рисунке 3.1.

- 1- Пешеходный тоннель.
- 2- Пешеходный тоннель с подъемником для инвалидов.
- 3- Пешеходный закрытый мост.
- 4- Пешеходный мост с подъемником для инвалидов.
- 5- Пешеходный открытый мост.
- 6- Пешеходный переход с резиново-кордовым покрытием.
- 7- Переезд с пешеходным деревянным настилом.
- 8- Пешеходный переход с деревянным настилом.
- 9- Пешеходная дорожка через пути.
- 10- Переезд без пешеходного настила.
- 11- Переход пути в неустановленном месте.

По ранговым оценкам группы самым безопасным средством перехода через железнодорожные пути является пешеходный тоннель, на втором месте – пешеходный тоннель с подъемником для инвалидов.

Приложение 2А

Реальные оценки уровня безопасности, например, для расстояния в 200м при указанном интервале скоростей имеют нормальное распределение, с параметрами, приведенными на рисунке 2.1а.

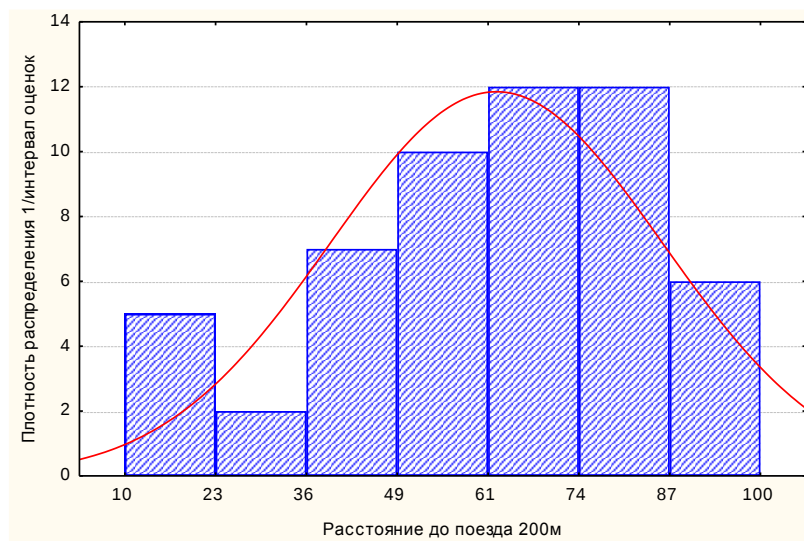


Рисунок 2.1а – Распределение оценок безопасности перехода для диапазона скоростей 20 – 40 км/ч при расстоянии до поезда 200м

С увеличением расстояния степень уверенности в безопасности возрастает, как это показано на рисунке 2.2а.

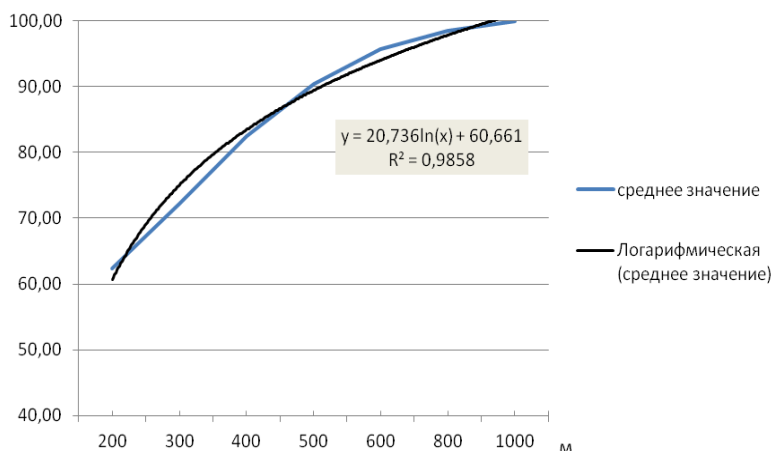


Рисунок 2.2а – Уравнение регрессии $\bar{y} = f(x)$ для интервала скоростей 20 – 40 км/ч

Меняется также характер распределения оценок. Здесь более удобно использовать не распределение степени уверенности (в %), а наоборот степень неуверенности в том, что данное расстояние безопасно $\hat{Z} = 100 - \bar{y}$.

Так для расстояния 400м и того же интервала скоростей имеем следующее распределение оценок $\hat{Z}$, приведенное ниже на рисунке 2.3а.

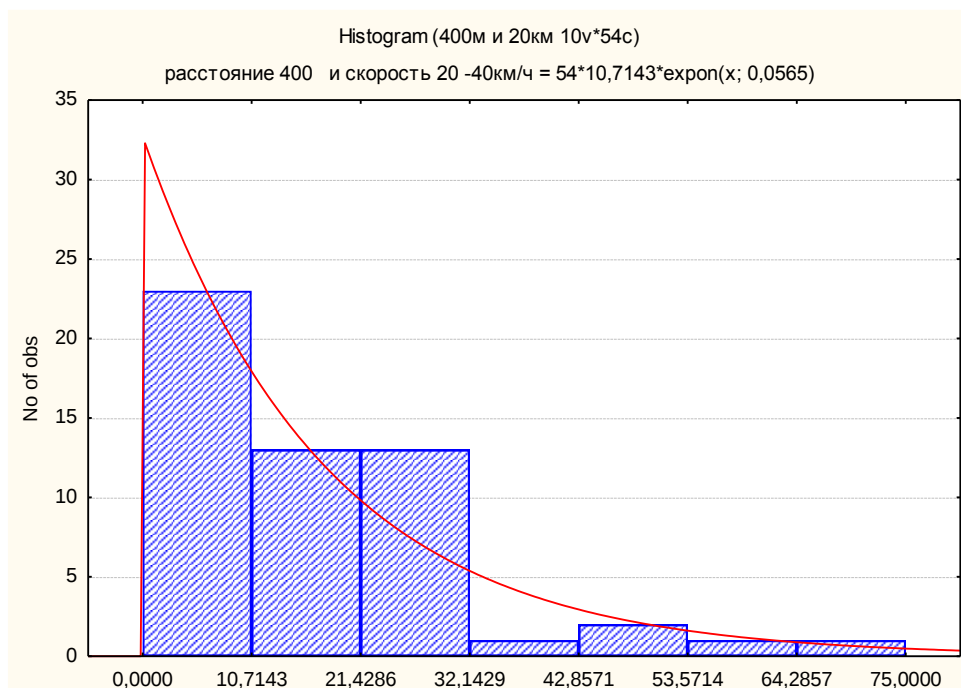


Рисунок 2.3а – Распределение оценок $\hat{Z} = 100 - \bar{y}$ выравниваемое по логарифмически – нормальному закону.

Расчеты показывают, что с увеличением расстояния оценки экспертов сближаются, что отражает таблица 2.2а.

Таблица 2.2а – Статистические параметры оценок безопасности перехода для диапазона скоростей 20 – 40 км/ч

Расстояние	200	300	400	500	600	800	1000
Средняя оценка , $\bar{y}$	62,31	72,19	82,41	90,41	95,74	98,43	99,93
Дисперсия, D	546,90	426,91	258,25	184,51	93,18	31,80	0,30
Среднее квадратическое отклонение	23,39	20,66	16,07	13,58	9,65	5,64	0,54
Скорректированная дисперсия, S^2	557,22	434,96	263,12	187,99	94,94	32,40	0,31

Ошибки выборочной средней $\Delta \bar{y}$, %	3,21	2,84	2,21	1,87	1,32	0,78	0,08
--	------	------	------	------	------	------	------

Поскольку данные рассчитаны на основе выборки, то имеет смысл найти возможные диапазоны отклонения выборочной средней ошибки от генеральной средней. Прежде всего определяется по известной формуле скорректированная дисперсия:

$$S^2 = D n / (n-1) = D 54 / (54-1)$$

Подсчитанные значения сведем также в таблицу 2.3а.

С доверительной вероятностью 0,95 (параметр t критерия Стьюдента $t = 1,96$) ошибки выборочной средней находим по формуле:

$$\Delta \bar{y} = t S / \sqrt{n}$$

В частности для расстояния 200м средняя оценка безопасности находится в диапазоне:

$$62,31 - 3,21 \leq \bar{y} \leq 62,31 + 3,21;$$

$$59,1 \% \leq \bar{y} \leq 65,52$$

Графическая иллюстрация отмеченных тенденций приведена ниже на рисунке 2.4а.

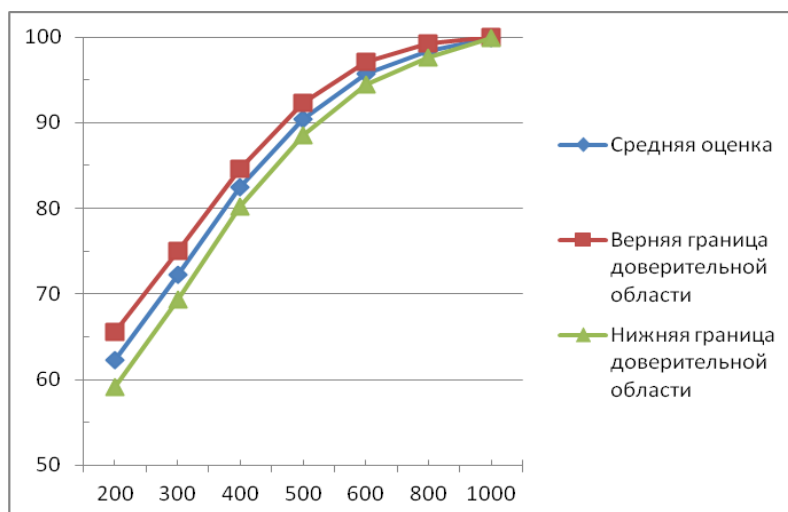


Рисунок 2.4а – Области изменения средней оценки для доверительной вероятности 0,95 при скорости 20 - 40 км/ч.

Таблица 2.3а – Зависимость оценки безопасности перехода от расстояния до приближающегося подвижного состава для диапазона скоростей 40 – 60км/ч

Расстояние L, м	200	300	400	500	600	800	1000
Средняя оценка , $\bar{y}$	47,26	56,39	66,91	77,83	87,07	94,89	99,37
Выборочная дисперсия, D	467,1	353,2	291,8	263,8	155,1	67,16	3,52
Среднее квадратическое отклонение	21,61	18,79	17,08	16,24	12,45	8,19	1,88
Скорректированная дисперсия, S^2	475,9	359,9	297,3	268,8	158,1	68,42	3,59
Ошибки выборочной средней $\Delta \bar{y}$, %	5,82	5,06	4,60	4,37	3,35	2,21	0,51
Верняя граница доверительной области	53,08	61,45	71,51	82,20	90,42	97,10	99,88
Нижняя граница доверительной области	41,44	51,33	62,31	73,46	83,72	92,68	98,86

Изменение оценок весьма существенно, как показывает график на рисунке 2.5а.

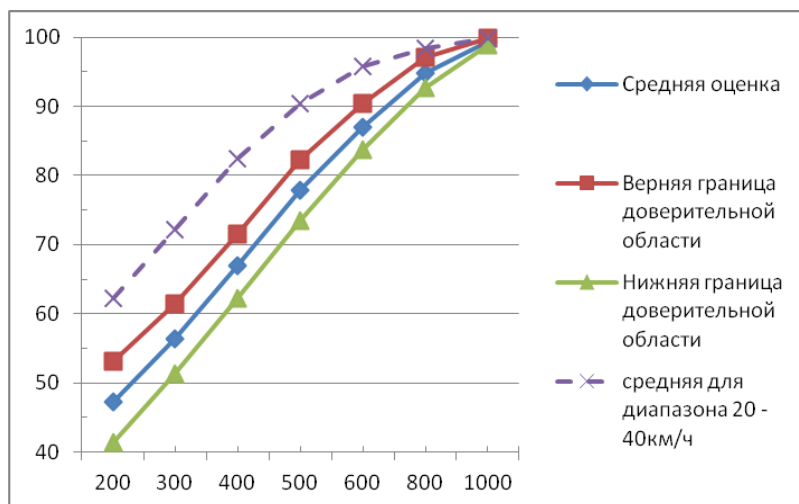


Рисунок 2.5а – Области изменения средней оценки для доверительной вероятности 0,95 при скорости 20 – 40км/ч.

Рассмотренные выше показатели субъективной оценки безопасности по мере роста скорости приближающегося подвижного состава. Прежде всего,

рассмотрен диапазон скоростей от 40 до 60 км/ч, наиболее характерный для подхода пригородного поезда (электрички) к пассажирской платформе.

В приведенных уравнениях регрессии через x обозначена величина $x = L_{\text{приближ}}/100$, для 200м расстояния в уравнение необходимо подставить $x = 2$.

Необходимо найти точку перегиба тренда соответствующего следующему скоростному диапазону 60–80 км/ч. С этой целью определим вторую производную от y_3 и приравняем её нулю:

$$y_3 = -0,1404x^3 + 1,4766x^2 + 7,0668x + 22,521$$

$$y_3' = -0,4212x^2 + 2,9532x + 7,0668$$

$$y_3'' = -0,8424x + 2,9532 = 0$$

$$x_3 = 3,51 \text{ или } L_{\text{приближ}} \approx 350\text{м}$$

На первый взгляд полученный результат близок к точке перегиба y_2 для диапазона скоростей 20–40 км/ч, однако, смысл здесь совсем иной, так как кривая y_3 на отрезке расстояний от 200 до 800м является выпуклой вниз. Только начиная с расстояния в 350м оценки безопасности начинают уверенный рост, в то время как для кривых y_1 и y_2 после расстояния в 400м темп прироста резко замедляется.

Косвенно, этот факт свидетельствует также о достаточной компетенции экспертов. Проведем ту же процедуру для диапазонов скоростей 80–100 км/ч и 100–160 км/ч:

$$y_4 = 0,0039x^4 - 0,2614x^3 + 3,2315x^2 - 0,5984x + 12,775$$

$$y_4' = 0,0156x^3 - 0,7842x^2 + 6,463x - 0,5984$$

$$y_4'' = 0,0468x^2 - 1,5684x + 6,463$$

$$x_4 = 4,897 \text{ или } L_{\text{приближ}} \approx 500\text{м}$$

По аналогии находим $x_5 = 7,388$ или $L_{\text{приближ}} \approx 740\text{м}$.

Приложение 2 Б



Рисунок 2.1б – Схема измерения времени перехода через железнодорожные пути

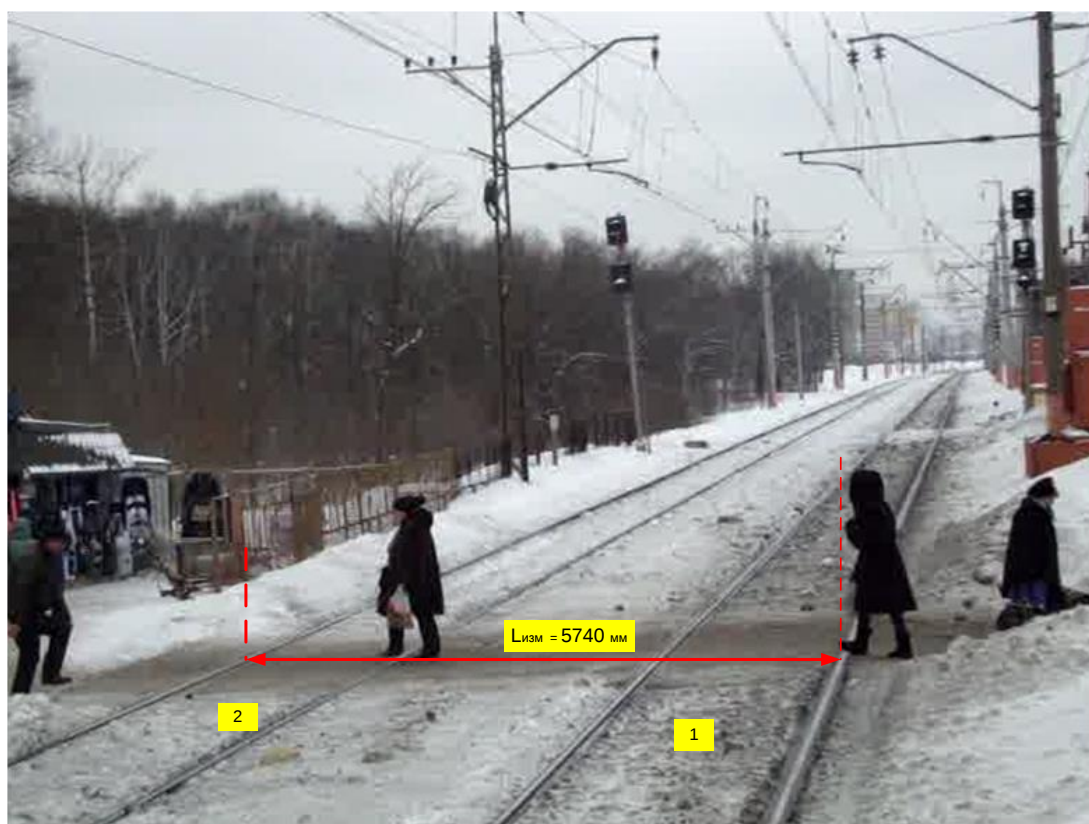


Рисунок 2.2б – Измерение времени перехода через железнодорожные пути

Средняя стоимость оборудования, необходимого для обогрева перехода:
 датчик, срабатывающий на отключение – 1900 руб; ТЭН – 9230 руб – 10 м²;
 силовой кабель, сечение жилы 5 мм², d=3 мм – 40 руб/м; термореле – 2050 руб.

Средняя заработная плата в Российской Федерации – 36200 руб.

Средняя заработная плата работника службы движения - 9000 руб.

Рассчитаем площадь обогреваемой поверхности:

$L = 5300 + 1520 + 5000 + 500 + 500 = 12820 \text{ мм} = 12,82 \text{ м}$ – длина перехода;

$S = 12,82 * 1,5 = 19,23 \text{ м}^2$ – площадь обогреваемой поверхности.

Затраты на оборудование одного пешеходного перехода:

$$Q_{\text{обор}} = 1900 + 9230 * 2 + 40 * 20 + 2050 = 23210 \text{ руб.}$$

Пусть интенсивность движения (λ) на пешеходном переходе первой категории 600 человек. Число случаев травмирования на переходе можно представить в виде:

$$N_{\text{тр}} = f(\lambda)$$

Если на пешеходном переходе на 10000 прошедших граждан происходит один случай, тогда коэффициент травмирования можно выразить следующим образом:

$$\frac{1}{100000} = k_{\text{тр}} ;$$

$$\lambda \cdot T = N_{\text{пеш}},$$

где λ – интенсивность пешеходного потока на переходе;

T – время обогрева перехода;

$N_{\text{пеш}}$ – количество прошедших граждан.

Количество травмированных выражается следующим образом:

$$N_{\text{тр}} = k_{\text{тр}} \cdot N_{\text{пеш}}$$

Выплаты в этом случае составят:

$$Q_{\text{вып}} = k_{\text{вып}} \cdot N_{\text{тр}},$$

где $k_{\text{вып}}$ – сумма выплат одному пострадавшему гражданину.

Известно, что ОАО «РЖД» несет материальную ответственность за пострадавших граждан. Законодательство, согласно п. 59 ст. 1100 Гражданского кодекса РФ, предусматривает обязанность владельца источника повышенной опасности отвечать за причиненный вред, вне зависимости от того, по чьей вине произошла трагедия. Это означает, что железная дорога в любом случае обязана компенсировать вред, причиненный гибелью кормильца, а инвалиду компенсировать потерю в заработке и расходы на лечение. Вина потерпевшего может повлиять только на размер возмещения.

Компенсация морального вреда осуществляется в денежной форме согласно ст. 1101 Гражданского кодекса РФ. Размер компенсации морального вреда определяется судом в зависимости от характера причиненных потерпевшему физических и нравственных страданий, а также степени вины причинителя вреда в случаях, когда вина является основанием возмещения вреда. При определении размера компенсации вреда должны учитываться требования разумности и справедливости.

Характер физических и нравственных страданий оценивается судом с учетом фактических обстоятельств, при которых был причинен моральный вред, и индивидуальных особенностей потерпевшего.

Решение о размере компенсаций связано с непростыми расчетами сумм выплат:

- ежемесячные выплаты в счет возмещения вреда здоровью (размер выплат зависит от того, в какой степени утрачена трудоспособность и от того, какую заработную плату вы получали);

- компенсации морального вреда (его размер зависит от обстоятельств травмы);
- взыскания расходов за лечение, медикаменты и других расходов, связанных с лечением;
- оплата санаторно-курортного лечения, расходов на протезы, специальное транспортное средство;
- оплата дополнительного питания, рекомендованного врачом, и посторонний уход;
- возмещение расходов, связанных с подготовкой к другой профессии.

Потери ОАО «РЖД», связанные с выплатами пострадавшим, определяются общим количеством пострадавших, которые можно представить формулой:

$$P_o = P_c + P_6 + P_{инр} + P_{ир} + P_p + P_d, \quad (1)$$

где P_c - погибшие, имевшие семью;

P_6 - погибшие без семьи;

$P_{инр}$ - пострадавшие, получившие инвалидность, лишившей полностью их трудоспособности;

$P_{ир}$ - пострадавшие, получившие инвалидность, частично лишившей их трудоспособности;

P_p - пострадавшие, получившие временную нетрудоспособность;

P_d - детский травматизм.

Потери, связанные с гибелью людей, имевших семью (P_c) и без семьи (P_6) вычисляются по формулам:

$$P_c = H_1 * K_c; P_6 = H_2 * K_6; \quad (2)$$

где $K_c = N_n * d_{ис}$ - количество погибших, имевших семью;

$d_{ис}$ - удельный вес людей из числа погибших, имевших семью;

$K_6 = N_n - K_c$ - количество погибших без семьи;

N_n - общее число погибших;

H_1 - стоимостная оценка ущерба от гибели человека, имевшего семью;

H_2 - стоимостная оценка ущерба от гибели человека, не имевшего семью.

Потери, связанные с получением инвалидности, в результате которой пострадавшие не работают ($\Pi_{инр}$) и работают ($\Pi_{ир}$) устанавливаются по формуле:

$$\Pi_{инр} = H_3 * K_{инр} \quad (3.1)$$

$$\Pi_{ир} = H_4 * K_{ир} \quad , \quad (3.2)$$

где $K_{инр} = K_n - K_{ир}$ - количество инвалидов, которые получают пенсию;

$K_{ир} = K_n * d_{ри}$ - количество инвалидов, которые получают пенсию и одновременно работают;

$d_{ри}$ - удельный вес инвалидов, которые получают пенсию и одновременно работают;

$K_n = N_p * d_{пи}$ - количество пострадавших, получивших инвалидность;

$d_{пи}$ - удельный вес пострадавших, получивших инвалидность;

$K_p = N_p - K_n$ - количество пострадавших, получивших временную нетрудоспособность.

H_3 - стоимостная оценка ущерба от ранения с получением инвалидности без возможности дальнейшей работы;

H_4 - стоимостная оценка ущерба от ранения с получением инвалидности и возможностью дальнейшей работы.

Потери от ранения людей, получивших временную нетрудоспособность, определяются по формуле:

$$\Pi_p = H_5 * K_p; \quad (3.3)$$

H_5 - стоимостная оценка ущерба от ранения без получения инвалидности;

Потери от гибели детей определяются по формуле:

$$\Pi_{\partial} = H_6 * K_{\partial}; \quad (3.4)$$

где K_{∂} - число погибших детей,

H_6 - стоимостная оценка ущерба от гибели ребенка.

При подсчете потерь в результате гибели человека определяется ожидаемая продолжительность его трудовой деятельности до пенсионного возраста. Средний возраст погибших определяется на основе данных государственной

статистической. Для этого используется формула, отражающая удельный вес числа погибших каждой возрастной категории:

$$D = (S_1 * R_1) + (S_2 * R_2) + (S_3 * R_3) + (S_4 * R_4) + \dots + (S_n * R_n); \quad (3.5)$$

где S - средний возраст погибших данной возрастной категории;

R - удельное число погибших данной возрастной категории;

D - средний возраст погибших.

Исходя из того, что средняя заработная плата в Российской Федерации составляет 36200, можно посчитать потери гражданина в заработной плате за 2 месяца, проведенных на больничном из-за перелома. Потери обычно составляют до 40% от заработной платы – 28960 рублей за 2 месяца. Это и будет сумма выплат пострадавшему ($k_{\text{вып}}$).

В 2015 году отмечен рост количества исковых заявлений к ОАО «РЖД» от граждан, травмированных в зоне движения поездов, или их родственников - 4656 заявлений (в 2014 году - 3719) на сумму 4,2 млрд.руб. (в 2014 году – 3,9 млрд.руб.). Оплачено 11134 исков (в 2014 году – 3945) на сумму 1293 млн.руб. (в 2014 году 578,3 млн.руб.).

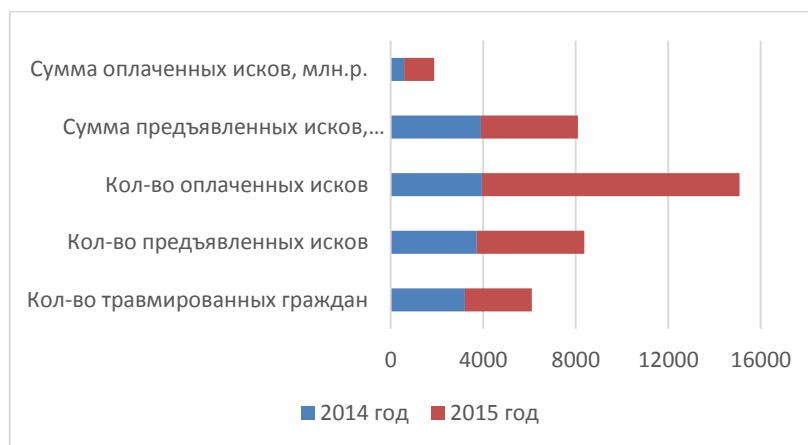


Рисунок 3.1 –Выплаты по исковым заявлениям от граждан в 2014 и 2015 годах

Наиболее интенсивное движение на пешеходных переходах наблюдается в утренние и вечерние часы, пусть это будут 3 часа утром и 3 часа вечером.

Подсчитаем количество граждан, прошедших через пешеходный переход во время наиболее оживленного движения за одни сутки:

$$N_{6ч} = 6 \cdot 600 = 3600 \text{ чел/сут.}$$

Теперь подсчитаем количество людей, проходящих через пешеходный переход в период холодов (5 месяцев) во время наиболее интенсивного движения:

$$N_{\text{инт}} = 3800 \cdot 5 \cdot 30 = 540000 \text{ чел/год}$$

Количество травмированных пешеходов составит:

$$N_{\text{тр}} = \frac{1}{100000} \cdot 540000 = 5,4 \text{ травм в год}$$

Сумма выплат пострадавшим составит:

$$Q_{\text{вып}} = 5,4 \cdot 17600 = 95040 \text{ руб/год.}$$

Подсчитаем количество затрат, необходимых для обогрева пешеходного перехода за год:

$$Q_{\text{нагр}} = t \cdot N_{\text{дн}} \cdot S \cdot W,$$

где t – время обогрева перехода в течении суток (≈ 12 часов);

$N_{\text{дн}}$ – количество дней, приходящееся на обогрев (150 дней);

S – стоимость электроэнергии (1 кВт ≈ 4 руб);

W – мощность ТЭНа (4 кВт).

$$Q_{\text{нагр}} = 12 \cdot 150 \cdot 4 \cdot 4 = 28800 \text{ руб/год.}$$

Также, благодаря данной системе обогрева можно сэкономить на уборке снега с пешеходного перехода, сократив работнику службы пути ставку на 0,2 – 1800 руб. в месяц. Если учесть, что холодный период года в России длится около 5 месяцев, то экономия составит $Q_{\text{дв}} = 9000$ руб. в год.

Подсчитаем срок окупаемости проекта:

$$T_{\text{ок}} = \frac{Q_{\text{обор}}}{Q_{\text{вып}} + Q_{\text{дв}} - Q_{\text{нагр}}} = \frac{23210}{95040 + 9000 - 28800} = 0,38 \text{ лет} < T_{\text{н}} = 6 \text{ лет}$$

Соответственно можно сделать вывод о том, что экономически целесообразно оборудовать переход системой электрообогрева.

Результаты внедрения выполненных исследований

РЕКОМЕНДАЦИЯ К ВНЕДРЕНИЮ

Материалы диссертационной работы Птушкиной Л.В. на тему «Совершенствование системы защиты от наездов подвижного состава на инфраструктуре железнодорожного транспорта» по разделам, связанным с повышением безопасности на пешеходных переходах через железнодорожные пути в одном уровне с головками рельсов, рассмотрены в качестве инновационного проекта на конкурсе «Золотой резерв 2014» Московской железной дороги.

Проект в комплексе мероприятий по анализу, доработке и реализации проекта рассмотрен на заседании рабочей группы и рекомендовано обеспечить техническую и организационную поддержку реализации, в результате чего была проведена следующая работа:

1. Разработано устройство регулирования безопасности на ж.д. путях, результатом включения которого на пешеходных переходах будет регистрация координаты и скорости приближающегося поезда для оптимизации временных параметров системы оповещения.
2. Предложен метод определения параметров движения поезда, основанный на передаче высокочастотных импульсов по рельсу.

Проведено теоретическое моделирование и экспериментальное исследование прохождения высокочастотного импульса по железнодорожному пути на расстоянии 10-150 м до колесной пары. Из исследований следует, что в определенных условиях возможно прохождение сигнала и его отражение от подвижного состава. При увеличении расстояния прохождения сигнала значение частоты играет большую роль в затухании сигнала. Максимальная частота передачи импульсов 500 кГц, при увеличении до 600 кГц и выше наблюдается значительное затухание сигнала до -40 дБ и искажение формы импульса отраженного сигнала.

Выявленные особенности подтверждают обоснованность предложений, рассмотренных в диссертации Птушкиной Л.В. для включения в действующую систему оповещения, что позволит в перспективе выводить цифры посекундного изменения времени на электронное табло до включения запрещающего показания автоматической сигнализации о приближении поезда, времени до проследования поезда по пешеходному переходу, в зависимости от скорости движения.

Проведенные исследования, наряду с другими способами определения скорости и координаты приближающегося поезда, рассмотренными в работе, представляет научный и практический интерес и рекомендуется для дальнейших исследований с целью внедрения на действующих пешеходных переходах через железнодорожные пути в одном уровне с головками рельсов.

Заместитель главного инженера
Московской железной дороги
филиала ОАО «РЖД»



А.В.Поздеев

СВЕДЕНИЯ О НАИБОЛЕЕ ЗНАЧИМЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

1. Наименование результата:

Проходы служебные на объектах ОАО «РЖД». Технические требования, правила устройства содержания»

2. Результат научных исследований и разработок (выбрать один из п. 2.1 или п. 2.2)

2.1. Результат фундаментальных научных исследований

- теория

- метод

- гипотеза

- другое (расшифровать):

2.2. Результат прикладных научных исследований и экспериментальных разработок

- методика, алгоритм

- технология

- устройство, установка, прибор, механизм

- вещество, материал, продукт

- штаммы микроорганизмов, культуры клеток

- система (управления, регулирования, контроля, проектирования, информационная)

- программное средство, база данных

- другое (расшифровать):

3. Результат получен при выполнении научных исследований и разработок по тематике, соответствующей Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации:

- Безопасность и противодействие терроризму

- Индустрия наносистем

- Информационно-телекоммуникационные системы

- Науки о жизни

- Перспективные виды вооружения, военной и специальной техники

- Рациональное природопользование

- Транспортные и космические системы

- Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

4. Коды ГРНТИ:

862300 ; 862900

5. Назначение:

Правила устройства и содержания проходов служебных на железнодорожных объектах

6. Описание, характеристики:

Требования к устройству и содержанию проходов служебных в ОАО «РЖД»

7. Преимущества перед известными аналогами:

Введено впервые, содержит единый унифицированный комплекс требований

8. Область(и) применения:

Охрана труда

9. Правовая защита:

Стандарт ОАО «РЖД»

10. Стадия готовности к практическому использованию:

100%

11. Авторы:

В.М Пономарев, С.А. Донцов, А.В. Волков, О.И. Грибков, Л.В. Птушкина

Директор ИТТСУ



П.Ф. Бестемьянов



Информационная карта (ИК) на законченную НТР

Регистрационный номер	15301025		
	<i>(указывается номер, присвоенный НТР в регистрационной карте)</i>		
Категория работы <i>по плану НТР ОАО РЖД</i>	РТП		
	<i>(НИОКР, НИР, ОКР, ОТР, ОХР, РТП)</i>		
Шифр работы	11.237 ЦБТ, ЦТЕХ		
	<i>(по Плану НТР, планам железных дорог)</i>		
Номер договора	1715956 (рег. № МГУПС (МИИТ)-188/15)		
Функциональный заказчик	ЦБТ, ЦТЕХ ОАО "РЖД"		
Сроки выполнения работы	начало	10.2015	окончание 04.2016
Организация-исполнитель, сокращенное наименование	МГУПС (МИИТ) Отделение:		
	<i>(сокращенное наименование организации)</i>		
Авторы	Пономарев В.М., Волков А.В., Грибков О.И., Донцов С.А., Птушкина Л.В.		
	<i>(ФИО разработчиков)</i>		
Телефон, факс	8 964 631 8274		
E-mail	sdonzov@rambler.ru		
Соисполнитель			
Адрес организации-соисполнителя			
Телефон, факс			
Объем финансирования соисполнителя, тыс.руб.			
Наименование работы	Разработка СТО РЖД «Проходы служебные на объектах ОАО «РЖД». Технические требования, правила устройства и содержания»		
Стадия работы	завершенная НТР		
	<i>(завершенная НИОКР, завершенная НТР, завершенный этап)</i>		
Результат работы	Утвержденный СТО РЖД		
Место внедрения результатов работы <i>(в соответствии с актом ввода в эксплуатацию)</i>	Территории ж.д. станций и других структурных подразделений ОАО "РЖД"		
	<i>(место внедрения, дата акта ввода в эксплуатацию)</i>		
Реферат <i>(краткое содержание работы, результаты работы, основные техничко-экономические показатели, технические характеристики, новизна и отличия от аналогов)</i>	СТО РЖД 15.015-2016 "Проходы служебные на объектах ОАО «РЖД». Технические требования, правила устройства и содержания" устанавливает общий регламент разработки, обозначения, оснащения и контроля содержания маршрутов служебного прохода по территории железнодорожных станций и других структурных подразделений холдинга "РЖД". Данный стандарт не распространяется на пешеходные переходы через железнодорожные пути, размещенные в одном уровне с верхом головки рельсов и пешеходные переходы других типов.		
Расчетный экономический эффект <i>(в денежном выражении)</i>			
Сведения об объектах интеллектуальной собственности	Использованные в работе ОИС		
	<i>(вид охранного документа ОИС, № документа, дата подачи заявки (дата приоритета)/дата публикации, наименование ОИС в соответствии с охраняемым документом, правообладатель)</i>		
	ОИС, полученные в результате работы		

	(вид охранного документа ОИС, № документа, дата подачи заявки (дата приоритета)/дата публикации, наименование ОИС в соответствии с охранным документом)	
	Поданы заявки на получение охранных документов	
	(вид охранного документа ОИС, № заявки, дата подачи заявки (дата приоритета)/дата публикации, наименование ОИС в соответствии с охранным документом)	
Ф.И.О. составителя ИК	Ступенькова И.А.	

Сведения об отчетной документации на работу:

Инвентарный номер отчета
(документации)

(номер, под которым отчет хранится в архиве)

Объем отчетной
документации в Мгб.

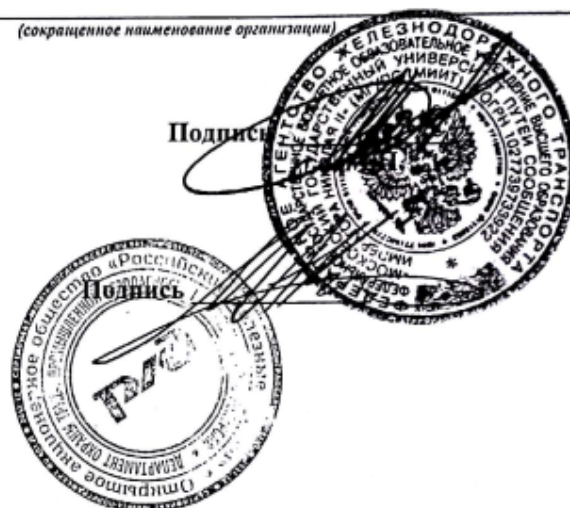
Общее количество страниц

Организация-хранитель отчета Главный специалист отдела безопасности труда Департамента охраны труда, промышленной безопасности и экологического контроля ОАО «РЖД» Карпов Андрей Владимирович, тел. 8 499 262-82-69

(сокращенное наименование организации)

Руководитель организации А.В. Давыдов

Представитель
функционального заказчика



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 152326

УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ

Патентообладатель(ли): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет путей сообщения" МГУПС (МИИТ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2014119638

Приоритет полезной модели 16 мая 2014 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 23 апреля 2015 г.

Срок действия патента истекает 16 мая 2024 г.

Врио руководителя Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Л.Л. Кирий



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾152326⁽¹³⁾ U1

(51) МПК

B61L29/00 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ПАТЕНТ НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

Статус: по данным на 27.12.2016 - прекратил действие, но может быть восстановлен
Пошлина: учтена за 1 год с 16.05.2014 по 16.05.2015

(21), (22) Заявка: 2014119638/11, 16.05.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.05.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 16.05.2014

(45) Опубликовано: [20.05.2015](#)

Адрес для переписки:

127994, Москва, ул. Образцова, 9, стр. 9, МИИТ

(72) Автор(ы):

Волков Андрей Владимирович (RU),
Грибков Олег Игоревич (RU),
Жуков Виктор Иванович (RU),
Птушкина Любовь Викторовна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Московский государственный университет
путей сообщения" МГУПС (МИИТ) (RU)

(54) УСТРОЙСТВО РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПУТЯХ