**Железнодорожные переезды**

Диплом

Содержание

Введение

. Общие сведения о состоянии железнодорожных переездов в Республике Беларусь

.1 Общие положения

.2 Факторы, влияющие на безопасность движения в зоне железнодорожных переездов

. Анализ аварийности на железнодорожных переездах Республики Беларусь и причины возникновения ДТП

.1 Количественный анализ аварийности на ЖДП

.2 Качественный анализ аварийности на ЖДП

.3 Топографический анализ аварийности

. Анализ существующей организации дорожного движения на объектах исследования

.1 Общие сведения

.2 Охраняемый ЖД переезд вне населённого пункта

.3 Неохраняемый ЖД переезд вне населённого пункта

.4 Охраняемый ЖД переезд в населённом пункте

.5 Охраняемый ЖД переезд в населённом пункте

. Моделирование, экспериментальные и расчётные исследования

.1 Общие положения

.2 Экспериментальные и расчётные исследования

.3 Математическое моделирование

. Разработка предложений по совершенствованию ОДД

.1 Совершенствование ОДД на ЖДП Республики Беларусь

.2 Совершенствование ОДД на охраняемом ЖДП вне НП

.3 Совершенствование ОДД на неохраняемом ЖДП вне НП

.4 Совершенствование ОДД на охраняемом ЖДП в НП

.5 Совершенствование ОДД на неохраняемом ЖДП в НП

. Оценка эффективности принимаемых решений

.1 Расчёт экономических потерь на объектах исследования при существующей и предлагаемой ОДД

.2 Расчёт экологических потерь на объектах исследования при существующей и предлагаемой ОДД

.3 Расчёт аварийных потерь на объектах исследования при существующей и предлагаемой ОДД

.4 Суммарные потери на участках исследования

. Охрана труда

Заключение

Список использованных источников

Приложение

[**Написание на заказ курсовых, дипломов, диссертаций...**](http://учебники.информ2000.рф/napisat-diplom.shtml)

Перечень условных обозначений и сокращений

В настоящей работе приняты следующие условные обозначения и сокращения:

 АСС - автоматическая светофорная сигнализация;

 АТС - автодорожное транспортное средство;

 БД - безопасность движения;

 БДД - безопасность дорожного движения;

 Бел.ЖД - Белорусская железная дорога;

 ДД - дорожное движение;

 ДТП - дорожно-транспортное происшествие;

 ДТС - дорожно-транспортная ситуация;

 ЖДП - железнодорожный переезд;

 КС - конфликтная ситуация;

 НП - населённый пункт

 ОДД - организация дорожного движения;

 ПДД - Правила дорожного движения

 ПСЖД - подвижной состав железных дорог;

 РБ - Республика Беларусь;

 ТС - транспортное средство;

 ТСОДД - технические средства организации дорожного движения;

 ТП - транспортный поток;

 УДД - управление дорожным движением;

 УДС - улично-дорожная сеть.

 BYR - белорусский рубль

Введение

Вступление общества в период ускоренной автомобилизации, наблюдаемый в последние годы, сопровождается неуклонным ростом экономических, экологических, социальных и аварийных потерь в ДД. Масштабы этих потерь для общества колоссальны. При этом одной из самых нерешенных проблем в ДД является оценка качества принимаемых по ОДД решений. Особую актуальность, как в РБ, так и во всех промышленно-развитых странах мира имеет решение проблемы повышения БД и снижения эксплуатационных затрат транспорта на УДС в зоне ЖДП. Ежегодно на переездах всего мира совершаются аварии, в результате которых погибают или получают ранения несколько тысяч человек. Несмотря на относительно невысокий удельный вес (менее 1%) в общей структуре аварийности РБ ДТП на ЖДП характеризуются неумолимой периодичностью, особо высокой тяжестью последствий (почти в 3 раза выше, чем средняя).

Резкое увеличение объемов движения автомобилей в зоне ЖДП опережает темпы развития инфраструктуры переездного обустройства, что обуславливает непрерывное усложнение дорожно-транспортных условий, повышение потерь из-за задержек транспорта (дополнительного расхода топлива и ресурсов, вредного экологического воздействия), перегрузку путей сообщения. В таких условиях все чаще необходимо обеспечивать движение ТП высокой интенсивности, в которых скорость движения каждого ТС зависит от поведения его соседей и вероятность возникновения заторов и ДТП, в т.ч. «цепных», повышается. Борьба за БД и снижение эксплуатационных затрат на переездах как у нас в стране, так и за рубежом развивается по двум основным направлениям: ликвидация ЖДП (замена действующих переездов транспортными развязками в разных уровнях или закрытие переездов); совершенствование условий движения в местах их расположения путем развития элементов переездного обустройства, технических средств, методов и технологий организации и управления движением, ориентированных на все более детальную оптимизацию управляющих воздействий. Тотальной замене пересечений в одном уровне транспортной развязкой в разных уровнях препятствуют необходимость привлечения больших капитальных вложений и значительные сроки реализации таких мероприятий. Закрытие ЖДП без создания альтернативных возможностей пересечения железнодорожного полотна резко увеличивает перепробеги АТС и по экономическим соображениям также не может быть реализовано повсеместно. В настоящее время на территории РБ более 90% всех пересечений железных дорог с автодорогами составляют пересечения в одном уровне, следовательно, по-прежнему остаются актуальными и проблемы, связанные с их эксплуатацией. Значительную часть потерь в ДД на ЖДП и подходах к ним составляют именно экономические потери, связанные с отсутствием оптимальности и эффективности организации и управления ДД. С развитием компьютерной техники и программных средств появляется возможность принятия практических решений, основанных на более точных моделях ТП, позволяющих учесть специфику исследуемого процесса и достоверно определять показатели режимов движения потоков автомобилей, что повышает эффективность решений, направленных на совершенствование ОДД.

В представленном дипломном проекте разработана методика оценки эффективности решений, принимаемых по ОДД в зоне ЖДП. За основу принят алгоритм моделирования управления ТС в плотном ТП, разработанный на кафедре БНТУ. Внедрение предлагаемой методики в практику снизит затраты на перемещение грузов и пассажиров и повысит уровень БД путем увеличения эффективности ОДД. В дипломном проекте рассмотрены принципы и эффективные пути использования полученных теоретических результатов в практическом контексте разработки мероприятий по повышению пропускной способности ЖДП, обеспечивающих безопасность и эффективность работы автомобильного транспорта.

1. Общие сведения о состоянии железнодорожных переездов в Республике Беларусь

.1 Общие положения

На ЖДП происходят наиболее крупные и тяжелые виды ДТП, которые причиняют значительный материальный и социальный ущерб в результате гибели или ранения людей, повреждения ТС, дорожного обустройства, простоя ПСЖД и нарушения графика движения, повлекшего несвоевременную доставку перевозимых грузов и пассажиров. Задержки в доставке грузов и пассажиров негативно сказываются на эффективности функционирования многих предприятий. Поэтому аварийность на ЖДП, зачастую, приводит к экономическим потерям в различных сферах практической деятельности. Кроме того, переезды ввиду транспортировки опасных грузов остаются местом повышенной опасности возникновения аварий техногенного характера. Иногда из-за наличия ЖДП приходится менять маршрут движения АТС отдельных категорий. Данные, приводимые как в национальных, так и зарубежных публикациях, свидетельствуют о многочисленных случаях ДТП в зоне ЖДП [3, 12- 22]. Наряду с этим повышение скоростей движения современных АТС, массы железнодорожных поездов и интенсивности ДД создают предпосылки к ухудшению ситуации в области обеспечения БД на данных, особо опасных, элементах УДС.

Объективными предпосылками возникновения ДТП в зоне ЖДП являются резкое ухудшение условий движения по сравнению со смежными участками УДС, а также ограниченные возможности машиниста поезда (движение по рельсовой колее, большой тормозной путь ПСЖД) предотвратить наступление печальных последствий. Около 25% ДТП на ЖДП происходит без участия ПСЖД и вызываются более сложными дорожно-транспортными условиями по сравнению с прилегающими участками автодорог [4], [5]. С увеличением объемов движения автомобилей ЖДП становятся причиной повышения потерь из-за задержек транспорта. В местах их расположения, зачастую, возникают неоправданные простои ТС, многочисленные КС, заторы и перегрузки отдельных участков УДС. Это обуславливает существенный перерасход топлива автомобилями из-за движения на неэкономичных режимах, непроизводительные потери времени, психологический дискомфорт, снижение производительности труда и ухудшение экологической обстановки. Поэтому повышение пропускной способности ЖДП является весьма актуальной задачей, особенно в условиях дефицита сырьевых ресурсов. В соответствии с основным нормативным документом [10], определяющим требования к устройству, оборудованию и содержанию ЖДП, различают регулируемые и нерегулируемые переезды.

К регулируемым относятся ЖДП, оборудованные устройствами переездной сигнализации для водителей АТС или обслуживаемые дежурным работником (т.н. «охраняемые ЖДП»).

К нерегулируемым относятся ЖДП, не оснащенные устройствами переездной сигнализации и не обслуживаемые дежурным (неохраняемые ЖДП).

В зависимости от интенсивности движения поездов и АТС ЖДП делятся на четыре категории. К I категории относятся переезды с наибольшей интенсивностью движения поездов и АТС, к IV категории - самые малодеятельные переезды. ЖДП II и III категории занимают промежуточное положение.

На территории РБ функционирует около 2 тысяч ЖДП. Более 80% из них расположены на железнодорожных линиях БЖД, в т.ч. 1806 относятся к переездам общего пользования и размещаются при пересечении их с автодорогами общего пользования. Общее количество ЖДП I категории, эксплуатируемых на путях БЖД (по состоянию на 20.02.2013г.), составляет 58 ЖДП на главных ЖД путях, II категории - 59 на главных ЖД путях и 8 на подъездных ЖД путях, III категории - 174 на главных ЖД путях и 32 на подъездных ЖД путях , IV категории - 1129 на главных ЖД путях и 345 на подъездных ЖД путях. Количество ЖДП с дежурными и оборудованными шлагбаумами и автоматической сигнализацией составляет 84 ЖДП, с автоматической сигнализацией без шлагбаума и дежурного работника составляет 1178 ЖДП на главных ЖД путях и 83 ЖДП на подъездных путях. Остальные переезды оборудованы только дорожными знаками и дорожной разметкой. Их количество составляет 158 ЖДП на главных путях и 303 ЖДП на подъездных путях (рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 - Распределение ЖДП в зависимости от оснащения ТСОДД

Радикальным решением всех проблем, характерных для ЖДП, является их ликвидация путем строительства пересечений в разных уровнях или закрытия таких транспортных сооружений. Замена переездов транспортной развязкой в разных уровнях является лучшим способом избежать потерь в существующих масштабах, особенно в местах, где по условиям движения пересечения в одном уровне не могут обеспечить достаточную пропускную способность и безопасность. Однако сооружением путепроводов (тоннелей) вместо действующих ЖДП не гарантируется абсолютная безопасность и по-прежнему существует некоторый риск возникновения ДТП.

Количество ЖДП в РБ, как и в мире в целом, имеет тенденцию к постепенному уменьшению за счет строительства развязок в разных уровнях, а также закрытия малодеятельных переездов. Реализация подобных мероприятий повсеместно сдерживается по экономическим соображениям и большими сроками их проведения. С 1998 по 2012 г.г. общее количество ЖДП, расположенных на путях БЖД, сократилось с 1500 до 1420 на главных ЖД путях и с 429 до 386 на подъездных ЖД путях. Однако темпы ликвидации ЖДП значительно отстают от фактической потребности. На УДС со значительной интенсивностью движения переезды не справляются с возросшими ТП. В этих условиях все большее значение приобретает разработка методов исследования потоков автомобилей высокой интенсивности, а также поиск альтернативных путей снижения потерь в ДД на ЖДП и подходах к ним. Вопросы, касающиеся проблемы рационального проектирования пересечений автомобильных и железных дорог, отражены как в национальной, так и в зарубежной литературе, а также в нормативных документах всех промышленно-развитых стран.

В развитых странах мира научные изыскания в этой области имеют особый приоритет, т.к. являются элементом стратегии обеспечения общественной безопасности в регионе [13]. Обзор исследований, посвященных данной проблематике показал, что во многих случаях переход к пересечению в разных уровнях является экономически оправданным. Строительство путепроводов (тоннелей) наряду с экономией эксплуатационных транспортных расходов позволяют существенно повысить БД транспорта, снизить износ автомобилей, сократить порчу грузов и ускорить их доставку, улучшить условия труда водителей и машинистов, повысить эстетические качества дорог, а также комфортабельность перевозок пассажиров. Переход к транспортным развязкам в разных уровнях стимулируется ростом стоимости оборудования ЖДП. Е.П. Алексеев проанализировал стоимость ЖДП и показал [13], что стоимость неохраняемого переезда близка к стоимости малого железнодорожного моста, который может заменить переезд.

Стоимость охраняемого ЖДП с учетом здания для дежурного достаточна для постройки малого искусственного сооружения, предназначенного для пропуска АТС под железной дорогой. Н.И. Федотов определил условия перехода к путепроводной развязке и разработал методику определения экономической целесообразности строительства ЖДП и путепроводов [13]. Вопрос о замене ЖДП пересечениями в разных уровнях и очередность их сооружения решается в каждом отдельном случае проектом, разрабатываемым с тщательным учетом местных условий.

Важными факторами, обуславливающими переход к развязке в разных уровнях, является интенсивность движения транспорта, условия видимости, а также максимальная скорость движения поездов на ЖДП. Замена действующего ЖДП развязкой в разных уровнях, как правило, экономически обосновывается при высоких значениях интенсивности движения по пересекаемым дорогам. При этом общепринято, что железные дороги со скоростями движения поездов более 120 км/ч должны пересекаться с автодорогами только в разных уровнях [13], [14]. Это объясняется тем, что в условиях скоростного движения поездов последствия ДТП на ЖДП могут оказаться весьма тяжелыми. Кроме того, введение скоростного движения поездов приводит к резкому увеличению простоев АТС на переездах, так как продолжительность закрытия ЖДП в этом случае значительно возрастает из-за существенного различия тормозных путей скоростных и обычных поездов.

Принятию решений по определению границ применения пересечений в одном и разных уровнях всегда предшествует оценка потерь в ДД. Исследования в этой области позволили значительно расширить область применения пересечений в разных уровнях. Так, Баваровым Б.Н. предложена методика подсчета потерь времени АТС в зоне ЖДП с учетом колебаний интенсивности движения по автомобильным и железным дорогам в течение суток [12]. Однако положенная в основу этой методики теоретическая модель образования очереди АТС у ЖДП применима только при малых интенсивностях движения.

.2 Факторы, влияющие на безопасность движения в зоне железнодорожных переездов

Количество факторов, влияющих на БД в зоне ЖДП велико и действие их многовариантно. Детальный анализ данных многолетних исследований аварийности в зоне ЖДП позволяет условно выделить следующие основные факторы, определяющие БД на них: интенсивность движения ТС; условия видимости; наличие элементов переездного обустройства и ТСОДД; человеческий фактор; состояние проезжей части.

.2.1 Интенсивность движения транспортных средств

Интенсивность - это количество автомобилей, проходящее через сечение дороги в единицу времени. Известно [6], [11], что аварийность на любых объектах УДС во многом зависит от интенсивности движения, которая, в свою очередь, во многом определяет скорость автомобилей, закономерность движения ТП и нервно-эмоциональную напряженность водителей.

Доказано [4], [5], [7], что рост интенсивности движения транспорта через ЖДП приводит к увеличению числа ДТП в местах их расположения. Во Франции пересечения в одном уровне автомобильных и железных дорог оцениваются по транспортному числу, которое является произведением числа  среднего количества поездов в течение суток и числа  автомобилей, пересекающих ЖДП. Если \*  < 1000, то ЖДП остается неохраняемым, при \*  < 3000 он оснащается мигающей световой сигнализацией, а при \*  < 5000 - полушлагбаумом. Более глубокое исследование влияния интенсивности движения транспорта через ЖДП на БД рассмотрено в работах Б.Н. Баварова [26-28]. Им предложен показатель степени опасности движения на переездах, характеризующий относительную аварийность на 1 млн. прошедших через ЖДП автомобильных и железнодорожных ТС, приведенных к эквивалентному по продолжительности занятия переезда количеству автомобилей:

, (1.1)

где -число аварий в год, ДТП/год;

 -интенсивность движения по автодороге, авт/сут;

- интенсивность движения по железной дороге, поездов/сут;

,5 -коэффициент приведения.

По данным Б.Н. Баварова оценка БД на ЖДП может выполняться с использованием широко распространенного метода «коэффициентов аварийности» [5], в развитие которого на основе статистических данных о ДТП рассчитаны частные коэффициенты аварийности, учитывающие влияние интенсивности движения по пересекаемым дорогам дальности видимости ЖДП и поезда, геометрических элементов плана и профиля автодороги и др.

Для рационального выбора средств оборудования ЖДП применяется также следующий показатель опасности, полученный на основе многофакторного корреляционного анализа возможных влияющих факторов [12]:

 (1.2)

где - показатель опасности, аварий/год на один ЖДП;

 - минимальное расстояние видимости ПСЖД и ЖДП, м.

- коэффициент защиты ЖДП, учитывающий наличие инженерного оборудования переезда. Расчетные значения этого коэффициента представлены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 - Коэффициенты влияния оборудования ЖДП на БД

|  |  |
| --- | --- |
| Технические средства защиты переезда | Величина коэффициента |
| АСС и автоматические шлагбаумы | 1,00 |
| АСС | 1,10 |
| Механические шлагбаумы с оповестительной сигнализацией | 3,24 |
| Искусственное освещение | 4,82 |
| Оборудование подходов к ЖДП знаками и разметкой | 7,45 |

Рисунок 1.2 - Зависимость коэффициентов аварийности от интенсивности движения автомобилей и поездов

На рисунке 1.3 приведен график выбора решений по организации движения через ЖДП, который назначает мероприятия в зависимости от суммарной интенсивности движения через переезд [12]. Последний предусматривает приоритетные условия для ПСЖД, принимая коэффициенты приведения поездов к автомобилям тем более высокие, чем меньше уровень загрузки на автомобильной дороге.

Точность прогноза уровня аварийности и, как следствие, качество оценки БД в зоне ЖДП по этим методикам относительно невысоки и не позволяют применить их для решения задач оптимизации УДД. Существуют и другие критерии, а также разработанные на их основе методики прогнозирования аварийности [3], [11]. Однако эти методики и критерии не всегда дают возможность оценить безопасность взаимодействия ТС в потоке, исходя из новых особенностей движения автомобилей в конкретных условиях, не могут удовлетворительно описать физическую сущность различных ситуаций, которые возникают в ТП в процессе движения через ЖДП. Невысокая точность методик оценки эффективности принимаемых проектных решений снижает их прикладное значение и, как следствие, практическую полезность.

Рисунок 1.3 - Области применимости решений по ОДД в зоне ЖДП: 1. ЖДП, оборудованные дорожными знаками и разметкой проезжей части на подходах. 2. ЖДП, оснащенные дополнительно АСС и наружным освещением. 3. Устройство дополнительных полос для накопления и разгрузки очередей в зоне ЖДП. 4. Транспортная развязка в разных уровнях без учета сооружения временного объезда. 5. Транспортная развязка в разных уровнях, включая строительство временного объезда.

Качественное состояние ТП и внутренние закономерности его движения меняются по мере изменения соотношения между интенсивностью и пропускной способностью ЖДП. Транспортный поток, обладающий плотностью, близкой к пропускной способности ЖДП, является неустойчивым и вызывает возникновение заторов, которые часто парализуют целые районы УДС. При этом даже незначительное изменение скорости одного ТС, вызванное какой-либо помехой, приводит к возникновению критической ситуации. Типичным результатом неожиданного и резкого изменения скорости движения автомобиля в насыщенном ТП является попутное столкновение ТС. Такие ДТП имеют в основном не слишком тяжелые последствия, поскольку совершаются при невысоких скоростях движения ТС и, к сожалению, не попадают в официальный статистический учет. Однако существуют основания полагать, что число всех аварий этого вида встречается в несколько раз чаще, чем это отражается в официальной статистике ДТП. Иногда на перегруженных ЖДП возникают ДТП с участием трех и более ТС, т.н. «цепные» аварии. Такие ДТП вызывают частичную или полную остановку движения АТС на значительное время, причем в наиболее нежелательном случае - когда движение высокоинтенсивное. Следовательно, аварийность в зоне ЖДП обуславливается перегруженностью движения и, как следствие, ведет к еще большему ухудшению сложившейся ситуации. В связи с этими обстоятельствами все более насущным становится изучение особенностей и закономерностей движения насыщенных ТП, а также совершенствование методик оптимизации управления движением в таких условиях. При этом большой научный и практический интерес представляет исследование процесса возникновения возмущений в таких потоках, приводящих к заторам, КС и ДТП в различных ДТС. К настоящему времени теория ТП располагает достаточно надежными энергетическими критериями оценки неустойчивых состояний ТП (шум ускорения, градиент скорости и др.), установлена структура взаимосвязи между ними и определены рациональные сферы их применения [1], [4]. Однако широкое распространение данных критериев в практике ОДД в значительной мере сдерживается трудоемкостью получения достоверных исходных данных [6], [7].

.2.2 Условия видимости

Видимость - это наибольшее расстояние в направлении движения транспортного средства, на котором участник дорожного движения способен распознать элементы дороги, ТСОДД и умел правильно ими пользоваться. Изучению влияния условий видимости на БД автомобилей посвящено много научных работ, однако ограниченное число выполненных исследований затрагивают вопросы определения безопасного расстояния видимости дорожной обстановки в зоне ЖДП. При обеспечении БД на ЖДП вопросы видимости дорожной обстановки занимают особое место. Условия видимости являются одним из основных показателей транспортно-эксплуатационных качеств ЖДП и БД на них [8-11]. Установлено, что расстояние видимости объектов на дороге является основным показателем условий видимости, поскольку в значительной степени определяет такие главные параметры режима движения, как скорость и БД. Факторы, определяющие расстояния видимости реальных объектов многообразны, непостоянны и по-разному влияют на степень уменьшения дальности видимости. Сильное влияние на видимость оказывают такие факторы, как скорость движения и освещенность. Увеличение скорости движения АТС приводит к снижению зрительных функций, поскольку увеличивающаяся угловая скорость перемещения объектов на дороге может оказаться близкой к порогу зрительного восприятия. Закономерность изменения дальности видимости объекта при увеличении скорости движения АТС можно определить по формуле [34, с. 19]:

, (1.3)

где- расстояние видимости, при скоростях от 40 до 100 км/ч, м;

 - расстояние видимости, при скорости движения 60 км/ч, м.

Для улучшения условий видимости в темное время суток на ЖДП широко применяют искусственное освещение. С целью выделения переезда, как особо опасного участка на УДС, увеличивают освещенность (или яркость покрытия проезжей части) на подходах к ЖДП по сравнению со смежными участками дорог. Однако, постоянное ужесточение требований к энергосбережению во всем мире диктует необходимость изыскания возможности снижения эксплуатационных затрат на содержание ЖДП, в т.ч. прибегать к пересмотру целесообразности использования отдельных мероприятий, которые прошли апробацию на практике и доказали свою эффективность в обеспечении БДД. Требуемые условия видимости на ЖДП обеспечиваются правильным проектированием на местности и достаточным удалением объектов, ухудшающих видимость. Принято считать необходимым [10], [13], [14], чтобы водитель, находящийся на расстоянии 50 м от ЖДП и менее имел возможность увидеть, приближающийся с любой стороны ПСЖД на расстоянии не менее 400 м, а машинист поезда должен видеть середину ЖДП с расстояния не менее 1000 м, т.н. «треугольник видимости на ЖДП» (рисунок 1.4).

Рисунок 1.4 - Нормативный треугольник видимости на ЖДП

На неохраняемых ЖДП обеспеченная видимость приближающегося поезда водителем ТС является основным условием БД на переезде, поскольку при недостаточной видимости ПСЖД становится пассивным участником ДТП. В работе [12] приведены следующие коэффициенты, учитывающие влияние видимости поезда на количество ДТП на ЖДП (таблица 1.2).

Таблица 1.2 - Частные коэффициенты аварийности по условиям видимости ПСЖД на ЖДП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расстояние видимости поезда, м | 400 и более | 300-400 | 200-300 | 100-200 | 0-100 | менее 50 |
| Коэффициент аварийности, Кав. | 1 | 1,42 | 2,5 | 4 | 5,15 | 6,5 |

Существует мнение, что отключение освещения на ЖДП позволит экономить электроэнергию, снизит эксплуатационные затраты на обслуживание, а световой луч прожектора приближающегося ПСЖД на неосвещенном переезде будет являться дополнительным фактором повышения бдительности. Проведенные исследования в этой области пока не дают четких и однозначных решений о целесообразности применения таких мер исходя из условий БД, характеризуются субъективностью гипотетических экспертных оценок, грубой приближенностью статистических результатов изучения данных о ДТП и поэтому носят только рекомендательный характер. Вместе с тем, эти рекомендации могут быть справедливы только для определенных эксплуатационных условий и требуют доказательства для других, отличных от них условий и особенностей ОДД. При все возрастающей потребности данного направления исследований перспективно применение на малодеятельных ЖДП РБ решения, предусматривающего включение освещения в момент вступления поезда на участок приближения. Следует заметить, что ранее такие исследования не проводились.

Исследования показывают [9, с. 87], что на ЖДП снижается БД с уменьшением расстояния видимости приближающегося поезда (рисунок 1.5).

Рисунок 1.5 - Зависимость относительной аварийности от расстояния видимости поезда с ЖДП

Во многих странах систематически проводится факторный анализ причин и условий, способствующих возникновению ДТП в зоне ЖДП [6], [11], [12], [15],[16]. Результаты этих исследований неуклонно указывают на то, что по-прежнему не решены с необходимой полнотой вопросы оперативной оценки БД автомобилей с учетом фактической видимости дорожной обстановки на подходах к ЖДП. Причем, отмечается, что не уделяется достаточное внимание вопросам изучения расстояний видимости в зависимости от ДТС и их влияние на скорости движения ТС. Большинство методик оценки БД в зоне ЖДП по условиям видимости исходит только из исследования дальности видимости приближающегося поезда водителем АТС, движущегося на подходах к переезду. Это не дает возможность сделать качественное заключение о степени обеспеченности БД, поскольку не учитывается ряд других важных параметров, характеризующих безопасные расстояния видимости водителем дорожной обстановки.

Относительно частый вид происшествий на переездах, оборудованных шлагбаумами, - наезд на шлагбаум. Этот вид ДТП часто совершается, когда ЖДП появляется неожиданно из-за поворота. В этом случае главными причинами являются невнимательность водителя и превышение скорости, а сопутствующими - необеспеченная видимость шлагбаума и отсутствие своевременной информации об условиях движения.

На практике нередки случаи, когда зеленые насаждения или другие объекты закрывают видимость на ЖДП и резко ухудшают условия движения для водителей. При этом решающее значение для БД имеет достаточная дальность видимости сигналов переездной сигнализации (шлагбаумов), информирующих о наличии и состоянии ЖДП. Во всех существующих методиках этот критерий не учитывается, что существенно снижает эффективность принимаемых проектных решений. В работе [4] отмечено, что расстояние видимости сигналов сигнализации (шлагбаумов) должно быть не менее 100 м. В случае, когда это не обеспечивается, то на подходах к ЖДП необходимо введение, соответствующего дальности видимости, ограничения скорости.

Особое значение в обеспечении безопасности в ночное время имеет наружное освещение. В светлое время суток возможностей для предотвращения ДТП больше, чем в тёмное время суток, вследствие большей видимости. А стало быть и тяжесть последствий также можно уменьшить, в случае если ДТП не удалось предотвратить. В свою очередь вероятность причинения вреда здоровью людей также уменьшается. Поэтому наружное обеспечение необходимо для обеспечения безопасности участников дорожного движения. Особенно это актуально в местах с высокой интенсивностью транспортных и пешеходных потоков. Согласно действующим нормативам [10] электрическое освещение должны иметь все ЖДП I и II категории, а также III и IV категории при наличии продольных линий электроснабжения. Уровень освещенности на ЖДП в зависимости от категории переезда принимается тем более высокий, чем больше интенсивность движения транспорта через переезд. Освещенность в пределах ЖДП должна быть не менее: для I категории - 5 лк., II категории - 3 лк., III категории - 2 лк., IV категории - 1лк. При этом требуемый нормативный треугольник видимости приближающегося к ЖДП поезда, показанный на рисунке 1.4, должен обеспечиваться независимо от времени суток. Такие меры оборудования ЖДП вызваны соображениями обеспечения БД в темное время суток, как для участников ДД, так и для ПСЖД. С учетом изложенного очевидно, что реализация мер, связанных со снятием освещения на ЖДП требует взвешенного подхода, в первую очередь, удовлетворяющего требованиям БД. Основой для обоснования выбора категорий переездов, которые оказываются наиболее пригодными для назначения рассматриваемых мероприятий, послужили статистические данные о распределении ДТП на ЖДП с разным уровнем их оборудования. Анализ показателей относительной аварийности показывает, что БД снижается на тех переездах, где наблюдается высокая интенсивность движения, как по автомобильной, так и по железной дороге. На малодеятельных ЖДП (неохраняемые ЖДП III и IV категории в соответствии с [10]) значение показателя относительной аварийности минимальное, что, в первую очередь, объясняется низкими интенсивностями движения (в некоторых случаях движение эпизодическое). По объективным причинам, связанным со спецификой ОДД на ЖДП, расположенных в городской черте (движение маршрутного пассажирского транспорта, высокая интенсивность пешеходного потока и т.д.), исключается возможность эксплуатации таких объектов УДС без наружного освещения, поскольку последствия при возникновении ДТП могут оказаться непредсказуемо тяжелыми. В светлое время суток общее количество ДТП больше, чем в тёмное время суток в 2,7 раза. Соответственно можно говорить о том, что освещённость на переезде не является основным фактором возникновения ДТП, но является сопутствующим фактором. Следует сказать о том, что видимость во многом зависит от погодных условий, что также может снижать уровень искусственного наружного освещения. Участки дорог в зоне ЖДП должны быть оборудованы ТСОДД, предупреждающими водителя о приближении к переезду и усилению его внимания. В темное время суток, при наличии освещения на ЖДП, водитель АТС ориентируется на конструктивные элементы переезда, что позволяет оценить опасный участок, на котором требуется повышенное внимание к складывающейся дорожно-транспортной обстановке. Отключение наружного освещения на ЖДП приведет к тому, что водитель ТС может быть предупрежден о приближении к таковому только посредством дорожных знаков. Поэтому повышается роль таких предупредительных устройств, как дорожные знаки и разметка, направляющие столбики и т.д. Эти ТСОДД, расположенные в зоне ЖДП, должны обладать повышенной видимостью в темное время суток.

.2.3 Элементы переездного обустройства и ТСОДД

Как уже упоминалось ранее ТСОДД и элементы повышают уровень безопасности дорожного движения. Влияние элементов переездного обустройства и ТСОДД на БД в зоне ЖДП изучено во многих исследованиях, проводимых у нас в стране и за рубежом. Исследования [12] показывают, что уровень аварийности в зоне ЖДП во многом определяется обустройством их наружным освещением, шлагбаумами, дорожными знаками и разметкой, а также различного рода сигнализирующими и предупреждающими устройствами. Переезды же, не имеющие технических средств защиты, снижают безопасность. После проведения мероприятий по оборудованию ЖДП устройствами оповещения и заграждения число ДТП уменьшается почти в 2,5 раза [9, с.189]. Оснащение переездов световой (мигающей) сигнализацией и шлагбаумами позволяет значительно уменьшить вероятность возникновения ДТП. Предупреждение о наличии ЖДП с помощью дорожных знаков и разметки также уменьшает число ДТП, но не в такой степени, как применение световых сигналов и шлагбаумов. Установлено [41, с. 131], что если принять вероятность ДТП при обозначении ЖДП дорожными знаками 1.3.1 «Однопутная железная дорога» или 1.3.2 «Многопутная железная дорога» за 1, то применение дорожного знака 2.5 «Движение без остановки запрещено» уменьшает эту вероятность до 0,5-0,6, световая сигнализация - до 0,2-0,4, а автоматические шлагбаумы - до 0,1-0,2.

В таблицу 1.3 [11] сведены обобщенно-систематизированные данные, показывающие влияние различных мероприятий по обеспечению БД на уровень аварийности в зоне ЖДП.

Таблица 1.3 - Влияние мероприятий по оборудованию ЖДП на аварийность

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование мероприятий по совершенствованию условий движения | Процентное изменение количества ДТП | |
|  | Наилучшая оценка | Пределы колебания результатов |
| Предупреждение о наличии ЖДП путем установки дорожных знаков | -25 | (-45; -5) |
| Устройство световых и звуковых сигналов на ЖДП, обозначенного ранее только дорожными знаками | -50 | (-50; -45) |
| Установка шлагбаума на ЖДП, оборудованного ранее только световыми и звуковыми сигналами | -45 | (-55; -35) |
| Установка шлагбаума на ЖДП, оборудованного ранее только дорожными знаками | -67 | (-75; -55) |
| Улучшение обзора и условий видимости на ЖДП | -44 | (-68; -5) |

В работах [8], [9] приводятся сведения и зависимости, указывающие на то, что минимальное количество ДТП на ЖДП достигается при оборудовании переездов механическим препятствием, перекрывающим всю ширину автодороги и исключающим несанкционированный выезд АТС в опасную зону. Анализ выполненных работ [7], [9], [11] показывает, что БД на ЖДП во многом зависит от принятого режима работы системы оповещения и заграждения. С увеличением продолжительности извещения о приближении поезда уменьшается степень доверия участников ДД к системе сигнализации и заграждения на ЖДП. При недостаточной четкости в работе АСС и средств заграждения у интенсивно используемых транспортом ЖДП образуются длинные очереди необоснованно простаивающих АТС. Решению этой проблемы посвящено много научных работ, однако вопросы, касающиеся процесса образования и разгрузки очередей АТС у ЖДП, остаются недостаточно изученными. Кроме того, с ростом интенсивности ДД и улучшением динамических качеств современных ТС требуется дальнейшее изучение характеристик ТП в различных условиях движения. Правильный учет основных параметров ТП, движущегося через ЖДП, требует проведения периодических измерений, направленных на обновление этих параметров.

По экономическим соображениям проведение любых мероприятий по повышению БД на ЖДП оправдано в том случае, если затраты на данные мероприятия оказываются меньше прогнозируемого сокращения ущерба от предотвращенных, благодаря реализованным мероприятиям, ДТП. В связи с этим разрабатываются и постоянно совершенствуются различные методы оценки эффективности проводимых мероприятий по повышению БД. В методических рекомендациях [45 - 46] приводится статистический метод определения прогнозируемого снижения уровня аварийности после реализации планируемых мероприятий по ОДД, который устанавливается расчетным путем непосредственно с использованием результатов выполненных натурных наблюдений за изменением числа ДТП в результате выполнения соответствующих работ, направленных на улучшение условий движения. Показателем аварийности на исследуемом участке дороги является коэффициент относительной аварийности, характеризующий количество ДТП, приходящееся на 1 млн.авт.-км., который определяется по формуле

, (1.4)

где- протяженность рассматриваемого участка, км;

- число лет в расчетном периоде, лет.

Эффективность назначения мероприятия по снижению аварийности на выбранном объекте оценивают путем определения ожидаемого снижения расчетного коэффициента по следующей формуле

, (1.5)

где- относительное число ДТП, на возникновение которых не оказывают влияние дорожные условия, ДТП/год (= 0,08 ДТП на 1 млн. авт.-км.);

и - средний коэффициент относительной аварийности до и после проведения мероприятий по повышению БД;

- средняя вероятность снижения количества ДТП от проведенного мероприятия в долях единицы (принимается по данным таблицы 1.4).

Таблица 1.4 - Статистическое прогнозирование ДТП по данным [17, 18]

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Мероприятия | Снижение числа ДТП в долях ед. | |
|  | Все ДТП | ДТП с пострадавшими |
| Установка дорожного знака 2.5 «Движение без остановки запрещено» | 0,58 | 0,42 |
| Установка ограждений | 0,60 | 0,50 |
| Установка автоматических шлагбаумов | 0,84 | 0,70 |
| Строительство развязки в разных уровнях | 0,86 | 0,8 |

По данным исследований, проведенных в странах Евросоюза [7, с. 132], проектные решения по устройству шлагбаумов на ЖДП приводят к снижению числа аварий с пострадавшими в долях единицы - 0,55, всех аварий - 0,45; переход от переезда к развязке в разных уровнях оценивается показателем снижения аварийности с пострадавшими равным 0,64. Недостатком рассмотренного метода является то, что статистически значимая вероятность снижения аварийности по назначаемым мероприятиям определяется на базе уже существующих данных о ДТП. Кроме того, этот метод не может быть принципиально использован для решения задач оптимизации УДД и применим только для грубой, прикидочной оценки эффективности проведения крупных мероприятий по совершенствованию условий движения.

Известен экспертный метод прогнозирования аварийности, который основан на использовании сложившегося опыта, интуиции и навыков эксперта в рассматриваемой области. Однако он имеет только вспомогательное значение, поскольку очень субъективен, не дает количественного прогноза и поэтому также не пригоден для целей оптимизации проектных решений. К настоящему времени имеется ряд других методов и критериев оценки мероприятий по ОДД, даны расчетные коэффициенты, с помощью которых можно определить эффективность мероприятий и прогнозировать снижение аварийности на ЖДП [2], [9-11].

Разработаны методики и приемы, в которых используются подходы и элементы из нескольких рассмотренных методов [3]. К сожалению, все они не могут адекватно реагировать на изменение характеристик движения потока автомобилей в зоне ЖДП, поскольку не учитывают сущность физического взаимодействия ТС, составляющих поток, в процессе движения через исследуемые объекты УДС. Известно [4], [7], [15], что аварийность в зоне ЖДП во многом обуславливается неровностью дорожного покрытия, как настила ЖДП, так и подходов к нему. Недостаточная ровность ЖДП создает угрозу вынужденной остановки ТС в опасной зоне, вызывает резкое изменение направления движения автомобилей, является причиной резких перепадов скоростей движения ТС и значительно сокращает пропускную способность переезда. Чрезмерные перепады скоростей движения ТС или внезапная их остановка в насыщенном ТП приводит к КС и ДТП. Однако с отсутствием надежных методов, позволяющих без грубых упрощений и допущений формализовать и описать процесс движения ТП через переезды, эти вопросы по-прежнему остаются малоизученными.

Основной недостаток всех существующих методов - субъективность и невысокая точность, т.к. они не учитывают множество факторов, оказывающих влияние в данном конкретном случае, в том числе и специфику ДД на ЖДП и подходах к ним. В связи с этими обстоятельствами часто не удается объективно установить степень влияния дорожных условий в зоне ЖДП, трансформации ТП, поведения водителя и других факторов на возникновение аварийных ситуаций или необоснованных задержек ТС, что приводит к росту потерь в ДД.

.2.4 Человеческий фактор

В современных условиях БД на ЖДП в значительной степени определяется человеческим фактором. Исследованиями в Германии установлено, что работа переездных технических средств должна исключать влияние ошибочных действий человека на работу ЖДП. Это требование определяет основное направление совершенствования устройств переездной сигнализации и ограждения. Мировая статистика аварийности свидетельствует, что подавляющее число ДТП на ЖДП происходят по вине участников ДД [8], [11]. Следовательно, наиболее положительные результаты по снижению аварийности в зоне ЖДП могут быть получены благодаря созданию условий, исключающих ошибки водителей и пешеходов. Поведение участников ДД во многом зависит от нравственных установок. Психофизиологические возможности человека проявляются в наиболее критических ситуациях [19]. Ввиду этого очевидно, что эффективное решение задач, связанных с обеспечением БД возможно только на основе комплексного подхода, причем необходим возможно более полный учет факторов, относящихся к различным научным направлениям исследований.

В сложившейся практике ОДД различные методы борьбы за законопослушное поведение участников ДД на ЖДП применяются комплексно. Все эти методы можно условно разделить следующие две основные группы:

1. Методы, направленные на совершенствование контрольных функций за поведением участников ДД и просветительской деятельности среди них;

2. Методы, направленные на рациональную ОДД, ориентированную на все более детальную оптимизацию применяемых управляющих воздействий.

Для усиления контроля за ДД на ЖДП целесообразно применение систем видеоконтроля. Отмечается, что при применении таких систем существенно повышается дисциплина водителей. Кроме того, получение достоверной информации о режимах движения ТС через ЖДП позволяет скорректировать режим работы сигнализации для устранения задержек АТС. Результаты этих исследований пока не подтверждаются надежными статистическими данными о ДТП (как правило, получены по небольшой выборке ДТП), однако предварительно указывают на то, что могут повышать БД. В любом случае, методы первой группы только дополняют вторую группу и имеют вспомогательное значение. Основным средством повышения БД на ЖДП является совершенствование ОДД.

В настоящее время условия эксплуатации переездов резко изменились. Многие ЖДП работают с перегрузкой. Безусловно, что при этих изменениях принятые решения по ОДД должны отвечать психофизиологическим возможностям человека. При этом качество принимаемых решений в значительной степени зависит от достоверности информации о поведении как ТП в целом, так и отдельных, входящих в его состав ТС, особенностях их взаимодействия внутри потока и реакции на изменение дорожной обстановки. Использование в этом случае известных методик не удовлетворяет необходимым требованиям, поскольку они не отражают особенности режимов движения ТП через ЖДП. Поэтому их применение на стадии разработки решений в современных условиях оказывается малополезным. В значительной мере это связано с несовершенством теоретического описания поведения водителя по управлению ТС в насыщенном ТП, движущимся через ЖДП. Повышение адекватности описания поведения водителей по управлению автомобилем в процессе движения через ЖДП является приоритетным направлением настоящего исследования. Объективный учет человеческого фактора при выработке решений по ОДД способствует выявлению объективных и субъективных причин снижения пропускной способности и БД на исследуемых объектах УДС, что, в конечном счете, позволит снизить потери в ДД.

.2.5 Состояние проезжей части

Для снижения аварийности выполняется целый ряд мероприятий, которые постепенно становятся все более актуальными и нормативными, т.е. обязательными. Сюда относятся периодическое повышение коэффициента сцепления путем т.н. поверхностной обработки (нанесение и закрепление на поверхность слоя щебня), повышение шероховатости бетонных покрытий путем нарезки поперечных полос, спрямление дорог на крутых поворотах и уклонах, установка тросовых или барьерных ограждений на насыпях, ограждение с помощью металлических сеток дорожного полотна в районе появления диких животных, уширение мостов, устройство безопасных (очень пологих) кюветов, позволяющих в случаях крайней необходимости съехать с земляного полотна без опрокидывания и многое другое.

Особой заботы требуют дороги в зимнее время - очистка от снега, посыпка песком или песчано-соляной смесью, устройство заграждений для предотвращения заносов и т.д. [15] Влияние ровности покрытий на транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог изучено в гораздо большей степени, чем на безопасность движения. Казалось бы, что, вынуждая водителей уменьшить скорость движения, неровности покрытий должны были бы снижать количество происшествий. Но анализ графиков дорожно-транспортных происшествий часто показывает, что они иногда сосредоточиваются на участках, геометрические характеристики плана и продольного профиля которых вполне благоприятны, в местах, где после участков с ровными покрытиями расположены участки с неровным покрытием с выбоинами или волнами. От 13 до 18% дорожных происшествий, вызванных неблагоприятными дорожными условиями, объясняются неровным покрытием. Происшествия в начале неровных участков связаны с наездами автомобилей, движущихся группами, при внезапном снижении скорости передних автомобилей при въезде на неровный участок, особенно если он трудноразличим издали. Это вполне увязывается с идеей коэффициентов безопасности.

В средней части неровных участков происшествия связаны со столкновениями при заездах автомобилей на полосу встречного движения при объезде выбоин на своей полосе, а также из-за увеличения амплитуды влияния прицепов многозвенных автопоездов. В возникновении заносов на кривых играют роль также колебания автомобилей при движении по неровным покрытиям, во время которых изменяется нагрузка от колес на покрытие. В момент уменьшения нагрузки поперечная сила может превысить удерживающую силу сцепления шин с покрытием, и возникнет занос. В работе С. М. Жунусова рассмотрен широкий интервал ровностей покрытий, выходивший за пределы нормальной, допустимой при эксплуатации дорог. При неровностях, сравнительно мало отражавшихся на скорости автомобилей, число происшествий возрастает до некоторого критического количества при показаниях толчкомера 250-300 см/км.

При большем количестве неровностей скорости начинают быстро снижаться, водители сосредоточивают свое внимание, чтобы избежать резких толчков, и количество происшествий возрастает. Особенно сильно неровности влияют, пока их суммарная площадь не превышает четверти общей площади проезжей части. При большей площади повреждений скорости движения автомобилей значительно снижаются, а число происшествий стабилизируется. При движении автомобильных поездов, особенно с большим числом прицепов, неровности вызывают даже при малых скоростях виляния последнего прицепа, достигающие при плохой ровности 75 см. Опасность дорожно-транспортных происшествий на неровных покрытиях возрастает в дождливую погоду. При сухом покрытии водитель может объехать выбоину или своевременно снизить скорость.

В дождливую погоду выбоины заполняются водой и водители не могут отличить их от мелких луж на покрытии. Согласно статистике скандинавских стран отношение количества раненых при дорожно-транспортных происшествиях на 10 млн. авт-км пробега на неровных и ровных покрытиях составляет в сухую погоду (менее 0,1 мм осадков в сутки) 0,92, а в дождливую погоду (более 10 мм/сут) - 1,3. Повышение безопасности движения может быть достигнуто лишь их своевременным ремонтом и установкой предупреждающих знаков [5].

2. Анализ аварийности на железнодорожных переездах Республики Беларусь и причины возникновения ДТП

.1 Количественный анализ аварийности на ЖДП

Автором были собраны, систематизированы и подвергнуты анализу сведения об ДТП на ЖДП РБ. В целях получения достоверных результатов при формировании выборки аварий использован длительный период сбора исходных данных, составляющий 12 лет (2001-2012г.г.). В настоящей работе проведено исследование как ДТП с пострадавшими, так и неучетных ДТП. Информация была предоставлена ГАИ, службой БД БЖД. Всего были собраны и исследованы данные о 405 ДТП, совершенных на ЖДП, из них учетных - 194 ДТП. Исследование статистических данных показало, что ДТП на ЖДП происходят с относительной периодичностью и отличаются повышенным коэффициентом тяжести последствий. Причем, удельный вес столкновений поездов с АТС в общем объеме аварийности составляет менее 1% всех ДТП. Следует отметить то, что встречаются ЖДП, на которых происходят ДТП с определённой регулярностью в несколько лет. Наряду с отсутствием устойчивой концентрации ДТП на отдельных переездах, имеется незначительная тенденция совершения ДТП на ряде охраняемых ЖДП.

В результате за период с 2001г. по 2012г. произошло 59 ДТП с гибелью людей, 135 ДТП, в которых люди получили травмы и увечья, 211 ДТП с материальным ущербом, в которых здоровье людей не пострадало. Всего за исследуемый период погибло 78 человек, травмировано 206 человек. Анализ аварийности показал, что наибольшее число ДТП на ЖДП произошло в 2011г. (47 ДТП) и в 2002г. (45 ДТП). Наименьшее число ДТП произошло в 2005, 2006, 2010 годах (по 26 ДТП). Динамика совершения дорожно-транспортных происшествий представлена в приложении А на рисунке А.1. Из диаграммы видно, что удельное количество ДТП неуклонно снижается. Всплеск аварийности в 2011 году можно объяснить большим количеством нарушений ПДД со стороны водителей АТС, в частности правил проезда железнодорожных переездов.

Анализ аварийности распределения по месяцам показал, что наиболее аварийными месяцами являются март (44 ДТП), июнь (42 ДТП), декабрь (40 ДТП). Наименее аварийными месяцами являются май, август (по 25 ДТП), ноябрь (26 ДТП). В приложении А на рисунке А.2 представлена диаграмма распределения аварийности по месяцам.

Анализ аварийности распределения по дням недели показал, что наибольшее количество ДТП произошло в пятницу (63 ДТП), наименьшее в субботу (56 ДТП). Диаграмма распределения представлена в приложении А на рисунке А.3.

Анализ аварийности по времени суток показал, что наибольшее число ДТП произошло в период времени с 8:00 до 12:00 (111 ДТП). Это можно объяснить ростом интенсивности ТС. Наименьшее количество ДТП произошло с 0:00 до 4:00 (24 ДТП), когда интенсивность транспортных средств на автомобильных дорогах невелика. Диаграмма распределения аварийности по времени суток представлена в приложении А на рисунке А.4.

Количество ДТП при распределении по областям показало, что абсолютные показатели по аварийности наблюдаются в Минской 101 (ДТП) и Брестской (82 ДТП) областях, наименьшее количество ДТП произошло в Гродненской (52 ДТП) и в Витебской (53 ДТП) областях. Диаграмма распределения представлена в приложении А на рисунке А.5. При приведении показателя количества совершённых ДТП к числу переездов, расположенных в соответствующей области Республики Беларусь, выяснилось, что наибольший удельный показатель приходится на Минскую область. Диаграмма распределения представлена в приложении А на рисунке А.6. В таблице 2.1 представлена информация о количестве ЖДП в областях РБ.

Таблица 2.1 - Количественное распределение ЖДП по областям Республики Беларусь

|  |  |
| --- | --- |
| Область | Кол-во ЖДП |
| Брестская | 329 |
| Витебская | 371 |
| Гомельская | 309 |
| Гродненская | 250 |
| Минская | 303 |
| Могилёвская | 244 |

Наибольшее число столкновений ПСЖД произошло с легковыми автомобилями (283 ДТП), наименьшее число с автобусами (3 ДТП), велосипедами (3 ДТП), мотоколясками (3 ДТП). Диаграмма распределения аварийности по видам ТС представлена в приложении А на рисунке А.7, количество произошедших ДТП по видам ТС представлено в таблице 2.2.

Таблица 2.2 - Количественный анализ аварийности по видам ТС

|  |  |
| --- | --- |
| Анализ аварийности по видам ТС | |
| Вид ТС | Кол-во ДТП |
| Легковой автомобиль | 283 |
| Грузовой автомобиль | 56 |
| Автобус | 3 |
| Мотоцикл | 8 |
| Трактор | 42 |
| Гужевой транспорт | 7 |
| Велосипед | 3 |
| Мотоколяска | 3 |

Количественный анализ аварийности показал, что 387 ДТП произошло на неохраняемых переездах без дежурного и 18 ДТП на охраняемых переездах. Низкое количество происшествий объясняется общим количеством переездов с дежурными и ТСОДД на данных переездах, диаграмма представлена в приложении А на рисунке А.8. При приведении количества произошедших ДТП к числу переездов разного типа, получаем, что распределение аварийности составляет 49% на переездах охраняемого типа и 51% на переездах неохраняемого типа. Диаграмма представлена в приложении А на рисунке А.9. Объясняется это тем, что на переездах охраняемого типа интенсивность движения автомобильного транспорта выше, а следовательно, вероятность нарушений ПДД со стороны водителей также выше.

Диаграмма распределения по видам нанесённого ущерба представлена в приложении А на рисунке А.10. Как уже говорилось выше, всего произошло 211 ДТП, в которых был причинён только материальный ущерб без причинения вреда здоровью людей, 135 ДТП, в которых получили ранения люди, увечья различной степени тяжести, 59 ДТП, в которых наступила летальный исход хотя бы одного человека.

В приложении А на рисунке А.11 показаны относительные показатели аварийности в зависимости от уровня оборудования ЖДП. ТСОДД должны быть ориентированы на создание условий движения, при которых обеспечивается своевременное информирование водителей о наличии и состоянии ЖДП, а также предотвращаются действия, угрожающие БД.

.2 Качественный анализ аварийности на ЖДП

Во многом качественный анализ аварийности является субъективным мнением автора, на основании которого подводятся основные итоги и заключения. Основная причина аварий (98% всех происшествий) - это недисциплинированность и невнимательность водителей АТС при движении по этим особо опасным участкам дорог. Остальные 2% распределяются следующим образом: техническая неисправность автомобилей, связанная с отказом тормозной системы - 1%; техническая неисправность ТС, связанная внезапной остановкой автомобиля на ЖДП и невозможностью запуска двигателя - 1%. Даже при грамотных действиях водителей, машинистам не всегда удаётся остановить ПСЖД во избежание столкновения, а водителям, в свою очередь, не всегда хватает времени для того, чтобы убрать автомобиль с железнодорожного полотна на переезде. Однако, за исследуемый период зарегистрировано 12 случаев, когда столкновения удалось избежать при экстренном торможении ПСЖД. В приложении Б на рисунке Б.1 представлена диаграмма, отображающая вероятностные причины возникновения ДТП.

Высокая концентрация ДТП на ЖД переездах оборудованных АСС, АСС и шлагбаумом обусловлена на части переездов достаточно высокой интенсивности движения ТС и ЖД составов, отсутствием фиксации нарушений, беспечностью со стороны водителей ТС, отсутствием доверия у водителей ТС к системам сигнализации, зачастую невыполнением нормативных требований треугольника боковой видимости между участниками ДД, чрезмерное время простоя автомобилей в ожидании разрешения на проезд ЖДП. Также есть и сопутствующие факторы, такие как: состояние лиц, управляющих ТС, погодные условия, состояние ПЧ, обзорность автомобиля, геометрические параметры ПЧ и др. Анализ аварийности показал, что 51 ДТП совершено в состоянии алкогольного, что является отягчающим фактором и, возможно в части случаев, причиной совершения столкновения. Диаграмма, отображающая долю водителей АТС, находившихся в состоянии алкогольного опьянения, представлена в приложении Б на рисунке Б.2.

Во многом на внимание водителей и видимость дорожной обстановки оказывают влияние погодные условия. Установлено, что 271 ДТП произошло в ясную погоду, 73 ДТП произошло в пасмурную погоду, 61 ДТП произошло при выпадении осадков. Соответственно можно сделать вывод о том, что при плохих погодных условиях водители ведут себя более внимательно, осторожно, нежели в ясную погоду, когда преобладает беспечность со стороны водителей. Распределение аварийности в зависимости от погодных условий представлено в приложении Б на рисунке Б.3.

На устойчивость автомобиля, помимо технического состояния ТС, оказывает влияние состояние ПЧ. Был проведен анализ состояния покрытий на момент столкновения. Результаты показали, что 197 ДТП произошло на сухом покрытии, 110 ДТП произошло на влажном покрытии, 98 ДТП произошло на заснеженном покрытии. Таким образом, водители ведут себя более осторожно на покрытиях с меньшим коэффициентом сцепления и более раскованно на сухом покрытии. В приложении Б на рисунке Б.4 представлена диаграмма распределения аварийности в зависимости от состояния ПЧ.

Подводя итоги можно сказать о том, что в следствием любого происшествия на ЖДП является нарушение ПДД со стороны водителей. Наиболее актуально совершенствование условий движения на ЖДП без дежурного, оборудованных АСС для водителей АТС, на которые приходится наибольшее количество ДТП (70% с участием автодорожных и железнодорожных ТС). Нарушения правил дорожного движения водителями связана с тем, что во многих случаях они безнаказанно нарушают установленный регламент движения и имеют возможность объехать полушлагбаум (на переездах с АСС и шлагбаумом). Провоцирует водителей на нарушения чрезмерное время ожидания на ЖДП. Время закрытия ЖДП в настоящее время не соответствует реальной скорости движения ПСЖД в связи с тем, что устройства АСС рассчитаны на максимальную скорость движения поезда (140 км/ч) и минимальную скорость движения АТС (8 км/ч). Это приводит к продолжительной задержке АТС у ЖДП, особенно в местах, где поезда следуют со скоростью в среднем не более 60 км/ч.

Следовательно, недисциплинированность водителей можно объяснить излишними простоями АТС у ЖДП вследствие недостаточной эффективности в работе переездной сигнализации и средств заграждения. Треугольники боковой видимости зачастую не соответствуют нормативным документам. Вблизи переездов часто расположены лесопосадки, посты дежурных по переезду, на прозрачность треугольника боковой видимости влияют геометрические характеристики как ПЧ, так и ЖД полотна, инженерные сооружения, а также погодные условия, время суток, обзорность из автомобиля.

.3 Топографический анализ аварийности

Данный вид анализа отображает очаги на местности, где совершаются аварии. В данном дипломном проекте был произведён топографический анализ, представленный в графической части проекта. Топографический анализ показал, что ДТП совершались во всех областях Республики Беларусь, обнаружено 213 очагов аварийности, на которых за 12 лет совершено 405 ДТП. Наибольшая концентрация ДТП наблюдается на участках железной дороги от г. Городея до г. Фаниполь, от г. Минск до г. Борисов, от г. Минск до г. Осиповичи, от г. Минск до г. Молодечно, от г. Бобруйск до г. Жлобин, от г. Жлобин до г. Гомель, от г. Витебск до д. Езерище, от г. Лида до г. Сморгонь, от г. Гродно до г. Мосты, от г. Мосты до г. Волковыск, от г. Волковыск до г. Слоним, от г. Брест до г. Ивацевичи, от г. Кобрин до г. Житковичи, от г. Брест до г. Высокое, также очаги присутствуют в областных городах Брест, Гомель, Могилёв, Витебск, Минск. В частности в областных городах таких как Минск и Гомель зарегистрированы столкновения на сортировочных станциях на переездах, расположенных на подъездных путях ЖД.

3. Анализ существующей организации дорожного движения на объектах исследования

.1 Общие сведения

В качестве объектов исследования были рассмотрены ЖД переезды различного типа. Наибольшим ЖД дорожным узлом не только Беларуси, но и Европы, является Барановичский железнодорожный узел. Территориально г. Барановичи расположен в Брестской области, юго-западнее центральной части Беларуси. Непосредственно в самом городе насчитывается 5 ЖД переездов на главных путях (3 из них охраняемые, 2 - неохраняемые), около 9 переездов на подъездных путях, большинство которых практически недействующие.

.2 Охраняемый ЖД переезд вне населённого пункта

В качестве ЖД переезда охраняемого типа вне населённого пункта, как объекта исследования, был рассмотрен переезд, расположенный в Барановичском районе недалеко от городской черты г. Барановичи, на ул.Слонимское шоссе в сторону автомобильной дороги республиканского типа Р1. Данная улица имеет 2 полосы для движения АТС в обе стороны. Ширина ПЧ на подходах к ЖДП составляет 8 метров, ширина полос по 4 метра соответственно. Дорожное покрытие можно охарактеризовать на ней как хорошее, кроме мест пересечения с ЖД путями. Согласно СТБ 1291-2007 дефекты дороги в виде выбоин не должны превышать 0,09 м2 по площади и не более 5 см глубиной. Непосредственно на исследуемом переезде присутствуют дефекты покрытия, превышающие нормативные значения. Согласно СТБ 1291-2007 не допускается отклонение верха головки рельса железнодорожных путей, расположенных в пределах проезжей части, относительно уровня покрытия более 2,0 см. На железнодорожных переездах не допускается возвышение междурельсового настила над верхом рельсов более 3,0 см. На данном объекте исследования железнодорожный настил возвышается на 1,5 см, что соответствует нормативным показателям. Помимо ДЗ, представленных в графической части дипломного проекта, на подходах к ЖДП установлены ДЗ 1.4. На ПЧ нанесена разметка 1.1 по 50 метров до переезда с обеих сторон. Расстояние от ЖД рельса до шлагбаума 8,5 метров. Треугольники боковой видимости на данном переезде не обеспечены. Это связано с наличием лесного массива вдоль автомобильной дороги, наличием заводской территории, согласно схеме, представленной в графической части дипломного проекта. Железнодорожный переезд представлен на рисунке 3.1.

Рисунок 3.1 - Схема охраняемого ЖДП вне населённого пункта

.3 Неохраняемый ЖД переезд вне населённого пункта

В качестве ЖД переезда неохраняемого типа вне населённого пункта был рассмотрен переезд, расположенный в Барановичском районе в 3-х километрах от г. Барановичи и непосредственно вблизи черты городского посёлка Русино. ПЧ имеет 2 полосы для движения АТС в обе стороны и её ширина на подходах к ЖДП составляет 7 метров, ширина полос по 3,5 метра соответственно. Дорожное покрытие можно охарактеризовать на ней как хорошее. На исследуемом переезде дефекты покрытия отсутствуют. На ЖДП железнодорожный настил уложен вровень с ПЧ, что соответствует нормативным показателям. На данном объекте исследования в 2012 году был выполнен капитальный ремонт по восстановлению дорожного покрытия и дорожных настилов. В виде настилов применены железобетонные плиты. На данном объекте исследования дислокация дорожных знаков соответствует СТБ 1300 - 2012. На ПЧ нанесена разметка 1.1 по 50 метров до переезда с обеих сторон и разметка 1.7 на перекрёстке перед ЖДП согласно графической части проекта. Следует отметить то, что перед ЖДП установлен дорожный знак 2.5. Разметка 1.12 в виде стоп-линии отсутствует. Расстояние от ЖД рельса до ДЗ 2.5 составляет 9 метров. Треугольники боковой видимости на данном переезде не обеспечены. Это связано с наличием лесного массива вдоль автомобильной дороги, наличием частного сектора, согласно схеме, представленной в графической части дипломного проекта. ЖДП представлен на рисунке 3.2.

Рисунок 3.2 - Схема неохраняемого ЖДП вне населённого пункта

.4 Охраняемый ЖД переезд в населённом пункте

В качестве ЖД переезда охраняемого типа в населённом пункте был рассмотрен переезд, расположенный в г. Барановичи. ПЧ имеет 4 полосы для движения АТС в обе стороны на удалении от переезда в 38 и 35 метров соответственно. Непосредственно перед ЖДП ПЧ имеет 2 полосы для движения в результате сужения четырёхполосной ПЧ. Ширина полос составляет 3,5 метра. Дорожное покрытие можно охарактеризовать на ней как хорошее. На подходах к ЖДП дефектов покрытия не обнаружено. Согласно СТБ 1291-2007 на железнодорожных переездах не допускается возвышение междурельсового настила над верхом рельсов более 3,0 см, а также сдвиги и волны на покрытии капитального типа должны быть не более 3 см. На ЖДП железнодорожный настил имеет сдвиги более 3 см и составляет около 5 см, что не соответствует нормативным показателям. На данном объекте исследования применены резиновые настилы. На ПЧ нанесена разметка 1.1 по 20 метров и по 15 метров до переезда с обеих сторон соответственно. С обеих сторон от переезда расположены перекрёстки. Разметка 1.12 в виде стоп-линии отсутствует. Расстояние от ЖД рельса до шлагбаума составляет 7 метров. На ЖДП установлено 151 метр дорожных ограждений 2 группы, что исключает вероятность появления пешеходов на проезжей части или нарушения ПДД со стороны пешеходов при переходе ПЧ. Дислокация ТСОДД представлена в графической части дипломного проекта. Треугольники боковой видимости на данном переезде не обеспечены. Это связано с наличием зелёных насаждений вдоль железной дороги, частично треугольник боковой видимости перекрыт территорией частного сектора, согласно схеме, представленной в графической части дипломного проекта. Железнодорожный переезд представлен на рисунке 3.3.

Рисунок 3.3 - Схема охраняемого ЖДП в населённом пункте

.5 Охраняемый ЖД переезд в населённом пункте

В качестве ЖД переезда неохраняемого типа в населённом пункте был рассмотрен переезд, расположенный в г. Барановичи. ПЧ имеет двухстороннее движения АТС. Непосредственно перед ЖДП со стороны завода «Бархим» есть съезд на грунтовую дорогу, ведущую в частный сектор вдоль ЖД путей. Ширина проезжей части составляет 13 метров. Дорожное покрытие можно охарактеризовать на ней как удовлетворительное. Дорожное покрытие имеет дефекты в виде выбоин и не превышает нормативные значения. На ЖДП железнодорожный настил имеет сдвиг по отношению к ПЧ около 7 см, а междурельсовый настил 2 см сдвиг по отношению к торцовой части настила. Следует отметить то, что выступ настила составляет не более 3 см, однако он имеет подъём 4 см, что при движении автомобиля с определённо скоростью создаёт инерциальные перегрузки, влияющие на техническое состояние автомобиля. Именно поэтому на данном объекте исследования характеристики дорожного покрытия не соответствуют нормативным правовым актам в области дорожного движения.

На данном ЖДП существующая дислокация ТСОДД представлена в графической части проекта. Следует отметить, что дорожная разметка отсутствует, что не отвечает требованиям СТБ 1300-2012 о том, что разметка 1.1 наносится перед железнодорожными переездами от ближнего рельса до разметки 1.12, а также в местах, где запрещен обгон всем транспортным средствам. Обгон ТС по ПДД запрещён за 100 м перед железнодорожными переездами. При отсутствии ТСОДД водители ТС должны останавливаться не ближе, чем за 10 метров до ближайшего рельса. Треугольники боковой видимости на данном переезде не обеспечены. Это связано с наличием промышленных зон, зелёных насаждений, наличием гаражей, частного сектора и застроек, геометрических характеристик ЖД путей, наличия ЖД станции «Пост №1». Однако следует заметить то, что ПСЖД движется с меньшей скоростью на повороте, что влияет на условия безопасного движения. Железнодорожный переезд представлен на рисунке 3.4.

Рисунок 3.4 - Схема неохраняемого ЖДП в населённом пункте

безопасность железнодорожный аварийность

4. Моделирование, экспериментальные и расчётные исследования

.1 Общие положения

Для исследования процесса движения ТП и рационального управления ими наибольшее распространение получили теоретические методы, основанные на разработке математических моделей, позволяющих установить соотношения между наиболее важными характеристиками этого процесса. К сожалению, многие математические выражения, моделирующие с разной степенью точности внутренние процессы в ТП, в малой степени опираются на экспериментальное изучение условий движения автомобилей и нуждаются в совершенствовании и адаптации к современным условиям.

Натурные исследования являются единственным способом получения наиболее объективной информации о ТП и позволяют дать точную характеристику о нем. Сущность этих исследований заключается в фиксации конкретных показателей и характеристик ТП в течение заданного промежутка времени. Ввиду постоянного развития технических средств, применяемых как для получения первичных данных, так и для последующей их обработки, и факторов, влияющих на характеристики движения, существует большое многообразие методов проведения натурных экспериментов. Повышение эффективности проведения этих исследований достигается посредством рационального планирования эксперимента [6, 7, 16].

Существующая теория ТП, базирующаяся на многолетних исследованиях, дает основание выделить три качественно различных варианта движения ТС в потоке на некотором (достаточно протяженном) участке дороги, которые можно условно назвать свободным, групповым и зависимым. В свободном потоке сравнительно малой интенсивности скорость движения ТС близка к скорости свободного движения. При этом распределение интервалов в потоке носит случайный (вероятностный) характер. Состояние свободного ТП характеризуется независимым движением отдельных ТС, составляющих поток. Взаимодействие между автомобилями в режиме свободного движения настолько мало, что его можно не учитывать и этим фактором пренебречь. С увеличением количества ТС на УДС происходит уменьшение пространственных и временных интервалов между автомобилями (уплотнение потока). При этом взаимодействие ТС в потоке неизбежно. Режим движения любого автомобиля в потоке определяется законом движения соседних с ним ТС.

Такое состояние характерно для т.н. «плотных ТП», к которым относятся групповое и зависимое состояния ТП. Особенность режима движения ТС в этих условиях заключается в том, что водителям навязывается скорость движения потока, которая задается водителями направляющих автомобилей. Скорость «коллективно» движущихся ТС в любых дорожных условиях ниже отдельно идущих автомобилей. Чем больше интенсивность движения, тем меньше средняя истинная скорость движения ТС в потоке и среднее расстояние между автомобилями. Скорость движения отдельных ТС в плотном ТП беспрерывно изменяется в большую или меньшую сторону. Групповому движению ТС присущ процесс «пачкообразования» в потоке, т.е. расчленение потока на отдельные группы (пачки). При этом состоянии ТП наблюдаются несколько большие интенсивности движения, чем в свободных условиях и взаимодействие ТС в потоке довольно существенно.

Скорость движения сложившихся групп ТС определяется скоростью лидера группы. Между тем, каждое ведомое ТС, за исключением последнего номера в группе, является лидером по отношению к следующему за ним автомобилю. Изменение ускорения любого лидера в группе становится причиной структурных изменений в потоке. При этом скорость высокоскоростных ТС в потоке снижается. Характерным примером образования группового потока является процесс убытия автомобилей из очереди, образовавшейся у ЖДП. Пачки в потоке, возникающие после прохождения АТС через ЖДП, по мере движения по перегону относительно медленно распадаются, и поток на некотором участке имеет ярко выраженную групповую форму. Формирование групп в ТП на ЖДП в связи с существенно более низкими скоростями движения через них по сравнению с прилегающими участками дорог является достаточно частым явлением.

Максимально возможная интенсивность убытия автомобилей из очереди характеризуется потоком насыщения, который является одним из наиболее важных параметров при светофорном регулировании [15]. Математическое описание динамики формирования групп ТС на УДС, а также их поведения в различных условиях движения в рамках вероятностного подхода к моделированию ТП достаточно подробно изложены в работе [21]. Анализ этих работ, показывает, что использование стохастических моделей дает возможность определить фактические характеристики движения автомобилей различных групп в зависимости от состава и интенсивности движения на дорогах. Дистанция между ТС, движущимися группами на загруженных участках дорог, неодинаковая и определяется действием большого числа факторов, поэтому для анализа этого явления возможно применение закона редких событий.

Для математического описания движения по дороге группы ТС, в которых рассматривается расстояние между автомобилями и их скорость используют уравнения теории «следования за лидером» [20]. Анализ проводимых исследований преобразования потоков автомобилей на дорогах показывает [9, с. 48, рисунок 3.2], что по мере возникновения стабильности в ТП аварийные потери снижаются. Результаты исследований деформации плотных ТП в процессе движения через ЖДП также имеют много пробелов, что обусловлено отсутствием надежных методов их изучения. Использование теоретических разработок, которые с теми или иными условностями пригодны для применения в этих целях, не позволяет удовлетворительно решать насущные задачи ОДД. Режимы движения автомобилей на ЖДП и подходах существенно отличаются от режима движения ТС на остальных участках дороги. Это отличие зависит как от конструктивных особенностей ЖДП (их габаритов, ровности проезжей части и др.), так и от психофизиологических факторов, связанных с восприятием водителем условий движения на переезде. ЖДП являются местом резкого снижения скорости и увеличения плотности ТП при неизменном уровне интенсивности движения. Эти изменения относятся к характерным особенностям процесса движения ТП через ЖДП, что необходимо учитывать для достоверного теоретического описания таких ДТС и оценки степени соответствия принятых проектных решений предъявляемым требованиям.

Большой научный и практический интерес представляет изучение процесса убытия автомобилей из очереди у ЖДП, при котором наблюдаются особенно небольшие скорости движения и высокая плотность ТП. При этом одними из основных характеристик, которые необходимо определить, являются распределение временных интервалов между автомобилями, следующими друг за другом по одной полосе движения, средних скоростей движения ТС в потоке, а также закономерность набора скорости лидером очереди. В целом эти характеристики изучены в мировой практике и не являются препятствием при разработке проектов ОДД в зоне ЖДП [12].

Однако имеются недостаточно изученные вопросы, связанные с особенностями и закономерностями движения ТП на ЖДП в процессе образования и разгрузки очереди. Кроме того, рост уровня автомобилизации и улучшение эксплуатационных качеств современных ТС требует обновления данных о характеристиках ТП в различных условиях движения. Уточнение распределения временных интервалов и скоростей движения является весьма важным для оценки достоверности решений, принимаемых по ОДД в зоне ЖДП. Скорость движения потока и дисперсия интервалов между следующими друг за другом автомобилями служат параметрами распознания предзаторовых ДТС. По своей сути процесс разгрузки очереди АТС - это динамический во времени процесс, подверженный влиянию различных факторов.

Исследования показывают, что при включении зеленого сигнала светофора интервалы времени между убывающими автомобилями от стоп-линии перекрестка, начиная с 5-7 номеров в очереди, являются постоянными для данной очереди (рисунок 4.1).

Рисунок 4.1 - Распределение временных интервалов при разгрузке очереди легковых автомобилей от стоп-линии регулируемого перекрестка

Величина установившегося интервала убытия легковых автомобилей из очереди Тн, образующейся у перекрестка, составляет порядка 2 с. Распределение интервалов убытия других типов ТС из очереди изменяются также по закону, близкому к показанному на рисунке 4.1. Однако величина этих интервалов у грузовых автомобилей и автобусов, примерно, на 50% больше, чем у легковых [6]. Величину времени, которая превышает величину установившегося интервала для каждого номера очереди, называют потерянным [7]. Процессу движения ТП в зоне ЖДП присущи свои особенности и закономерности. Известно, что одним из наиболее значимых факторов, снижающих величину потока насыщения, является наличие помех на проезжей части, в частности присутствие неровностей дорожного покрытия. Наблюдения за движением ТП через железнодорожное полотно, а также фактор наличия на переезде конструктивных неровностей проезжей части в виде настила и рельсов позволили сформировать гипотезу о прогрессирующем падении скорости ТС в потоке, вследствие движения автомобилей через неровности ЖДП, что непосредственно связано с возникновением возмущений в потоке, приводящих к задержкам, КС и ДТП.

Методы непосредственного наблюдения за движением ТП дают достаточный материал, однако неизбежно ограничены спецификой местных условий и не позволяют сделать общие выводы и дать достоверные рекомендации. Поэтому настоящая работа в совокупности с экспериментальным изучением режимов движения ТП в зоне ЖДП направлена на разработку теоретических решений, позволяющих проводить исследования «коллективного» движения ТС на исследуемых объектах УДС в различных условиях. При этом ставится задача повышения адекватности теоретического описания исследуемого объекта по сравнению с известными методическими решениями, что позволит выявить резервы пропускной способности ЖДП и повысить БД потоков автомобилей.

.2 Экспериментальные и расчётные исследования

Экспериментальные и расчётные исследования производились по методике БНТУ [15]. Были произведены замеры интенсивности в наиболее нагруженные периоды времени, получены данные о составе транспортного потока, произведены замеры скорости на подходах к ЖДП, а также производились измерения временных интервалов и замеры, связанные с определением средней скорости движения ТС через ЖДП. Результаты исследований на охраняемом ЖДП вне населённого пункта представлены в приложении В. Результаты исследований на неохраняемом ЖДП вне населённого пункта представлены в приложении Г. Результаты исследований на охраняемом ЖДП в населённом пункте представлены в приложении Д. Результаты исследований на неохраняемом ЖДП в населённом пункте представлены в приложении Ж.

Проделанный анализ показал , что с момента начала разгрузки очереди интервалы между автомобилями выходят на некоторый стационарный режим, независимый от позиции ТС в исследуемом ряду, только после пересечения стоп-линии (створ линии шлагбаума) 11-м автомобилем очереди. Вместе с этим, имеются основания выделить некоторые особенности изменения интенсивности убытия ТС в зависимости от их порядкового номера в очереди. Так, имеют место достаточно ярко выраженные фазы роста, спада и установившейся интенсивности разгрузки очереди. Рост интенсивности убытия автомобилей из очереди наблюдается в начальный период разгрузки очереди, когда стоп-линию (створ линии шлагбаума) пересекают первые 4 автомобиля. Начиная с 5-го номера очереди, интервалы между автомобилями заметно увеличиваются, в результате чего происходит накопление потерянного времени.

Фаза спада интенсивности убытия автомобилей заканчивается в районе 9-11 номера очереди. После этого скорость движения ТС в створе линии шлагбаума несколько увеличивается и постепенно стабилизируется, интервалы также стабилизируются и начинают зависеть, в основном, только от разгонной динамики и длины автомобиля. Установившийся интервал Тн убытия ТС из очереди в конечной фазе достаточно устойчиво сохраняется. При приближении непосредственно к пересечению железнодорожного полотна водители, как правило, снижают скорость движения (или переходят в режим равномерного движения без ускорения и замедления) и преодолевают неровности проезжей части на ЖДП также с меньшей величиной скорости, чем на подходе к переезду.

При этом возникают перепады скоростей движения ТС в потоке, обусловленные мотивацией водителей увеличить дистанцию безопасности между автомобилями. Это сопровождается потерями времени, которые накапливаются по мере роста номера в очереди. Следует отметить прогрессирующее падение скорости у всех автомобилей, составляющих поток, после снижения скорости автомобиля, двигавшегося в данном потоке первым. Прогрессирующее снижение скорости ведомых ТС в потоке также наблюдается в результате снижения скоростей движения лидирующей группой автомобилей очереди. Процесс прогрессирующего падения скорости можно представить следующим образом. Лидер очереди снижает скорость (V1), достигнутую на подходах к ЖДП, до скорости (V2), определяемую дорожными условиями переезда, на который он въезжает. Наблюдения показали, что последующее ТС снижает скорость на большую величину и, следовательно, между минимальными скоростями появляется разность:

V = V1 - V2, (4.1)

где V - величина нарастания снижения скорости на один автомобиль, м/с.

ВеличинаV зависит от степени уменьшения скорости и отрицательного ускорения первых автомобилей очереди. Снижение скорости может происходить с отрицательными ускорениями разной величины. Чем больше величина отрицательного ускорения лидеров, тем меньше интенсивность потока и больше вероятность возникновения вынужденной остановки ТС. При 14 и более автомобилях в очереди и резком снижении скорости (приблизительно в 2 раза и более) часто происходит остановка последних ТС очереди и возникает затор, т.е. чем больше величина отрицательного ускорения, тем меньше номер автомобиля в очереди, который вынужден остановиться. Длина затора увеличивается тем быстрее, чем больше превышение интенсивности ТП на подходах к ЖДП над пропускной способностью этого участка дороги.

Возникающие перепады скоростей изменяют плотность ТП по длине очереди. При этом в районе железнодорожного полотна происходит образование зоны повышенной плотности, которая смещается против движения к концу очереди. Такой процесс разгрузки очереди ТС является неустойчивым, приводит к задержкам, возникновению заторов, КС и ДТП. В эксплуатационных условиях, зачастую, состояние ЖДП и подходов к ним, не позволяет двигаться АТС со скоростью более 5 км/ч. С учетом этих обстоятельств, общего количества действующих ЖДП, а также многократности их закрытия для движения в течение суток видна целесообразность изыскания путей, направленных на сокращение задержек АТС. Не менее актуальной является также задача повышения безопасности взаимодействия ТС в потоке. Наблюдения показали, что решение этих задач возможно путем рационального размещения стоп-линии у ЖДП. Место остановки лидера является одним из определяющих факторов эффективности процесса убытия ТС из очереди. Кроме того установлено, что интервалы между автомобилями при разъезде очереди у ЖДП зависят от позиции ТС в очереди, разгонной динамики и длины автомобиля, а также от числа путей пересекаемых автомобильной дорогой.

.3 Математическое моделирование

.3.1 Математическое моделирование как метод исследование режимов движение ТС через ЖДП

Существующая теория ТП ввиду увеличения транспортной подвижности населения, наличия и постоянного развития компьютерной техники непрерывно развивается. При решении проблем ОДД с помощью компьютерной техники приходится прибегать к описанию ТП математическими методами. В связи с этим неуклонно происходит дальнейшее пополнение арсенала таких методов.

Сложились следующие два основных подхода к исследованию зависимостей между основными параметрами (интенсивность, скорость, плотность) ТП: макроскопический и микроскопический.

При макроскопическом подходе ТП рассматривается как целостный процесс, т.е. исследуется совокупность всех ТС и средние значения основных характеристик потока. События, происходящие внутри ТП, как правило, не рассматриваются. Основная область применения макромоделей ТП - анализ, прогнозирование и исследование транспортных систем большого объема. В свою очередь, микроскопический подход характеризуется теоретическим описанием отдельных ТС и взаимодействия между ними, т.е. исследуются внутренние процессы в ТП, происходящие, например, при изменении дистанции и скорости между двумя следующими друг за другом автомобилями. Все имеющиеся на сегодняшний день модели ТП можно разделить на следующие три класса: модели-аналоги; вероятностные (стохастические) модели; модели «следования за лидером».

В моделях-аналогах движение ТС уподобляется какому-либо физическому потоку (гидро и газо-динамические модели) [6].

В стохастических моделях ТП рассматривается как вероятностный процесс. Основанием для построения таких моделей являются законы редких событий [21].

В моделях следования за лидером существенно предположение о наличии функциональной связи между перемещением ведомого и ведущего ТС [20].

В зависимости от способа представления внутренних процессов, протекающих в ТП, различают: аналитические и имитационные модели ТП [21].

Для аналитического моделирования характерно то, что процессы взаимодействия автомобилей в ТП описываются математическими соотношениями (алгебраическими, интегрально-дифференциальными и т.п.) и логическими условиями.

Для имитационного моделирования характерно воспроизведение процесса движения отдельных ТС в потоке во времени с сохранением взаимосвязей между ними.

При проезде ПЖД рассматривается ТП, движущийся по одной полосе проезжей части, в котором каждый водитель, за исключением лидера «колонны», вынужден отслеживать и подчиняться режиму движения лидирующих ТС. Обгоны, опережения и перестроения из одной полосы в другую в рассматриваемой группе ТС отсутствуют. На основе наблюдений и особенностей движения автомобилей в плотном ТП в основу алгоритма положены следующие основные допущения:

 стремление водителя ведомого автомобиля поддерживать расстояние до автомобиля-лидера в пределах от минимально безопасного dmin до максимально допустимого dmax, а также двигаться со скоростью лидера.

 водитель ведомого автомобиля реагирует на изменение режима движения лидера по истечении времени реакции (tp ).

Реакция водителя на изменение режима движения лидирующего ТС зависит от режима движения управляемого им автомобиля. При этом выделяются шесть основных состояний, в которых может находиться ТС:

. Остановка (скорость и ускорение ТС равны нулю).

2. Движение со скоростью лидера (в т.ч. с ускорением или замедлением, расстояние до лидера находится в пределах номинальной дистанции от dmin до dmax).

3. Разгон (увеличение скорости до скорости лидера и сокращение дистанции до номинальной).

. Торможение (снижение скорости до скорости лидера и увеличение дистанции до номинальной).

. Выравнивание скоростей после разгона (снижение скорости до скорости лидера для поддержания номинальной дистанции после её достижения).

. Выравнивание скоростей после торможения (увеличение скорости до скорости лидера для сохранения номинальной дистанции после её достижения).

Перечисленный набор переменных режимов движения (состояний) позволяет полностью описать движение автомобилей в плотном ТП.

При проезде ПЖД рассматривается ТП, движущийся по одной полосе проезжей части, в котором каждый водитель, за исключением лидера «колонны», вынужден отслеживать и подчиняться режиму движения лидирующих ТС. Обгоны, опережения и перестроения из одной полосы в другую в рассматриваемой группе ТС отсутствуют. Алгоритм моделирования включает следующих два этапа:

Первый этап: определение режима движения лидера, исходя из заданных значений ускорения и граничной скорости лидера

Второй этап: определение режима движения ведомого автомобиля. Ускорение ведомого ТС определяется в зависимости от соотношения скоростей и ускорений лидера и ведомого, дистанции между ними, а также режима движения ведомого. В ходе выполнения дипломного проекта использовалась математическая модель, разработанная на кафедре «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения». Данный алгоритм учитывает новые, непосредственно оказывающие влияние на исследуемый объект факторы и характеристики, что дает возможность более полно учесть и отразить специфику движения ТП на дорогах с участками ограничения скорости и тем самым увеличить достоверность получаемых при моделировании результатов. Общая блок-схема усовершенствованного моделирующего алгоритма представлена в приложении К.

4.1.3 Компьютерная программа и примеры результатов моделирования

Следует отметить, что моделирование будет производиться на одном из объектов исследования, после чего будут найдены закономерности и сделаны выводы для всех ЖДП. Исследовательская компьютерная программа составлена на алгоритмическом языке «Pascal». Разработанные версии позволяют выполнять следующие две основные функции:

1. Определение характеристик движения ТП на дорогах с участками ограничения скорости путем проведения пошаговых численных расчетов для последующего их анализа и обработки. Причем, показатели характеристик движения всего ТП и каждого автомобиля можно определять как на всем исследуемом участке автомобильной дороги, так и на отдельных ее элементах.

. Вывод на экран монитора графического отображения движения потока автомобилей через участок ограничения скорости, что позволяет путем визуальных наблюдений за исследуемым объектом оценивать поведение как всего потока в целом, так и отдельных ТС его составляющих. Примеры графических изображений представлены в приложении Л на рисунках Л.1 и Л.2.

Были проведены эксперименты по определению факторов влияния на время проезда ЖДП. Результаты моделирования приведены на рисунках 4.2-4.5. Представлены графики движения лидера и ведомого ТС в следующем режиме: лидер разгонятся до 10 м/с, затем снижает скорость до 5 м/с, и после - до нуля (рисунок 4.3). Изменение дистанции между автомобилями dS показано на рисунке 4.4. В качестве исходных данных для всех автомобилей были приняты следующие: RE(I) = V0; Jmax = 2 м/с2; Кэi = 1,2; Jtd = 2,0 м/с2; Jpd = 0,5 м/с2; JT min = 0,5 м/с2; l = 4 м; tp = 0,9 с; tv = 3 с; dt = 0,01 с; φ = 0,7.

Рисунок 4.2 - Графики изменения скорости движения лидера и ведомого автомобиля

Графики зависимости времени проезда ТП через участок ограничения скорости при различной его протяженности приведены на рисунке 4.5, при различных значениях допустимой скорости - на рисунке 4.6.

Увеличение протяженности участка ограничения скорости и снижение допустимой величины скорости движения на нем также ведет к увеличению времени проезда ТП через исследуемый отрезок пути, что и следует из зависимостей, приведенных на рисунках 4.4 и 4.5. Таким образом, полученные результаты отображают на графиках факторы влияния на время проезда ЖДП автомобилями.

Рисунок 4.3 - Графики изменения дистанции между автомобилями

nmax - количество автомобилей в ТП.

Рисунок 4.4 - Зависимость времени пересечения потоком автомобилей участка ограничения скорости от длины участка

Рисунок 4.5 - Зависимость времени пересечения ТП участка ограничения скорости от допустимой скорости движения на нем

В качестве примера поставлена задача рационализации месторасположения стоп-линии у ЖДП, на котором характерно образование длинных очередей ТС. На основе проведенных ранее наблюдений было выдвинуто предположение о том, что посредством обоснованного расположения стоп-линии у ЖДП и повышении скорости движения возможно уменьшение продолжительности разъезда очереди и повышение БД автомобилей в потоке за счет более равномерного движения ТС. Следует также отметить, что повышение скорости на исследуемом участке можно осуществить путём реконструкции настилов, ликвидации дефектов дорожного покрытия непосредственно как на самом переезде, так и на подходах к ЖДП.

Объектом исследования выступил ЖДП I категории с двумя путями, расположенный на двухполосной улице г. Барановичи с интенсивностью движения около 300 автомобилей в час . Этот ЖДП оборудован резиновым настилом, обладает благоприятными дорожными условиями на подходах. Поток АТС, движущийся через данный переезд, характеризуется тем, что он состоит их легковых автомобилей и грузовых автомобилей. Также по этой улице осуществляется движение пассажирского МТС. Но тем не менее, доля легковых автомобилей на данном переезде преобладающая, поэтому рассматривались однородные ТП, состоящие соответственно из 5, 10, 15 и 20 автомобилей.

При моделировании были заданы следующие исходные данные, характеризующие существующие условия движения потоков автомобилей на проектируемом объекте: RE(I) = V0; Jmax = 2 м/с2; Кэi = 1,2; Jtd = 2,0 м/с2; Jpd = 0,5 м/с2; JT min = 0,5 м/с2; l = 4,5 м; tp = 0,9 с; tv = 3 с; φ = 0,7. Проведенными измерениями определены Lzm = 6,5 м. и Vzm = 3,38 м/с.

Изучались различные варианты ОДД, каждый из которых предполагал отнесение стоп-линии на определенное (отличное от других вариантов) расстояние от начала участка ограничения скорости движения. Этим обстоятельством определялось применяемое управляющее воздействие на ТП с целью совершенствования условий движения автомобилей.

Теоретическое исследование многообразия режимов движения последовательных автомобилей в ТП при проезде заданного участка автомобильной дороги выполнялось с помощью следующих оценочных критериев:

. Потери времени.

. Количество вынужденных остановок ТС.

. Шум ускорения σj.

. Коэффициент вариации ускорения.

, (4.2)

где i - номер автомобиля;

k - номер замера;

- число автомобилей в очереди и на ЖДП при k-м замере;

- общее количество замеров;

- среднее ускорение автомобилей в потоке при k-м замере;

- суммарное число автомобилей, которые учитывались во всех замерах.

Величина шума ускорения для сопоставляемых вариантов ОДД определялась в каждый текущий момент времени для всего исследуемого потока, а затем рассчитывалось его среднее значение за весь период наблюдений. При этом шаг дискретизации исследуемого процесса был задан равным 1 с. Для решения настоящей задачи с помощью рассмотренной выше методики были проведены имитационные эксперименты. Результаты опытов сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Обоснование месторасположения стоп-линии у ЖДП

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Кол-во ТС в потоке | Варианты ОДД (Расстояние, м.) | Результаты моделирования | | |
|  |  | Потери времени, с. | Кол-во зафиксированных остановок ТС | Шум ускорения σj, м/с2 |
| 5 | 8 | 19,3 | 0 | 0,42 |
|  | 9 | 19,6 | 0 | 0,43 |
|  | 10 | 20 | 0 | 0,45 |
|  | 11 | 20,4 | 0 | 0,46 |
|  | 12 | 20,6 | 0 | 0,48 |
|  | 13 | 20,7 | 0 | 0,51 |
|  | 14 | 21,2 | 0 | 0,49 |
|  | 15 | 21,4 | 0 | 0,47 |
| 10 | 8 | 33,9 | 0 | 0,70 |
|  | 9 | 34,1 | 0 | 0,66 |
|  | 10 | 34,5 | 0 | 0,78 |
|  | 11 | 34,6 | 0 | 0,8 |
|  | 12 | 35,6 | 0 | 0,84 |
|  | 13 | 34,3 | 0 | 0,82 |
|  | 14 | 35,9 | 0 | 0,79 |
|  | 15 | 35,9 | 0 | 0,81 |
| 15 | 8 | 50,6 | 0 | 1,15 |
|  | 9 | 51 | 0 | 1,06 |
|  | 10 | 49,7 | 0 | 1,16 |
|  | 11 | 49,7 | 0 | 1,14 |
|  | 12 | 49,2 | 0 | 1,20 |
|  | 13 | 49,7 | 0 | 1,31 |
|  | 14 | 52,4 | 0 | 1,15 |
|  | 15 | 51,9 | 0 | 1,23 |
| 20 | 8 | 63,7 | 0 | 1,27 |
|  | 9 | 64,2 | 0 | 1,16 |
|  | 10 | 63,5 | 0 | 1,25 |
|  | 11 | 62,7 | 0 | 1,23 |
|  | 12 | 63,9 | 0 | 1,36 |
|  | 13 | 64,3 | 0 | 1,41 |
|  | 14 | 64,8 | 0 | 1,37 |
|  | 15 | 66,5 | 0 | 1,42 |

Анализ полученных результатов показал, что ТП небольшой интенсивности, состоящий из 5 автомобилей, характеризуется относительно равномерным движением ТС и разница потерь времени на прохождение заданного пути для всех рассмотренных вариантов ОДД не превышает 1-2 с. Для очередей из 10, 15 и 20 автомобилей, образование которых наиболее характерно на исследуемом ЖДП, эта разница увеличивается и составляет 2 - 4с. Высокоинтенсивные ТП оказались менее устойчивыми к проявлению такого вредного фактора, как возникновение остановок ТС в движущемся потоке. Наиболее приемлемым вариантом ОДД является расположение стоп-линии от начала зоны ограничения скорости на расстоянии 11 м.

В данном случае обеспечиваются минимальные потери времени в процессе проезда потоком автомобилей заданного участка дороги. Исследования показали, что при числе ЖД путей более 2, наиболее оптимальным расстоянием стоп-линии от ЖД рельса является 8 метров. На объекте исследования ЖДП охраняемого типа вне населённого пункта с помощью модели было установлено, что при расстоянии 8 м время разъезда очереди 27,9 с при длине очереди 5 автомобилей, 83,7 с при длине очереди 20 автомобилей. Также установлено, что при количестве ЖД путей на ЖДП менее 2-х, наиболее оптимальным расстоянием является 9 м. С помощью имитационного моделирования было установлено, что время разъезда очереди из 5 автомобилей составило 20,1 с, время разъезда 20 автомобилей составило 74,1 с.

Также на время разъезда очереди влияет скорость движения ТС на участке ограничении скорости. Таким участком, как уже говорилось ранее, является непосредственно зона пересечения ЖД путей и автомобильной дороги (улицы). Повышение скорости на ЖДП можно осуществить путём улучшения качества настилов на самом переезде и качество ПЧ на подходах к ЖДП. В процессе экспериментальных исследований было установлено, что на ЖДП после капитального ремонта скорость движения ТС составила 5,53 м/с. Ускорение составило 0,75 м/с2 . Поэтому на основе существующей модели были проведены имитационные эксперименты по установлению влияния скорости движения ТС на время разъезда очереди, величин шум-ускорения, а также числа остановок ТС. Результаты эксперимента представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Обоснование влияния скорости на ЖДП

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Кол-во ТС в потоке | Варианты ОДД (Расстояние, м.) | Результаты моделирования | | |
|  |  | Потери времени, с. | Кол-во зафиксированных остановок ТС | Шум ускорения σj, м/с2 |
| 5 | 11 | 17,3 | 0 | 0,29 |
| 10 | 11 | 27,5 | 0 | 0,74 |
| 15 | 11 | 38,8 | 0 | 1,07 |
| 20 | 11 | 50,1 | 0 | 1,21 |

Таким образом, значения времени разъезда очереди снизились от 2 с при 5 автомобилях в очереди до 12 с при 20 автомобилях в очереди. Обеспечиваются более благоприятные (частично более благоприятные) условия движения автомобилей с точки зрения БД. Кроме того, отсутствие вынужденных остановок и уменьшение уровня шума ускорения ведет к снижению других потерь, вызванных неблагоприятным режимом движения ТС в потоке (уменьшению износа материальной части автомобилей, психологического дискомфорта водителей, вредных выбросов в атмосферу и т.д.). Следует отметить, что практическая реализация мероприятий, связанных с моделированием, по совершенствованию ОДД требует дополнительных капитальных вложений только лишь в случае улучшения качества настилов и качества дорог на подходах.

Учитывая эти обстоятельства и постоянное увеличение интенсивности движения автомобилей, режим работы и состояние ЖДП, общее их количество, а также экономическую, экологическую и социальную составляющую в рассматриваемых потерях, решение данной задачи является насущным.

5. Разработка предложений по совершенствованию ОДД

.1 Совершенствование ОДД на ЖДП Республики Беларусь

В рамках проводимых исследований влияния инфраструктуры ЖДП на БД установлена целесообразность использования для обозначения переездов желтого светового сигнала, работающего в режиме мигания в период времени, когда движение через переезд разрешено. Практика применения в этих целях бело-лунного сигнала показала, что в условиях недостаточной метеорологической видимости (туман, метель и т.п.) эффективность его использования низка, и поэтому в настоящее время практически повсеместно такие информационные секции светофоров на ЖДП БелЖД демонтированы. Желтый цвет, по мнению психологов, лучше привлекает внимание человека. Кроме того, применение светофора, работающего в режиме желтого мигания, для обозначения опасных мест на УДС (нерегулируемые перекрестки, пешеходные переходы и др.) апробировано многолетней практикой ОДД и не противоречит положениям международной Конвенции [22], [23]. Наличие этого сигнала информирует участников ДД об исправности переездной сигнализации и дополнительно обозначает ЖДП. Предложенная для оборудования ЖДП комбинация транспортных светофоров показана на рисунке 5.1[24].

Рисунок 5.1 - Предлагаемая комбинация светофоров на ЖДП: 1- светофор Т.7; 2 - светофор Т.6.Д. согласно СТБ 1300-2012 "ТСОДД. Правила применения".

Лучшую видимость под небольшим углом зрения обеспечивает удлиненная форма дорожной разметки. Представляется рациональным решением использовать в качестве символа, обозначающего приближение к ЖДП изображения В,7а, В,7b и А,26, предусмотренные [22]. Для информирования водителей о наличии ЖДП, оборудованного шлагбаумом могут быть применены комбинации изображений В,7а и А,26 или В,7b и А,26. Предлагаемая разметка проезжей части дороги на подходах к ЖДП показана на рисунке 5.2.

Рисунок 5.2. - Предлагаемые варианты дорожной разметки проезжей части автомобильной дороги перед ЖДП: а) и б) - дорожная разметка проезжей части дороги на подходах к ЖДП со шлагбаумом и без него соответственно: 1-стоп-линия; 2-осевая линия, разделяющая ТП противоположных направлений; 3-линия, обозначающая приближение к сплошной линии продольной разметки; 4- шлагбаум; в) обозначение приближения к однопутному ЖДП; г) - обозначение приближения к многопутному ЖДП; д) - обозначение приближения к ЖДП со шлагбаумом.

На многополосных автомобильных дорогах и улицах изображение, предупреждающее водителей автомобилей о приближении к ЖДП, необходимо наносить отдельно на каждой полосе движения. Расстояние от разметки ЖДП до ближайшего рельса будет различным в зависимости от условий видимости и расчетной скорости движения автомобилей. Ширина данной разметки может варьироваться в зависимости от ширины полосы движения.

В настоящее время на подходах к ЖДП все большее распространение получает устройство т.н. «шумовых» полос - искусственных неровностей на проезжей части, которые создают шум при движении по ним ТС. Эти полосы предназначены для того, чтобы привлечь внимание водителя к тому, что условия движения на ЖДП резко изменяются. Такие участки УДС, оборудуются соответствующими дорожными знаками и разметкой. В обоих случаях обеспечиваются более благоприятные условия для движения АТС, а также высокий уровень предупреждения об опасности.

.2 Совершенствование ОДД на охраняемом ЖДП вне НП

Согласно графической части дипломного проекта на данном объекте исследования было предложено нанесение разметки 1.12 на удалении 8 метров от ЖД ближайшего рельса, нанесение разметки 1.1 от стоп-линии до ближайшего рельса, согласно СТБ 1300-2012. Предлагается также нанесение символов в виде ДЗ 1.1 и 1.3.2 на подходах к ЖДП на удалении 50 м в НП и 150 м вне НП, установка шумовых полос, установка светофора Т7. Для обеспечения треугольника боковой видимости необходима пересадка деревьев, что требует больших капитальных затрат. Согласно графической части проекта, в связи с расположением заводской территории добиться нормативных показателей треугольника боковой видимости не удастся. Для повышения безопасности на переезде, помимо вышеупомянутых предложений в главе 5.1, необходимо повысить ровность и устранить дефекты дорожного покрытия на данном объекте. По данным БелЖД реконструкция на данном переезде будет производиться в 2014 году.

.3 Совершенствование ОДД на неохраняемом ЖДП вне НП

На данном объекте исследования было предложено нанесение разметки 1.12 на удалении 11 метров от ЖД ближнего рельса. Предлагается также нанесение символов в виде 1.3.2 на подходах к ЖДП на удалении 50 м в НП и 150 м вне НП, а также установка шумовых полос на подходах и светофора Т7 в связке с Т6Д. Для обеспечения треугольника боковой видимости необходима пересадка деревьев, что требует больших капитальных затрат. Ровность настилов соответствует нормативным показателям СТБ 1291-2007. Реконструкция на данном переезде производилась в 2012 году.

.4 Совершенствование ОДД на охраняемом ЖДП в НП

Согласно графической части дипломного проекта на данном объекте исследования было предложено нанесение разметки 1.12 на удалении 11 метров от ЖД ближнего рельса, нанесение разметки 1.1 от стоп-линии до ближайшего рельса, согласно СТБ 1300-2012. Также предлагается нанесение разметки 1.1 для разделения полос движения со входах B,С,D перед перекрёстком. Разметку 1.7 необходимо нанести согласно траектории, предложенной в графической части, непосредственно на самом перекрёстке для обозначения полосы, предназначенной для движения направо. Необходимо нанесение разметки 1.14.1 для обозначения пешеходных переходов на перекрёстке, также установка ДЗ 5.16.2(1), согласно графической части проекта.

Предлагается также нанесение символов в виде ДЗ 1.1 и 1.3.2 на подходах к ЖДП на удалении 50 м, а также установка светофора Т7 в связке с Т6Д. Предлагается установка знака 5.8.1 на входе С для указания направления движения ТС по полосам. Это позволит исключить конфликты между ТС в зоне перекрёстка при манёвре слияния ТС, в случае если транспортные средства движутся по обеим полосам в прямом направлении. Предлагается установка знака 1.1 на удалении 50 м от ЖДП, а также повторного знака 3.1 на удалении 25 м от ЖДП вместе с табличкой 7.1.1. Для обеспечения треугольника боковой видимости необходима пересадка деревьев, что требует больших капитальных затрат. Также частично треугольник боковой видимости перекрывается участками с домами частного сектора, а также заводской территорией. Поэтому нормативных показателей добиться не удастся. Необходимо повысить ровность настилов на данном объекте. Качество дорожного покрытия на подходах к ЖДП соответствует СТБ 1291-2007.

.5 Совершенствование ОДД на неохраняемом ЖДП в НП

На данном объекте исследования дорожная разметка отсутствует. Поэтому было предложено нанесение разметки 1.12 на удалении 9 метров от ЖД ближнего рельса на входе А, на входе С на удалении 5 м. Это связано с наличием перекрёстка в пределах ЖДП. Было предложено нанесение разметки 1.1 от ближайшего рельса на удаление 50 м от стоп-линии. Предлагается также нанесение символов в виде ДЗ 1.3.1 на подходах к ЖДП на удалении 50 м, а также установка светофора Т7 совместно с Т6Д. Предлагается установка знака 2.5 на обоих входах, так как треугольник боковой видимости не соответствует нормативным значениям. ДЗ 1.2 необходимо установить на удалении 50 м от ЖДП. Треугольник боковой видимости выполняется только при движении поездов со стороны входа С.

В оставшемся случае треугольник боковой видимости перекрывается участками с домами частного сектора, гаражами, станцией «Пост №1», посадками деревьев. Поэтому нормативных показателей добиться не удастся. Для повышения безопасности на переезде необходимо повысить ровность настилов на данном объекте. Качество дорожного покрытия на подходах к ЖДП соответствует СТБ 1291-2007.

6. Оценка эффективности принимаемых решений

Оценка качества дорожного движения сегодня либо не выполняется совсем, либо выполняется формально, по нескольким несогласованным оценочным критериям, что приводит к тяжелым последствиям. В данной работе в кратком изложении приводится разрабатываемый в БНТУ новый метод оценки качества. Поскольку в этом методе основным оценочным критерием качества являются потери в дорожном движении, то они рассматриваются более подробно и взяты, в основном, из работы [1].

.1 Расчёт экономических потерь на объектах исследования при существующей и предлагаемой ОДД

Для оценки потерь необходимо произвести расчёты, связанные со статистическими значениями времени простоя ТС на ЖДП в ожидании его открытия. В процессе исследований было определены временные интервалы времени закрытия переезда. Расчёт существующих экономических потерь представлен в приложении М, результаты сведены в таблицу М.5 в приложении М. Результаты расчёта существующих экономических потерь на охраняемом ЖДП вне населённого пункта представлены в приложении в приложении М в таблице М.6. Результаты расчёта существующих экономических потерь на неохраняемом ЖДП вне населённого пункта представлены в приложении М в таблице М.7. Результаты расчёта существующих экономических потерь на охраняемом ЖДП в населённом пункте представлены в приложении М в таблице М.8.

Производились также расчёты при предлагаемой ОДД. Был сделан расчёт потерь при отнесении стоп-лини от ближайшего ЖД рельса на наиболее оптимальное расстояние (результаты представлены в приложении Н в таблице Н.1) и расчёт при повышении скорости (результаты представлены в приложении Н в таблице Н.2) на одном из объектов исследования. Как уже описывалось ранее, повышения скорости можно добиться улучшением качества настилов на ЖДП и качества дорожного покрытия на подходах к ЖДП. В качестве примера бралась скорость на ЖДП с ровным настилом. Результаты расчётов на охраняемом ЖДП вне НП представлены в приложении Н в таблице Н.3. Результаты расчётов на неохраняемом ЖДП в НП представлены в приложении Н в таблице Н.4. Результаты расчётов на неохраняемом ЖДП в НП представлены в приложении Н в таблице Н.5.

Таким образом, можно сделать вывод, что предлагаемые мероприятия снижают параметр шум-ускорения при движении ТС, время проезда ЖДП автомобилями. Соответственно предлагаемые мероприятия приводят к снижению потерь от перерасхода топлива и потерь от задержек транспорта на переездах. На охраняемом ЖДП в НП при отнесении стоп-линии экономические потери уменьшились на 4,5% , при отнесении стоп-линии и повышении скорости движения на ЖДП экономические потери уменьшились на 8,7%. На охраняемом ЖДП вне НП снижение потерь составило 15,5%. На неохраняемом ЖДП вне НП снижение потерь составило 1,2%. На неохраняемом ЖДП в НП снижение экономических потерь составило 6,7%.

.2 Расчёт экологических потерь на объектах исследования при существующей и предлагаемой ОДД

Экспериментальные исследования показали, что на ЖД переезде во время его закрытия водители выключают двигатели. Следовательно, при расчёте экологических потерь необходимо учесть этот фактор. Расчёты будут производиться только при условиях, когда ЖДП открыт. Также следует отметить, что расчёт потерь от выбросов рассчитывается от суммарной интенсивности движения автотранспорта на ЖДП. Пример расчёта существующих потерь на охраняемом ЖДП в НП представлен в приложении О, результаты расчёта сведены в таблицу О.1. Результаты расчёта существующих экологических потерь на охраняемом ЖДП вне населённого пункта представлены в приложении О в таблице О.2. Результаты расчёта существующих экономических потерь на неохраняемом ЖДП вне населённого пункта представлены в приложении О в таблице О.3. Результаты расчёта существующих экономических потерь на охраняемом ЖДП в населённом пункте представлены в приложении О в таблице О.4.

Производились расчёты при отнесении стоп-линии от ближайшего ЖД рельса на наиболее оптимальное расстояние и увеличении скорости движения ТС на объектах исследования. Результаты расчёта на охраняемом ЖДП в НП при предлагаемой ОДД сведены в приложении П таблицу П.1. Результаты расчёта экологических потерь на охраняемом ЖДП вне населённого пункта при предлагаемой ОДД представлены в приложении П в таблице П.2. Результаты расчёта экономических потерь на неохраняемом ЖДП вне населённого пункта при предлагаемой ОДД представлены в приложении П в таблице П.3. Результаты расчёта экономических потерь на охраняемом ЖДП в населённом пункте при предлагаемой ОДД представлены в приложении П в таблице П.4.

Таким образом, в ходе предлагаемых мероприятий, уровень выбросов уменьшился, однако при повышении скорости движения ТС уровень шума увеличился. Уровень экологических потерь на охраняемом ЖДП уменьшился на 3,7%, на охраняемом ЖДП вне НП - на 2,8%, на неохраняемом ЖДП вне НП - на 9%, на неохраняемом ЖДП в НП - на 6,9%.

6.3 Расчёт аварийных потерь на объектах исследования при существующей и предлагаемой ОДД

За период 12 лет было совершено лишь одно ДТП с ранением людей на одном из объектов исследования. Таким ЖДП является переезд охраняемого типа в населённом пункте. Пример расчёта аварийных потерь представлен в приложении Р. Для снижения аварийности были проведены мероприятия:

установка повторного дорожного знака на подходе к ЖДП, предложение по проведению реконструкции дорожного покрытия на самом ЖДП для повышения скорости проезда, запрещение движение прямо по крайней правой полосе с целью исключения конфликта на перекрёстке перед ЖДП, согласно графической части проекта, установкой ДЗ 5.8.1 перед перекрёстком и нанесением разметки 1.7 на перекрёстке. Также на подходах в ЖДП было предложено нанесение ДР в виде символов знаков 1.1 и 1.3.2, непосредственно на самом ЖДП установка дополнительного светофора Т7, совместно с Т6Д. С целью повышение безопасности было предложено уширение ПЧ на входе D, а также нанесение разметки 1.14.1 на перекрёстке перед ЖДП на входах D и В. Расчёт потерь с учётом предложений представлен в приложении Р.

Таким образом, суммарные годовые потери уменьшились по сравнению с существующими годовыми потерями на 150,4 уе/год или в 20 раз.

6.4 Суммарные потери на участках исследования

Суммарные потери при существующей ОДД представлены в таблице 6.1, при предлагаемой ОДД в таблице 6.2.

Таблица 6.1 - Структура потерь в дорожном движении на участке исследования при существующей ОДД

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Охраняемый ЖДП в населённом пункте | Охраняемый ЖДП вне населённого пункта | Неохраняемый ЖДП вне населённого пункта | Неохраняемый ЖДП в населённом пункте |
| Экономические потери, уе/год | 452391,3 | 293546 | 157175,5 | 137772,4 |
| Экологические потери, уе/год | 16663,8 | 9977,1 | 5937,9 | 5554 |
| Аварийные потери, уе/год | 183,5 | 0 | 0 | 0 |
| Суммарные потери, уе/год | 469238,6 | 303523,1 | 163113,4 | 143326,4 |

Таблица 6.2 - Структура потерь в дорожном движении на участке исследования при предлагаемой ОДД

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Охраняемый ЖДП в населённом пункте | Охраняемый ЖДП вне населённого пункта | Неохраняемый ЖДП вне населённого пункта | Неохраняемый ЖДП в населённом пункте |
| Экономические потери, уе/год | 413119,4 | 247937,4 | 155228,8 | 128547,8 |
| Экологические потери, уе/год | 16042,6 | 9702,3 | 5401,7 | 5169,6 |
| Аварийные потери, уе/год | 7,9 | 0 | 0 | 0 |
| Суммарные потери, уе/год | 429169,9 | 257639,7 | 160630,5 | 133717,4 |

Диаграммы распределения потерь, расчёт срока окупаемости на объектах исследования представлен в приложении С.

Таким образом, уровень потерь на всех объектах исследования снизился. На охраняемом ЖДП в НП уровень потерь составил 429169,9 уе/год (снижение на 8,5%), на охраняемом ЖДП вне НП - 257639,7 уе/год (снижение на 15,1%), на неохраняемом ЖДП вне НП - 160630,5 уе/год (снижение на 1,5%), на неохраняемом ЖДП в НП - 133717,4 уе/год (снижение на 6,7%). Мероприятие по совершенствованию ОДД представлены в разделе 5 данного дипломного проекта.

7. Охрана труда

Железнодорожные переезды являются зоной пересечения железнодорожных путей и автомобильных дорог в одном уровне, поэтому также являются зоной повышенной опасности. Подавляющее большинство переездов оборудовано техническими средствами организации дорожного движения (дорожные знаки, разметка, направляющие устройства, светофоры), опорами освещения, автоматической системой сигнализации, информирующей о приближении железнодорожного подвижного состава (световая и звуковая сигнализации), контактной линией электропередач высокого напряжения, в некоторых случаях шлагбаумами и постами дежурного работника. Поэтому при проектировании железнодорожных переездов, при организации работы на данных типах участков дорог необходимо руководствоваться системами стандартов безопасности труда (ГОСТ, ТКП, СТБ, СН, НПБ, ПУЭ и т.д.) в сфере охраны труда.

В ТКП 181-2009 предъявляются требования к воздушным линиям (ВЛ) силовых кабелей. Действие распространяется на ВЛ напряжением 0,22-330 кВ и воздушные токопроводы напряжением до 35 кВ включительно. Правила не распространяются на линии контактной сети, токопроводы для электролизных установок и другие воздушные специальные линии и сооружения, устройство и эксплуатация которых определяются специальными правилами и нормами. Все вновь сооружаемые и реконструируемые ВЛ и токопроводы должны быть выполнены в соответствии с ПУЭ и строительными нормами и правилами. При согласовании технической документации на вновь проектируемые (реконструируемые) ВЛ и токопроводы Потребители должны предоставлять проектным организациям данные о фактических условиях в зоне проектируемой ВЛ, токопровода (климатические условия, характер и интенсивность загрязнения и др.) и требовать учета этих условий в проектах.

Намечаемые проектные решения по новым и реконструируемым ВЛ (токопроводам), присоединяемым к электрической сети внешнего электроснабжения, должны быть согласованы с снабжающей организацией. При эксплуатации ВЛ должны соблюдаться правила охраны электрических сетей и контролироваться их выполнение. Потребитель, которому принадлежит ВЛ, должен принимать меры к приостановлению работ в охранной зоне ВЛ, выполняемых с нарушением правил охраны электрических сетей. При эксплуатации ВЛ и токопроводов должны проводиться техническое обслуживание и ремонт, направленные на обеспечение их надежной работы. При техническом обслуживании должны производиться работы по предохранению элементов ВЛ и токопроводов от преждевременного износа путем устранения повреждений и неисправностей, выявленных при осмотрах, проверках и измерениях.

При капитальном ремонте ВЛ и токопроводов должен быть выполнен комплекс мероприятий, направленных на поддержание или восстановление первоначальных эксплуатационных характеристик ВЛ и токопроводов в целом или отдельных ее элементов путем ремонта деталей и элементов или замены их новыми, повышающими их надежность и улучшающими эксплуатационные характеристики. Капитальный ремонт токопроводов должен выполняться по мере необходимости по решению технического руководителя Потребителя. Перечень работ, относящихся к техническому обслуживанию и ремонту ВЛ и токопроводов, устанавливается типовыми инструкциями по их эксплуатации. ВЛ должны периодически осматриваться. Периодические осмотры ВЛ проводятся по графику, утвержденному ответственным за электрохозяйство Потребителя.

Периодичность осмотров каждой ВЛ по всей длине должна быть не реже 1 раза в год. Конкретные сроки в пределах, установленных настоящими Правилами, должны быть определены ответственным за электрохозяйство Потребителя с учетом местных условий эксплуатации. Кроме того, не реже 1 раза в год административно-технический персонал должен проводить выборочные осмотры отдельных участков линий, включая все участки ВЛ, подлежащие ремонту, по утвержденному графику. Верховые осмотры с выборочной проверкой проводов и тросов в зажимах и дистанционных распорках на ВЛ напряжением 35 кВ и выше, эксплуатируемых 20 лет и более, или на их участках и на ВЛ, проходящих по зонам интенсивного загрязнения, а также по открытой местности, должны производиться не реже 1 раза в 5 лет; на остальных ВЛ (участках) напряжением 35 кВ и выше не реже 1 раза в 10 лет. На ВЛ 0,38-20 кВ верховые осмотры должны осуществляться при необходимости.

Внеочередные осмотры ВЛ или их участков должны проводиться при образовании на проводах и тросах гололеда, при «пляске проводов», во время ледохода и разлива рек, при пожарах в зоне трассы ВЛ, после сильных бурь, ураганов и других стихийных бедствий, а также после отключения ВЛ релейной защитой и неуспешного автоматического повторного включения, а после успешного повторного включения - по мере необходимости. Периодические осмотры токопроводов должны выполняться по графику, утвержденному ответственным за электрохозяйство. Потребитель, эксплуатирующий ВЛ, должен следить за исправностью габаритных знаков, устанавливаемых на пересечениях ВЛ с шоссейными дорогами, и габаритных ворот в местах пересечения ВЛ с железнодорожными путями, по которым возможно передвижение негабаритных грузов и кранов.

Установку и обслуживание габаритных ворот и знаков на пересечениях осуществляют организации, в ведении которых находятся железнодорожные пути и шоссейные дороги. При однофазном замыкании на землю в электрических сетях 6-35 кВ с малыми токами замыкания на землю персонал должен немедленно сообщить об этом дежурному на питающей подстанции или дежурному по сети энергоснабжающей организации и в дальнейшем действовать по их указаниям. В целях своевременной ликвидации аварийных повреждений на ВЛ у Потребителей должен храниться аварийный запас материалов и деталей согласно установленным нормам.

На основе правил пожарной безопасности для организации, выполняющих ТО и эксплуатацию подвижного состава ППБ 2.06-2000 предъявляется ряд требований к помещениям, в которых производится ТО, хранение и ремонт ПС, представлены правила эксплуатации, организации работ по обслуживанию ПС. Согласно данного документа автотранспортные средства в помещениях, под навесами или на специальных площадках для безгаражного хранения должны расставляться в соответствии с требованиями, предусмотренными нормативными документами.

На предприятиях с количеством автотранспортных средств более 25 единиц для создания условий их эвакуации при пожаре должен быть разработан и утвержден руководителем предприятия специальный план расстановки автотехники на территории и в гаражах-стоянках с соблюдением проезда для пожарной техники. План должен содержать описание порядка и очередности эвакуации транспортных средств в случае возникновения пожара, порядка хранения ключей от замков зажигания, график дежурств обслуживающего персонала в ночное время, в выходные и праздничные дни. На предприятиях должно быть организовано дежурство инженерно-технических работников в зоне стоянки и ремонта автотранспортных средств. Дежурные должны быть проинструктированы о порядке эвакуации автотранспортных средств из зон стоянки и ремонта.

При проведении инструктажа должны быть изучены особенности эвакуации автотранспортных средств с пневматическим приводом торможения. Помещения, где предусматривается более 10 постов технического обслуживания и текущего ремонта (далее - ТО и ТР) или хранение автотранспортных средств более 25 единиц, должны иметь не менее двух исправных ворот. Помещения и площадки открытого хранения автотранспортных средств не допускается загромождать предметами и оборудованием, которые могут препятствовать их эвакуации в случае пожара или других чрезвычайных ситуаций. Места расстановки автотранспортных средств должны быть обеспечены буксировочными тросами и жесткими буксирами из расчета один трос (буксир) на 10 единиц автотранспортных средств. Под помещениями гаражей-стоянок не допускается располагать помещения с массовым пребыванием людей. Кузнечные, термические, сварочные, малярные, деревоотделочные работы должны производиться только в специально оборудованных цехах и участках предприятия. В гаражах-стоянках, а также на стоянках автотранспортных средств под навесами и на открытых площадках не допускается:

устанавливать автотранспортные средства в количестве, превышающем норму, нарушать способ их расстановки, уменьшать расстояние между ними и зданиями (сооружениями);

оставлять на местах стоянки автотранспортные средства с открытыми горловинами топливных баков или при наличии течи топлива из системы питания;

хранить топливо (бензин, дизельное топливо, баллоны с газом), за исключением топлива и газа в заправочных емкостях;

оставлять для стоянки груженые автотранспортные средства;

заправлять автотехнику ГСМ, а также сливать ГСМ из заправочных емкостей. Заправка автотранспортных средств ГСМ допускается на заправочном пункте;

хранить емкости из-под ЛВЖ и ГЖ;

ремонтировать топливные системы при наличии в них топлива. Стравливание газа из магистрального трубопровода (для автотранспортных средств, работающих на газовом топливе) следует производить на специальных открытых площадках;

использовать открытый огонь и работать с применением переносных горнов, паяльных ламп и переносных сварочных аппаратов для подогрева двигателей, а также курить;

производить подзарядку аккумуляторных батарей (в помещениях, за исключением специально оборудованных);

использовать для мытья или протирки кузовов, деталей или агрегатов, а также рук и одежды ЛВЖ и ГЖ;

загромождать выездные ворота и проезды;

оставлять в автотранспортных средствах, помещениях промасленные обтирочные материалы и спецодежду по окончании работы;

оставлять автотранспортные средства с включенным зажиганием;

поручать техническое обслуживание и управление автотранспортными средствами людям, не имеющим соответствующей квалификации.

Не допускается дозаправка автотранспортных средств ГСМ перед постановкой их в зону ТО и ТР.

В случае пожара в помещениях работник должен немедленно сообщить о случившемся в пожарное аварийно-спасательное подразделение и принять меры к эвакуации людей и материальных ценностей, остановить и обесточить инженерное и технологическое оборудование, известить о случившемся руководителя предприятия. Не допускается нахождение в здании и в непосредственной близости от него людей, не привлеченных к тушению пожара. После завершения работ по ликвидации пожара руководитель тушения пожара составляет акт о пожаре, который подписывается руководителем предприятия и руководителем тушения пожара, копии которого в течение суток направляются в вышестоящую инстанцию (объединение, концерн, ассоциацию и другие) и органам государственного пожарного надзора.

Эксплуатация здания (помещения), включение технологического и другого оборудования могут быть произведены только после полной ликвидации последствий пожара и проведения восстановительных работ по специальному письменному разрешению руководителя организации. При возникновении пожара в производственном помещении, в вентиляционной камере, в воздуховодах или на любом участке вентиляционной системы следует немедленно выключить вентиляторы, сообщить о случившемся в пожарную аварийно-спасательную службу, администрации предприятия и принять меры к ликвидации пожара. Огнетушители, устанавливаемые на предприятиях, должны иметь соответствующий знак, подтверждающий прохождение сертификации в Национальной системе сертификации Республики Беларусь. Рабочие и служащие при оформлении на работу обязаны пройти первичный инструктаж о мерах пожарной безопасности, а затем непосредственно на рабочем месте - вторичный инструктаж.

Направление на первичный противопожарный инструктаж дает отдел кадров предприятия. Вновь принятые служащие и рабочие без прохождения первичного инструктажа к работе не допускаются. Первичный инструктаж должен проводиться в специально выделенном помещении, обеспеченном наглядной агитацией, инструкциями и правилами пожарной безопасности, а также образцами имеющихся на объекте средств пожаротушения и связи. Этот инструктаж должен проводиться инженерно-техническим персоналом предприятия. Вторичный инструктаж проводит лицо, ответственное за пожарную безопасность в цехе, мастерской, лаборатории, на складе, причем этот инструктаж обязательно должен проводиться и при переводе рабочих и служащих из одного цеха в другой применительно к условиям пожарной безопасности цеха, лаборатории или производственной установки. На проведение первичного противопожарного инструктажа необходимо отводить не менее 1 часа. Инструктируемые должны ознакомиться:

с действующими на объекте противопожарными правилами и инструкциями;

с производственными участками, наиболее опасными в пожарном отношении, в которых запрещается курить, пользоваться открытым огнем; необходимо применять другие меры предосторожности;

с возможными причинами возникновения пожаров и мерами их предупреждения;

с практическими действиями в случае возникновения пожара (вызов пожарной службы, использование первичных средств пожаротушения, эвакуация людей и материальных ценностей). Проведение противопожарного инструктажа в обязательном порядке должно сопровождаться практическим показом способов использования имеющихся на объекте средств пожаротушения.

Железнодорожный переезд является зоной с повышенной шумностью. Регулирование в сфере охраны труда осуществляется СанПиН от 16.11.2011 № 115. Согласно данному документу нормируемыми параметрами постоянного шума на рабочих местах и в транспортных средствах являются: уровни звукового давления в дБ в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 31,5; 63; 125; 250; 500; 1000; 2000; 4000; 8000 Гц; уровни звука в дБА. Оценка постоянного шума на рабочих местах на соответствие ПДУ должна проводиться как по уровням звукового давления, так и по уровню звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие настоящим Санитарным правилам. Нормируемыми параметрами непостоянного шума на рабочих местах являются:

эквивалентный уровень звука в дБА;

максимальный уровень звука в дБА.

Оценка непостоянного шума на рабочих местах на соответствие ПДУ должна проводиться как по эквивалентному по энергии, так и по максимальному уровням звука. Превышение хотя бы одного из указанных показателей должно квалифицироваться как несоответствие настоящим Санитарным правилам. Количественную оценку тяжести и напряженности труда следует проводить с учетом требований Санитарных норм, правил и гигиенических нормативов 13-2-2007 «Гигиеническая классификация условий труда», утвержденных постановлением Министерства здравоохранения Республики Беларусь от 20 декабря 2007 г. № 176, и с использованием методических приемов, приведенных в Инструкции 2.2.7.11-11-200-2003 «Гигиеническая оценка характера трудовой деятельности по показателям тяжести и напряженности труда», утвержденной постановлением Главного государственного санитарного врача Республики Беларусь от 12 декабря 2003 г. № 165. Для колеблющегося во времени и прерывистого шума максимальный уровень звука не должен превышать 110 дБА, а для импульсного шума - 125 дБАI. Для импульсного шума с уровнем 110 дБАI и более следует дополнительно проводить измерения шума в режиме «пик» измерительного прибора. Максимальный уровень звука импульсного шума в режиме «пик», измеренный на стандартизованной частотной характеристике «С» измерительного прибора, не должен превышать 140 дБС. Пребывание людей в зонах с уровнем звука или уровнем звукового давления в любой октавной полосе свыше 135 дБА (дБ) запрещается.

Заключение

При выполнении дипломного проекта были представлены сведения о состоянии железнодорожных переездов на текущий момент, был проведен анализ факторов, влияющих на безопасность движения в зоне ЖДП, был проведен количественный, качественный и топографический анализ аварийности на ЖДП в Республике Беларусь за рассматриваемый период с 2001 г. по 2012 г. За исследуемый период произошло 405 ДТП на ЖДП, совершенных на ЖДП, из них учетных - 194 ДТП, в том числе 59 ДТП с гибелью людей, 135 ДТП, в которых люди получили травмы и увечья, 211 ДТП с материальным ущербом, в которых здоровье людей не пострадало. Всего за исследуемый период погибло 78 человек, травмировано 206 человек.

В качестве объектов исследования были выбраны ЖДП в НП и вне НП, различающиеся ТСОДД, охраняемые и неохраняемые, с различным количеством ЖД путей, проведены экспериментальные измерения на объектах исследования, выполнено компьютерное моделирование движения транспортных средств. Проводилось имитационное моделирование, в котором создавались максимально приближённые условия к условиям движения ТС на ЖДП. Целью являлось определение расстояния удаления стоп-линии от ближайшего ЖД рельса для определения наименьшего времени разъезда очереди при существующих условиях движения, определение влияния скорости проезда ЖДП на уровень потерь в ДД. С помощью имитационной компьютерной модели были разработаны мероприятия по совершенствованию ОДД в зоне ЖДП, представленные в разделе 5, а также произведены оценка эффективности предлагаемых решений.

В экономической части обоснована целесообразность разработанных мероприятий. На охраняемом ЖДП в НП уровень потерь снизился на 8,5%, на охраняемом ЖДП вне НП снизился на 15,1%, на неохраняемом ЖДП вне НП снизился на 1,5%, на неохраняемом ЖДП в НП снизился на 6,7%.

Список использованных источников

1. Врубель Ю.А. Потери в дорожном движении / Ю.А.Врубель. - Минск: Изд-во БНТУ, 2003. - 380 с.

2. Врубель Ю.А. Определение потерь в дорожном движении: монография / Ю.А. Врубель, Д.В. Капский, Е.Н. Кот - Минск: БНТУ, 2006. - 240 с.

3. Капский Д.В. Прогнозирование аварийности в дорожном движении: монография / Д.В. Капский.- Минск: БНТУ, 2008. - 243 с.

4. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения: учебник для автомоб.-дор. ВУЗов / Г.И. Клинковштейн. - М.: Транспорт, 1982.- 240 с.

5. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения / В.Ф. Бабков. - М.: Транспорт, 1982. - 288 с.

6. Автомобильные перевозки и организация дорожного движения: справочник / В.У. Рэнкин [и др.]; пер. с англ. - М.: Транспорт, 1981. - 592 с.

7. Врубель Ю.А. Организация дорожного движения. В 2 ч. / Ю.А. Врубель. - Минск: Белорус. фонд безопасности дорожного движения, 1996.- 634 с.

8. Поздняков, В.А. Безопасность на железнодорожных переездах / В.А. Поздняков, Ю.А. Тюпкин // Железные дороги мира. - 2000. - № 3. - С. 60-62.

9. Поздняков В.А. Переезд - зона повышенной опасности / В.А. Поздняков // Путь и путевое хозяйство. - 1998. - № 12. - С. 30-31.

10. Инструкция по эксплуатации переездов на железной дороге Республики Беларусь № РБ-П-4866: утв. начальником БЖД 17.06.1995 г. с изм. и доп. утв. приказом № 23-Н начальника БЖД от 07.03.2000г. - Минск: КМЦ ДЦНТИ, 2000. - 97 с.

11. Сильянов В.В. Справочник по безопасности дорожного движения / В.В. Сильянов [и др.]. М.: Транспорт, 2001. - 754 с.

12. Баваров Б.Н. Исследование характеристик движения автомобилей для проектирования пересечений автомобильных дорог с железными дорогами в одном уровне: автореф. дис…канд. техн. наук: 05.22.03 / Б.Н. Баваров; МАДИ. - М., 1978. - 21 c.

13. Алексеев Е.П. Железнодорожные переезды и путепроводы / Е.П. Алексеев. М.: Транспорт, 1972. - 96 с.

14. Технический кодекс установившейся практики: Автомобильные дороги. Нормы проектирования. ТКП 45-3.03-19-2006 (02250): утвержден приказом Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь № 19 от 26.01.2006г., Минск. - 2006. - 42 с.

15. Врубель Ю.А. Управление дорожным движением: учеб.-метод. пособие / Ю.А. Врубель. - Минск: БНТУ, 2007. - 244 с.

16. Васильев А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения /А.П. Васильев, В.М. Сиденко.- М.: Транспорт, 1990.- 304 с.

17. Методические рекомендации по назначению мероприятий для повышения безопасности дорожного движения на участках концентрации ДТП (утв. Распоряжением Росавтодора от 30.03.2000г. № 65-р) - М.: Информавтодор, 2000. - 63с.

18. Рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения на участках концентрации ДТП на автомобильных дорогах общего пользования (утверждены приказом Комитета по автомобильным дорогам Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь № 43 от 27.03.2001г.).- Минск, 2001.- 56с.

19. Клебельсберг, Дитер. Транспортная психология / Д. Клебельсберг. Пер. с нем. - М.: Транспорт, 1989. - 367 с.

20. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В.В. Сильянов. - М.: Транспорт, 1977. - 303 с.

21. Гаврилов А.А. Моделирование дорожного движения / А.А. Гаврилов. - М.: Транспорт, 1980. - 189 с.

22. Конвенция о дорожных знаках и сигналах. Комитет по внутреннему транспорту. ООН. - М.: Транспорт, 1970. - 118 с.

23. Конвенция о дорожном движении. Комитет по внутреннему транспорту. ООН. - М.: Транспорт, 1970. - 118 с.

24. СТБ 1300-2012 Технические средства организации дорожного движения. Правила применения.  Мн.: Госстандарт, 2012. 112 с.;

25. Правила дорожного движения с изменениями и дополнениями от 8 января 2013г. - Минск, 2013. - 63 с.

26. Закон о дорожном движении 313-3 от 5.01.2008 с изменениями и дополнениями от 12.01.2011г. - Минск, 2011. - 23 с.

27. Закон Республики Беларусь о железнодорожном транспорте от 6 января 1999 г. № 237-з с изменениями и дополнениями от 22 декабря 2012г. №326-з. - Минск, 2012. - 19 с.

Приложение А

Количественный анализ аварийности на железнодорожных переездах Республики Беларусь

Рисунок А.1 - Динамика совершения ДТП по годам

Рисунок А.2 - Диаграмма распределения аварийности по месяцам

Рисунок А.3 - Диаграмма распределения аварийности по дням недели

Рисунок А.4 - Диаграмма распределения аварийности по времени суток

Рисунок А.5 - Диаграмма распределения по абсолютным показателям аварийности по областям Республики Беларусь

Рисунок А.6 - Диаграмма распределения по удельным показателям аварийности по областям Республики Беларусь

Рисунок А.7 - Диаграмма распределения аварийности по видам ТС

Рисунок А.8 - Диаграмма распределения абсолютных показателей аварийности по видам ЖДП

Рисунок А.9 - Диаграмма распределения удельных показателей аварийности по видам ЖДП

Рисунок А.10 - Диаграмма распределения аварийности по видам нанесённого ущерба

Рисунок А.11 - Относительная аварийность на ЖДП с разным уровнем оборудования

Приложение Б

Качественный анализ аварийности на железнодорожных переездах Республики Беларусь

Рисунок Б.1 - Вероятностные причины возникновения ДТП на ЖДП

Рисунок Б.2 - Диаграмма распределения водителей, находившихся в состоянии алкогольного опьянения и трезвых водителей

Рисунок Б.3 - Распределение аварийности в зависимости от погодных условий

Рисунок Б.4 - Распределение аварийности в зависимости от состояния ПЧ

Приложение В

Результаты измерений на охраняемом ЖДП вне населенного пункта

Интенсивность движения ведётся путём учёта количества ТС, проходящих через стоп-линию. Картограмма интенсивности представлена на рисунке В1.1.

Рисунок В.1 - Картограмма интенсивности движения ТС на ЖДП (Вход А к г. Барановичи)

Состав транспортного потока представлен на рисунках В.2 и В.3.

Рисунок В.2 - Состав транспортного потока на ЖДП на входе А

Рисунок В.3 - Состав транспортного потока на ЖДП на входе С

Были проведены замеры по определению скорости на подходах 100 м от ЖДП. Скорость движения измерялась при свободном движении потока. Замеры проводились на каждом входе. Объем одной выборки - 20 автомобилей.

S1 = So(1+b1/bo) (В.1)

V = S13,6/t , км/ч (В.2)

Рисунок В.4 - Схема проведения замера

Выездная дорога от Р1 в сторону г. Барановичи:

Таблица В.1 - Протокол измерения мгновенной скорости ТП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | t,с | V, км/ч | № п/п | t,с | V, км/ч |
| 1 | 3 | 63,6 | 11 | 3,7 | 51,56757 |
| 2 | 3,2 | 59,625 | 12 | 3,2 | 59,625 |
| 3 | 2,9 | 65,7931 | 13 | 3 | 63,6 |
| 4 | 2,4 | 79,5 | 14 | 2,9 | 65,7931 |
| 5 | 2,3 | 82,95652 | 15 | 2,8 | 68,14286 |
| 6 | 2,6 | 73,38462 | 16 | 2,9 | 65,7931 |
| 7 | 2,7 | 70,66667 | 17 | 2,6 | 73,38462 |
| 8 | 2,8 | 68,14286 | 18 | 2,6 | 73,38462 |
| 9 | 2,7 | 70,66667 | 19 | 2,7 | 70,66667 |
| 10 | 3 | 63,6 | 20 | 2,7 | 70,66667 |

Таблица В.2 - Частости попадания в интервал

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал, км/ч | 50-55 | 55-60 | 60-65 | 65-70 | 70-75 | 75-80 | 80-85 |
| Количество | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 1 | 1 |
| % | 5 | 10 | 15 | 25 | 35 | 5 | 5 |

Определяем параметры распределения скоростей:

, км/ч; (В.3)

, км/ч; (В.4)

 (В.5)

Где  - число замеров, соответствующих данному значению скорости (или входящих в данную группу);

- скорость данного замера (или средняя скорость данной группы), км/ч.

км/ч.; км/ч.; .

По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей

Рисунок В.5 - График распределения скоростей

ул. Слонимское шоссе в сторону выездной дороги из г. Барановичи:

Таблица В.3 - Протокол измерения мгновенной скорости ТП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | t,с | V, км/ч | № п/п | t,с | V, км/ч |
| 1 | 3,9 | 48,92308 | 11 | 3,8 | 50,21053 |
| 2 | 3,5 | 54,51429 | 12 | 4 | 47,7 |
| 3 | 3,5 | 54,51429 | 13 | 4,1 | 46,53659 |
| 4 | 3,2 | 59,625 | 14 | 4,1 | 46,53659 |
| 5 | 3,7 | 51,56757 | 15 | 3,7 | 51,56757 |
| 6 | 3 | 63,6 | 16 | 3,4 | 56,11765 |
| 7 | 3,2 | 59,625 | 17 | 3,5 | 54,51429 |
| 8 | 3,6 | 53 | 18 | 3,4 | 56,11765 |
| 9 | 3,2 | 60,25 | 19 | 4,3 | 44,37209 |
| 10 | 4,6 | 41,47826 | 20 | 4,6 | 41,47826 |

Таблица В.4 - Частости попадания в интервал

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал, км/ч | 40-45 | 45-50 | 50-55 | 55-60 |
| Количество | 3 | 5 | 6 | 6 |
| % | 15 | 25 | 30 | 30 |

Определяем параметры распределения скоростей: км/ч.; км/ч.; .

По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей

Рисунок В.6 - График распределения скоростей

В процессе обследования исследуемого участка проводились замеры по определению временного интервала между автомобилями на переезде. Данный эксперимент показал, что среднее значение временного интервала составляет около 3-3,5 секунд. На рисунке В.7 отображена гистограмма распределения временных интервалов между автомобилями.

Значения на рисунке приведены в процентном соотношении. Из графика видно, наибольшая частота наблюдается при временном интервале, соответствующем 3-3,5 секундам. Была проведена линия тренда, соответствующая полиному 6-й степени. Общие выводы по данному вопросу будут сделаны далее.

Рисунок В.7 - График распределения временных интервалов

В процессе обследования данного ЖДП был проведено натурное исследование по определению средней скорости движения автомобилей на переезде. Во многом данный показатель зависит от качества настилов на ЖДП, качества дорожного покрытия на подходах к переезду, типа ТС, погодных условий, времени суток, психофизических характеристик водителей, технического состояния ТС и других показателей. Гистограмма распределения скоростей представлена на рисунке В.8.

Рисунок В.8 - График распределения средних скоростей автомобилей при движении по ЖДП

В процессе исследования выяснилось, что наибольшая доля ТС двигалась в диапазоне скоростей от 1,5 м/с до 2 м/с и от 2,5 м/с до 3 м/с. Такая разница в скоростях объясняется составом транспортного потока. Грузовые автомобили и с/х техника движется несколько медленнее, чем легковые автомобили. Качество дорожного покрытия не соответствует СТБ 1291-2007, поэтому скорость невысокая. Были зафиксированы случаи движения автомобилей 14,3 м/с и 18,9 м/с. Однако это единичные случаи, которые встречаются крайне редко. По информации БелЖД в 2014 году должна осуществиться реконструкция данного переезда, в том числе и реконструкция настилов.

Приложение Г

Результаты измерений на неохраняемом ЖДП вне населенного пункта

Измерение интенсивности движения производилось в 8 утра. Продолжительность замера составляет 15 минут.

Интенсивность движения ведётся путём учёта количества ТС, проходящих через стоп-линию. Картограмма интенсивности представлена на рисунке Г.1.

Рисунок Г.1 - Картограмма интенсивности движения ТС на ЖДП (Вход А к г.п.Русино)

Состав транспортного потока представлен на рисунках Г.2 и Г.3.

Рисунок Г.2 - Состав транспортного потока на ЖДП на входе А

Рисунок Г.3 - Состав транспортного потока на ЖДП на входе С

Были также проведены замеры по определению скорости на подходах 100 м от ЖДП. Скорость движения измерялась при свободном движении потока. Замеры проводились на каждом входе. Объем одной выборки - 20 и 25 автомобилей.

Автомобильная дорога от г. Барановичи в сторону г.п.Русино

Таблица Г.1 - Протокол измерения мгновенной скорости ТП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | t,с | V, км/ч | № п/п | t,с | V, км/ч |
| 1 | 3,5 | 45,25714 | 11 | 3,5 | 45,25714 |
| 2 | 3,4 | 46,58824 | 12 | 3 | 52,8 |
| 3 | 4,5 | 36,83721 | 13 | 3,9 | 40,61538 |
| 4 | 4,6 | 36,43478 | 14 | 3,5 | 45,25714 |
| 5 | 4,6 | 36,43478 | 15 | 3,5 | 45,25714 |
| 6 | 3,6 | 44 | 16 | 3 | 52,8 |
| 7 | 3,1 | 51,09677 | 17 | 3,7 | 42,81081 |
| 8 | 4,6 | 36,43478 | 18 | 3 | 52,8 |
| 9 | 3,5 | 45,25714 | 19 | 3,2 | 49,5 |
| 10 | 3 | 52,8 | 20 | 4 | 39,6 |

Таблица Г.2 - Частости попадания в интервал

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал, км/ч | 35-40 | 40-45 | 45-50 | 50-55 |
| Количество | 5 | 8 | 2 | 5 |
| % | 25 | 40 | 10 | 25 |

км/ч.; км/ч.; .По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей

Рисунок Г.4 - График распределения скоростей

Автомобильная дорога от г.п. Русино в сторону г. Барановичи:

Таблица Г.3 - Протокол измерения мгновенной скорости ТП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | t,с | V, км/ч | № п/п | t,с | V, км/ч |
| 1 | 3,6 | 57 | 13 | 4 | 51,3 |
| 2 | 4,1 | 50,04878 | 14 | 4,9 | 41,87755 |
| 3 | 4,6 | 44,6087 | 15 | 5,1 | 40,23529 |
| 4 | 4,7 | 43,65957 | 16 | 3,8 | 54 |
| 5 | 4 | 51,3 | 17 | 3,4 | 60,35294 |
| 6 | 3,9 | 52,61538 | 18 | 3,5 | 58,62857 |
| 7 | 3,5 | 58,62857 | 19 | 3,4 | 60,35294 |
| 8 | 4,3 | 47,72093 | 20 | 4,3 | 47,72093 |
| 9 | 4,2 | 48,85714 | 21 | 4,6 | 44,6087 |
| 10 | 4,7 | 43,65957 | 22 | 4,6 | 44,6087 |
| 11 | 5 | 41,04 | 23 | 4,9 | 41,87755 |
| 12 | 4,7 | 43,65957 | 24 | 5,1 | 40,23529 |
|  |  |  | 25 | 5 | 41,04 |

Таблица Г.4 - Частости попадания в интервал

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал, км/ч | 40-45 | 45-50 | 50-55 | 55-60 | 60-65 |
| Количество | 12 | 3 | 5 | 3 | 2 |
| % | 48 | 12 | 20 | 12 | 8 |

Определяем параметры распределения скоростей:

км/ч.; км/ч.; .

По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей

Рисунок Г.5 - График распределения скоростей

В процессе обследования исследуемого участка проводились замеры по определению временного интервала между автомобилями на переезде. Следует отметить наличие знака 2.5 «Движение без остановки запрещено». Поэтому временные интервалы увеличиваются, так как ТС должны останавливаться перед переездом. Во многом переходной интервал зависит от ускорения автомобиля-лидера. На рисунке Г.6 отображена гистограмма распределения временных интервалов между автомобилями.

Рисунок Г.6 - График распределения временных интервалов

Значения на рисунке приведены в процентном соотношении. Из графика видно, наибольшая частота наблюдается при временном интервале, соответствующем 4,7-5 секундам. Была проведена линия тренда, соответствующая полиному 6-й степени.

В процессе обследования данного ЖДП был проведено натурное исследование по определению средней скорости движения автомобилей на переезде. Во многом данный показатель зависит от множества факторов. Гистограмма распределения скоростей представлена на рисунке Г.7.

Рисунок Г.7 - График распределения средних скоростей автомобилей при движении по ЖДП

В процессе исследования выяснилось, что наибольшая доля ТС двигалась в диапазоне скоростей от 1,5 м/с до 2 м/с и от 2,5 м/с до 3 м/с. Такая разница в скоростях объясняется случайным выбором режима со стороны водителей. Были зафиксированы случаи, когда автомобиль продолжал ускорение на самом переезде. Однако, при движении в очереди, автомобили, после режима разгона, на самом переезде двигались равномерно. Во многом на величину скорости влияет знак 2.5 «Движение без остановки запрещено». Реконструкция данного переезда производилась в 2012 году.

Приложение Д

Результаты измерений на охраняемом ЖДП в населенном пункте

Измерение интенсивности движения производилось в 8 утра. Продолжительность замера составляет 15 минут.

Интенсивность движения ведётся путём учёта количества ТС, проходящих через стоп-линию. Картограмма интенсивности представлена на рисунке Д.1.

Рисунок Д.1 - Картограмма интенсивности движения ТС на ЖДП (Вход А к ул. Фабричная)

Состав транспортного потока представлен на рисунках Д.2 и Д.3.

Рисунок Д.2 - Состав транспортного потока на ЖДП на входе А

Рисунок Д.3 - Состав транспортного потока на ЖДП на входе С

Были также проведены замеры по определению скорости на подходах 100 м от ЖДП. Скорость движения измерялась при свободном движении потока. Замеры проводились на каждом входе. Объем одной выборки - 20 и 25 автомобилей.

Ул. Кирова от ул. Фабричная в сторону ЖДП:

Таблица Д.1 - Протокол измерения мгновенной скорости ТП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | t,с | V, км/ч | № п/п | t,с | V, км/ч |
| 1 | 3,4 | 60,35294 | 13 | 4,7 | 43,65957 |
| 2 | 3,9 | 52,61538 | 14 | 4,3 | 47,72093 |
| 3 | 4,5 | 45,6 | 15 | 4 | 51,3 |
| 4 | 4,3 | 47,72093 | 16 | 4,1 | 50,04878 |
| 5 | 4,5 | 45,6 | 17 | 3,8 | 54 |
| 6 | 4,4 | 46,63636 | 18 | 4,1 | 50,04878 |
| 7 | 3,8 | 54 | 19 | 4,5 | 45,6 |
| 8 | 4 | 51,3 | 20 | 4,7 | 43,65957 |
| 9 | 4,1 | 50,04878 | 21 | 4,9 | 41,87755 |
| 10 | 4,1 | 50,04878 | 22 | 4,8 | 42,75 |
| 11 | 3,7 | 55,45946 | 23 | 3,5 | 58,62857 |
| 12 | 4,7 | 43,65957 | 24 | 3,8 | 54 |
|  |  |  | 25 | 4 | 51,3 |

Таблица Д.2 - Частости попадания в интервал

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал, км/ч | 40-45 | 45-50 | 50-55 | 55-60 |
| Количество | 5 | 12 | 5 | 3 |
| Pv | 0,2 | 0,48 | 0,2 | 0,12 |

км/ч.; км/ч.; .

По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей

Рисунок Д.4 - График распределения скоростей

Ул. Кирова г. Барановичи от ул. Промышленной в сторону ЖДП:

Таблица Д.3 - Протокол измерения мгновенной скорости ТП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | t,с | V,км/ч | № п/п | t,с | V, км/ч |
| 1 | 4,2 | 45,42857 | 11 | 3,6 | 53 |
| 2 | 3,8 | 50,21053 | 12 | 4,5 | 42,4 |
| 3 | 3,9 | 48,92308 | 13 | 3,5 | 54,51429 |
| 4 | 4 | 47,7 | 14 | 3,9 | 48,92308 |
| 5 | 3,7 | 51,56757 | 15 | 4,1 | 46,53659 |
| 6 | 4,1 | 46,53659 | 16 | 3,8 | 50,21053 |
| 7 | 4,2 | 45,42857 | 17 | 3,9 | 48,92308 |
| 8 | 4,3 | 44,37209 | 18 | 4,3 | 44,37209 |
| 9 | 3,8 | 50,21053 | 19 | 4,1 | 46,53659 |
| 10 | 3,9 | 48,92308 | 20 | 3,5 | 54,51429 |

Таблица Д.4 - Частости попадания в интервал

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Интервал, км/ч | 40-45 | 45-50 | 50-55 |
| Количество | 5 | 11 | 4 |
| % | 25 | 55 | 20 |

Определяем параметры распределения скоростей:

км/ч.; км/ч.; .

По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей

Рисунок Д.5 - График распределения скоростей

В процессе обследования исследуемого участка проводились замеры по определению временного интервала между автомобилями на переезде. На рисунке Д.6 отображена гистограмма распределения временных интервалов между автомобилями.

Рисунок Д.6 - График распределения временных интервалов

Значения на рисунке приведены в процентном соотношении. Из графика видно, наибольшая частота наблюдается при временном интервале, соответствующем 2,5-3,5 секундам. Была проведена линия тренда, соответствующая полиному 6-й степени.

В процессе обследования данного ЖДП был проведено натурное исследование по определению средней скорости движения автомобилей на переезде. Во многом данный показатель зависит от множества факторов. Гистограмма распределения скоростей представлена на рисунке Д.7.

Рисунок Д.7 - График распределения средних скоростей автомобилей при движении по ЖДП

В процессе исследования выяснилось, что наибольшая доля ТС двигалась в диапазоне скоростей от 12 м/с до 12,5 м/с. Несмотря на неровности покрытия автомобили на данном ЖДП движутся значительно быстрее при движении в свободном режиме. Однако скорость при разъезде значительно меньше, она будет указана ниже при моделировании движения ТС через ЖДП во время разъезда очереди.

Приложение Ж

Результаты измерений на неохраняемом ЖДП в населенном пункте.

Измерение интенсивности движения производилось в 8 утра. Продолжительность замера составляет 15 минут.

Интенсивность движения ведётся путём учёта количества ТС, проходящих через стоп-линию. Картограмма интенсивности представлена на рисунке Ж.1.

Рисунок Ж.1 - Картограмма интенсивности движения ТС на ЖДП (Вход С от здания завода «Бархим»)

Состав транспортного потока представлен на рисунках Ж.2 и Ж.3.

Рисунок Ж.2 - Состав транспортного потока на ЖДП на входе А

Рисунок Ж.3 - Состав транспортного потока на ЖДП на входе С

Были также проведены замеры по определению скорости на подходах 100 м от ЖДП. Скорость движения измерялась при свободном движении потока. Замеры проводились на каждом входе. Объем одной выборки - 20 и 25 автомобилей.

Ул. Фроленкова г. Барановичи от частного сектора по ул. Фроленкова:

Таблица Ж.1 - Протокол измерения мгновенной скорости ТП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | t,с | V, км/ч | № п/п | t,с | V, км/ч |
| 1 | 3,4 | 56,11765 | 11 | 4,7 | 40,59574 |
| 2 | 3,9 | 48,92308 | 12 | 4,7 | 40,59574 |
| 3 | 4,5 | 42,4 | 13 | 4,3 | 44,37209 |
| 4 | 4,3 | 44,37209 | 14 | 4 | 47,7 |
| 5 | 4,5 | 42,4 | 15 | 4,1 | 46,53659 |
| 6 | 4,4 | 43,36364 | 16 | 3,8 | 50,21053 |
| 7 | 3,8 | 50,21053 | 17 | 4,1 | 46,53659 |
| 8 | 4 | 47,7 | 18 | 4,5 | 42,4 |
| 9 | 4,1 | 46,53659 | 19 | 4,7 | 40,59574 |
| 10 | 4,1 | 46,53659 | 20 | 4,9 | 38,93878 |

Таблица Ж.2 - Частости попадания в интервал

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Интервал, км/ч | 35-40 | 40-45 | 45-50 | 50-55 | 55-60 |
| Количество | 4 | 6 | 9 | 0 | 1 |
| Pv | 0,2 | 0,5 | 0,95 | - | 0,1 |

км/ч.; км/ч.; .По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей

Рисунок Ж.4 - График распределения скоростей

Ул. Фроленкова г. Барановичи от завода «Бархим»:

Таблица Ж.3 - Протокол измерения мгновенной скорости ТП

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | t,с | V, км/ч | № п/п | t,с | V, км/ч |
| 1 | 5,1 | 37,41176 | 11 | 5,6 | 34,07143 |
| 2 | 5,4 | 35,33333 | 12 | 5,5 | 34,69091 |
| 3 | 4,7 | 40,59574 | 13 | 5,1 | 37,41176 |
| 4 | 5,8 | 32,89655 | 14 | 5,1 | 37,41176 |
| 5 | 5,5 | 34,69091 | 15 | 5,8 | 32,89655 |
| 6 | 4,4 | 43,36364 | 16 | 5,6 | 34,07143 |
| 7 | 6 | 31,8 | 17 | 5,1 | 37,41176 |
| 8 | 4,8 | 39,75 | 18 | 4,4 | 43,36364 |
| 9 | 5,3 | 36 | 19 | 4,7 | 40,59574 |
| 10 | 5,5 | 34,69091 | 20 | 4,8 | 39,75 |

Таблица Ж.4 - Частости попадания в интервал

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Интервал, км/ч | 30-35 | 35-40 | 40-45 |
| Количество | 9 | 9 | 2 |
| % | 45 | 45 | 10 |

Определяем параметры распределения скоростей:

км/ч.; км/ч.; .

По результатам расчетов строятся экспериментальная и теоретическая кривые распределения скоростей

Рисунок Ж.5 - График распределения скоростей

В процессе обследования исследуемого участка проводились замеры по определению временного интервала между автомобилями на переезде. На рисунке Ж.6 отображена гистограмма распределения временных интервалов между автомобилями.

Рисунок Ж.6 - График распределения временных интервалов

Значения на рисунке приведены в процентном соотношении. Из графика видно, наибольшая частота наблюдается при временном интервале, соответствующем 3,5-4 секундам. Была проведена линия тренда, соответствующая полиному 6-й степени.

В процессе обследования данного ЖДП был проведено натурное исследование по определению средней скорости движения автомобилей на переезде. Во многом данный показатель зависит от множества факторов. Гистограмма распределения скоростей представлена на рисунке Ж.7.

Рисунок Ж.7 - График распределения средних скоростей автомобилей при движении по ЖДП

В процессе исследования выяснилось, что наибольшая доля ТС двигалась в диапазоне скоростей от 5 м/с до 5,5 м/с. Отсутствие разметки, неровности на ЖДП, невыполнение треугольника боковой видимости способствуют тому, чтобы водители снижали скорость на данном переезде по сравнению с максимально разрешённой скоростью для движения в населённых пунктах.

Приложение К

Усовершенствованный алгоритм компьютерной программы

Приложение Л

Графические отображение работы компьютерной программы

Рисунок Л.1 - Окно графического отображения движения ТП через участок дороги с ограниченной скоростью (исходное положение)

А)

Б)

а) начальный период; б) конечный период.

Рисунок Л.2 - Графическое отображение движения потока из 15 автомобилей через участок ограничения скорости

Приложение М

Расчёт экономических потерь на ЖДП при существующей ОДД

Протокол измерений времени закрытия ЖДП представлен в таблице М.1.

Таблица М.1 - Протокол измерения времени закрытия ЖДП

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Начало горения КС | Конец горения КС | Время горения | Нормализация (распределение по нормальному закону) |
| 1 | 8:07:13 | 8:10:11 | 0:02:58 | -0,65835169 |
| 2 | 8:24:26 | 8:27:48 | 0:03:22 | -0,319770821 |
| 3 | 8:44:54 | 8:50:16 | 0:05:22 | 1,373133525 |
| 4 | 8:58:01 | 9:00:44 | 0:02:43 | -0,869964733 |
| 5 | 9:14:43 | 9:20:07 | 0:05:24 | 1,401348597 |
| 6 | 10:32:39 | 10:35:18 | 0:02:39 | -0,926394878 |

Расчёт математического ожидания осуществляется по формуле

 (М.1)

где ni - объем выборки; Xi- варианты выборки

Таблица М.2 - Распределение частот попадания в разряд

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| интервал (разряд) | частота попадания в разряд | частоты |
| 0:02:00 - 0:03:00 | 3 | 0,500000000 |
| 0:03:00 - 0:04:00 | 1 | 0,166666667 |
| 0:04:00 - 0:05:00 | 0 | 0 |
| 0:05:00 - 0:06:00 | 2 | 0,333333333 |
| итого | 6 | 1,000000000 |

Таким образом, математическое ожидание равно 3 минуты 45 секунд.

При расчёте доверительного интервала использовалось понятие дисперсии. Дисперсией называется средний квадрат отклонения значений признака от среднего арифметического. Дисперсия, вычисляемая по выборочным данным, называется выборочной дисперсией и обозначается:

 (М.2)

Где, в этой формуле  сумма квадратов отклонений значений признака  от среднего арифметического . Для получения среднего квадрата отклонений эта сумма поделена на объем выборки .

Таким образом, в ходе расчёта дисперсия  составила 0,000000673.

Стандартным отклонением (или средним квадратическим отклонением) называется корень квадратный из дисперсии:

 (М.3)

Среднее квадратическое отклонение составило 0:01:11 с

Коэффициент вариации рассчитывается по формуле:

 (М.4)

Коэффициент вариации составил 0,316

Далее необходимо проверить, не противоречат ли опытные данные тому, что величина (время горения КС) распределена по нормальному закону. Для этого пользуются критерием согласия χ2 Пирсона:

(М.5)

где N - число интервалов, по которому строился эмпирический закон распределения (число столбцов соответствующей гистограммы) i - номер интервала, pit - вероятность попадания значения случайной величины в i-й интервал для теоретического закона распределения, pie - вероятность попадания значения случайной величины в i-й интервал для эмпирического закона распределения.

Критерий согласия составил 0,96.

Доверительная вероятность равна удвоенному значению функции Лапласа.  - функция Лапласа, значения указаны в таблице. Обычно функция Лапласа используется для вычисления вероятности попадания в заданный интервал нормально распределённой случайной величины

 - допустимая ошибка составила 30 сек.

В таблице 6.3. сведены результаты расчета статистической обработки полученных данных.

Таблица М.3 - Результаты расчёта статистической обработки полученных данных

|  |  |
| --- | --- |
| мат ожидание | 0:03:45 |
| дисперсия | 0,000000673 |
| оценка дисперсии | 0,000000808 |
| среднее квадратическое отклонение | 0:01:11 |
| критерий пирсона | 0,959527022 |
| оценка с.к.о. | 0:00:32 |
| ошибка | 0:00:30 |
| аргумент для Лапласа | 0,946362299 |
| функция Лапласа | 0,464 |
| доверительная вероятность | 0,928 |
| коэффициент вариации | 0,315507861 |

В общем случае рассчитываются потери от следующих видов издержек: от задержек, остановок .

- расчетная ИД, а/с, включая приведение поворотных потоков к транзитному;

 - расчетный поток насыщения, авт./с;

 - доля ЗС в цикле;

 - коэффициент загрузки полосы движением;

 - доля ЗС для пешеходов в цикле.

Расчетное значение ИД, q\*, определяется для каждой полосы движения по формуле:

 (М.6)

Расчёты скорости движения на ЖДП представлены в таблице 1.4

Таблица М.4 - Результаты измерения скоростей на ЖДП

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| № п/п | V, км/ч | № п/п | V, км/ч |
| 1 | 13,1 | 11 | 13,4 |
| 2 | 12,8 | 12 | 12,5 |
| 3 | 13,3 | 13 | 12,5 |
| 4 | 12 | 14 | 12,6 |
| 5 | 12,5 | 15 | 12,8 |
| 6 | 12,4 | 16 | 12,3 |
| 7 | 12,7 | 17 | 12,9 |
| 8 | 12,6 | 18 | 12,9 |
| 9 | 13 | 19 | 13 |
| 10 | 12,3 | 20 | 13,2 |

Для входа А:

, км/ч (М.7)

 (М.8)

Для входа С:

Gv=0,31 км/ч;

Iv=0,03;

Интенсивность движения представлена в графической части проекта на картограмме.

Вход А:



Вход С:



На входе А: Кпн=1,107; Кпэ=1,439;

На входе С: Кпн=1,139; Кпэ=1,495;

Определение удельных издержек производится натурными исследованиями. Задержки транспорта на железнодорожном переезде в совокупности состоят из задержек при пропуске железнодорожного подвижного состава и отношения времени, необходимого для проезда очереди автомобилей через ЖДП к количеству автомобилей. Так как в процессе исследований выяснилось, что зачастую очередь автомобилей не превышает 20, а также модель подразумевает при проведении экспериментов не более 20 автомобилей:

Вход А: d=dпростоя+dразъезда /nавт.=225+58,8/20=227,9 с/авт

Вход С: d=225+62,5/20=228,1 с/авт

Определение количества удельных остановок транспорта определяется натурным способом или с помощью математической модели (при расчёт предлагаемых потерь). Следует отметить, что автомобили останавливаются только 1 раз перед переездом в случае отсутствия дорожного знака 2.5, если знак установлен перед ЖДП, то все автомобили останавливаются по 2 раза, кроме первого автомобиля:

Вход А: ео= 1; Вход С: ео= 1;

# Расчет годовых экономических потерь производится для каждого вида издержек по формуле:

, у.е./год (М.9)

, у.е./год (М.10)

Вход А: 



Вход С: Пе=19052,3 уе/год;

Пd=144860,8 уе/год

В процессе исследования проводились измерения параметра шум-ускорения. Данный параметр позволяет выполнить расчёты по определению потерь от перерасхода топлива автомобилями, движущимися в очереди. Как известно, движение автомобилей происходит в «рваном» ритме, то есть когда автомобили поочерёдно разгоняются, тормозят, а также движутся с равномерной скоростью. Параметр шум-ускорения определяется по формуле:

 (М.11)

Расчёт шум ускорения производился с помощью программного пакета excel. Среднее значение всей длины очереди составило на входе А Ga =1,58 м/с2, на входе С Ga =1,49 м/с2 ;

Градиент скорости рассчитывается по формуле:

 (М.12)

Для входа А:



Для входа С:



Далее необходимо рассчитать коэффициент изменения расхода топлива, который рассчитывается по формуле:

 (М.13 )

Для входа А: 

Для входа С: 

Коэффициент изменения расхода топлива от скорости (KFV) выбираем из табличных значений. КFV=1,1;

Минимальный расход топлива Fo=7 л/100км является общепринятым значением. Расход топлива на данной скорости определяется по формуле:

 (М.14 )

Вход А: 

Вход С: 

При равномерном движении расход топлива был бы наименьшим. Таким образом, при равномерном движении градиент скорости равнялся бы нулю. Соответственно для обоих направлений:



Расчёт топлива в сопоставляемых расчётных случаях осуществляется по формуле:

 (М.15 )

F1 - существующие условия;

F2 - эталонные условия;

Для входа А:





Для входа С:





Удельный перерасход топлива рассчитывается по формуле:

 (М.16 )

Для входа А: 

Для входа С: 

Расчёт потерь от перерасхода топлива осуществляется по формуле:

, у.е./год (М.17)

Где Q - интенсивность движения автомобилей, а/ч;

Фг - годовой фонд времени, ч/год;

S - протяжённость участка, с учётом очереди S=0,1685, км;f - стоимость одного литра топлива, принимаем 0,85 уе/литр;

Для входа А:



Для входа С: 

Для расчёта общих потерь необходимо суммировать годовые потери. На входе А общие экономические потери составили:

П=Пd+Пе+ПF=195981,8+25798,4+39633,05=261413,2уе/год

На входе С общие экономические потери составляют:

П=Пd+Пе+ПF=144860,8+19052,3+27064,9=190978,1уе/год

Общие экономические потери на данном ЖДП составили:

П=Па+Пс=261413,2+190,978=452391,3уе/год

Таблица М.5 - Результаты расчета экономических потерь на охраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 332 | 236 | - |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,107 | 1,139 | - |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,439 | 1,495 | - |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,093 | 0,066 | - |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 227,9 | 228,1 | - |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1 | 1 | - |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,58 | 1,49 | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,56 | 0,51 | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 9,44 | 9,99 | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 23,15 | 22,24 | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 195981,8 | 144860,8 | - |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 25798,4 | 19052,3 | - |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 39633,1 | 27064,9 | - |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 261413,2 | 190978,1 | 452391,3 |

Таблица М.6 - Результаты расчета экономических потерь на охраняемом ЖДП вне НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 176 | 160 | - |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,071 | 1,23 | - |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,361 | 1,775 | - |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,049 | 0,045 | - |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 230,1 | 229,4 | - |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1 | 1 | - |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,52 | 1,57 | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,60 | 0,59 | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 8,83 | 11,65 | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 23,37 | 30,18 | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 117269,3 | 99167,9 | - |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 15336,0 | 12934,9 | - |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 26373,3 | 22464,6 | - |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 158978,6 | 134567,5 | 293546 |

Таблица М.7 - Результаты расчета экономических потерь на неохраняемом ЖДП вне НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 120 | 92 | - |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,09 | 1,16 | - |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,15 | 1,435 | - |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,034 | 0,026 | - |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 230,6 | 230,8 | - |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1,95 | 1,95 | - |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,79 | 1,78 | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,358 | 0,356 | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 9,15 | 10,36 | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 14,4 | 16,23 | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 57281 | 54846,4 | - |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 14531,4 | 13901,7 | - |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 8916,2 | 7698,7 | - |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 80728,7 | 76446,8 | 157175,5 |

Таблица М.8 - Результаты расчета экономических потерь на неохраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 108 | 78 | - |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,12 | 1,12 | - |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,19 | 1,22 | - |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,03 | 0,022 | - |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 231,4 | 230,8 | - |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1,95 | 1,95 | - |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,54 | 1,61 | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,513 | 0,527 | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 9,66 | 9,66 | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 21,82 | 22,39 | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 53531,2 | 39533,2 | - |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 13533,2 | 10020,4 | - |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 12148,5 | 9005,9 | - |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 79212,8 | 58559,6 | 137772,4 |

Приложение Н

Результаты расчёта экономических потерь на ЖДП при предлагаемой ОДД

Таблица Н.1 - Результаты расчета экономических потерь на охраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 332 | 236 | - |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,107 | 1,139 | - |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,439 | 1,495 | - |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,093 | 0,066 | - |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 228,1 | 228,3 | - |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1 | 1 | - |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,21 | 1,23 | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,375 | 0,357 | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 9,34 | 9,99 | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 15,58 | 15,69 | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 196153 | 144978 | - |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 25798,4 | 19052,3 | - |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 26670 | 19096,4 | - |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 248622,2 | 183136,6 | 431758,8 |

Таблица Н.2 - Результаты расчета экономических потерь на охраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 332 | 236 | - |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,107 | 1,139 | - |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,439 | 1,495 | - |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,093 | 0,066 | - |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 227,5 | 227,3 | - |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1 | 1 | - |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,21 | 1,19 | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,23 | 0,22 | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 9,43 | 9,99 | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 9,62 | 9,7 | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 195637,8 | 144352,8 | - |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 25798,4 | 19052,3 | - |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 16467,5 | 11810,6 | - |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 237903,7 | 175215,7 | 413119,4 |

Таблица Н.3 - Результаты расчета экономических потерь на охраняемом ЖДП вне НП

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ | |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 176 | 160 | - | |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,071 | 1,23 | - | |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,361 | 1,775 | - | |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,049 | 0,045 | - | |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 229,2 | 229,2 | - | |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1 | 1 | - | |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,24 | 1,22 | | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,24 | 0,23 | | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 9,43 | 9,99 | | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 9,86 | 9,95 | | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 104486,6 | 98684,3 | - | |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 13676,3 | 12916,8 | - | |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 9477,1 | 8696,2 | - | |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 127640 | 120297,4 | 247937,4 | |

Таблица Н.4 - Результаты расчета экономических потерь на неохраняемом ЖДП вне НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 120 | 92 | - |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,09 | 1,16 | - |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,15 | 1,435 | - |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,034 | 0,026 | - |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 229,6 | 229,5 | - |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1,95 | 1,95 | - |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,65 | 1,62 | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,33 | 0,324 | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 9,15 | 10,36 | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 13,28 | 14,77 | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 57032,6 | 54537,5 | - |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 14531,4 | 13901,7 | - |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 8218,9 | 7006,7 | - |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 79782,9 | 75445,9 | 155228,8 |

Таблица Н.5 - Результаты расчета экономических потерь на неохраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| п/п | Вход Параметр | Индекс | Размерность | А | С | ∑ |
| 1 | Интенсивность движения | Q | авт/ч | 108 | 78 | - |
| 2 | Коэффициент приведения, динамический | Kпч | - | 1,12 | 1,12 | - |
| 3 | Коэффициент приведения, экономический | Kпэ | - | 1,19 | 1,22 | - |
| 4 | Расчетные ИД | q | а/с | 0,03 | 0,022 | - |
| 5 | Удельная задержка | d | с/а. | 229,9 | 229,6 | - |
| 6 | Удельная остановка | e0 | ост./авт | 1,95 | 1,95 | - |
| 7 | Шум ускорения |  | м/с2 | 1,68 | 1,61 | - |
| 8 | Градиент скорости | Gv |  | 0,32 | 0,31 | - |
| 9 | Расход топлива | Fv | л/100км | 9,66 | 9,66 | - |
| 10 | Удельный перерасход топлива | еF | л/100км | 13,52 | 12,96 | - |
| 11 | Потери от задержек | Пd | у.е/год | 53184,2 | 39327,7 | - |
| 12 | Потери от остановок | П0 | у.е/год | 13533,2 | 10020,4 | - |
| 13 | Потери от перерасхода топлива | Пf | у.е/год | 7376,8 | 5105,7 | - |
| 14 | Общие потери | П | у.е/год | 74094,1 | 54453,8 | 128547,8 |

Приложение О

Расчёт экологических потерь на ЖДП при существующей ОДД

Расчет потерь от выбросов.

Расчет удельного (на 1 км) объема произведенных выбросов.

, кг/км, (О.1)

где  кг/км; ; ; ; ; ; .

 а/ч

- коэффициент возраста ТС:

, (О.2)

где ; ; ;

 и  - коэффициент приращения выбросов от возраста ТС с бензиновыми и дизельными двигателями:







 кг/км.

 кг/км.

Расчет удельного объема приведенных (к потребителю) выбросов:

 (О.3)

.

;  м; ;



 кг/км  кг/км

 кг/км  кг/км

- стоимость ущерба для здоровья людей от воздействия в течение часа на одного человека вредных выбросов такой концентрации, которая эквивалентна удельному приведенному выбросу , у.е./чел\*час:

, у.е./чел (О.4)

, у.е./чел\*час

, у.е./чел\*час

, меньше 0;

, у.е./чел\*час

Расчет годовых потерь:

, у.е./год, (О.5)

где  - нормативные (по отношению к нормативу: ;  и года) потери от выбросов:

, у.е./год, (О.6)

где - годовой фонд времени, час/год:  час/год;

 - протяженность участка, км:  км,  км;

 - социальный коэффициент экологических потерь: ;

- стоимость ущерба в народном хозяйстве (ВВП) от 1 кг приведенных (по СО) выбросов, у.е./кг. Принято:  у.е./кг - город,  у.е./кг - загород;

 - удельное число потребителей, чел/км:

водители: , чел/км, (О.7)

где ;  а/ч;

, чел/км; , чел/км;

Движение пешеходов на данном объекте исследования отсутствует

у.е./год

у.е./год

, у.е./год

Потери от транспортного шума

Уровень производимого шума

Расчёт производится для суммарного транспортного потока Q

, дБА, (О.8)

где  - сумма поправок при расчёте производимого шума

, дБА

где da - поправка на уклон, da = 0;- поправка на тип покрытия, dm =0 - асфальтобетон ;- поправка на отношение ширины улицы к сумме высот за стройки;

Вк/Н = 7/7 = 1 ; dH = 4 дБА ;- поправка на возраст ТС, dt = 0,12 ■ (t - 4) = 0,72 дБА;- поправка на дисперсию скорости,

div=40\*lg(1+Iv);

, ,дБА

,дБА

d0э=5,06, дБА

d0и=5,23, дБА

, дБА,

, дБА,

Уровень приведенного шума:

, дБА, (О.9)

Где di - сумма поправок при расчёте приведенного шума, дБА:

водители:

, дБА,

пешеходы:

, дБА,

, дБА, r2=6 м;

дБА;

d32=0, так как имеющийся ряд деревьев практически не защищает пешеходов;

 дБА

Дома в непосредственной близости от ЖДП отсутствуют

, дБА,

, дБА,

, дБА,

, дБА,

Коэффициент потерь национального дохода

 (О.10)

В итоге получаем:

Kl1э=0,22

Kl1и=0,083

Кl2э=0,44

Kl2и=0,22

Годовые потери от шума

у.е./год (О.11)

у.е./год

у.е./год

, у.е./год

Общие экологические потери на данном объекте исследования составляют:

, у.е./год

Результаты расчётов представлены в таблице О.1.

Таблица О.1 - Результаты расчета экологических потерь на охраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | | Индекс | Размерность | значение | |
|  |  | |  |  | иссл. | этал. |
| 1 | Интенсивность | транзитный | Q | а/ч | 568 | |
| 2 | Скорость движения | транзитный | V | км/ч | 12,7 | 60 |
| 3 | Протяженность | транзитный | S | м | 168,5 | 168,5 |
| 4 | Произведенные выбросы | | M0 | кг/км | 171,9 | 5,64 |
| 5 | Нормативные потери от выбросов | | Птн | у.е./год | 15029 | 149,8 |
| 6 | Потери от выбросов | | Пт | у.е./год | 14879,6 | |
| 7 | Нормативные потери от шума | | ПLH | у.е./год | 2333,2 | 548,9 |
| 8 | Потери от шума | | ПL | у.е./год | 1784,3 | |
| 9 | Общие потери | | П | у.е./год | 16663,8 | |

Таблица О.2 - Результаты расчета экологических потерь на охраняемом ЖДП вне НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | | Индекс | Размерность | значение | |
|  |  | |  |  | иссл. | этал. |
| 1 | Интенсивность | транзитный | Q | а/ч | 336 | |
| 2 | Скорость движения | транзитный | V | км/ч | 9,7 | 60 |
| 3 | Протяженность | транзитный | S | м | 178,5 | 178,5 |
| 4 | Произведенные выбросы | | M0 | кг/км | 112,8 | 3,43 |
| 5 | Нормативные потери от выбросов | | Птн | у.е./год | 8977,2 | 91 |
| 6 | Потери от выбросов | | Пт | у.е./год | 8886,2 | |
| 7 | Нормативные потери от шума | | ПLH | у.е./год | 1384,5 | 293,7 |
| 8 | Потери от шума | | ПL | у.е./год | 1090,8 | |
| 9 | Общие потери | | П | у.е./год | 9977,1 | |

Таблица О.3 - Результаты расчета экологических потерь на неохраняемом ЖДП вне НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | | Индекс | Размерность | значение | |
|  |  | |  |  | иссл. | этал. |
| 1 | Интенсивность | транзитный | Q | а/ч | 212 | |
| 2 | Скорость движения | транзитный | V | км/ч | 18,4 | 60 |
| 3 | Протяженность | транзитный | S | м | 168,5 | 168,5 |
| 4 | Произведенные выбросы | | M0 | кг/км | 63,2 | 2,16 |
| 5 | Нормативные потери от выбросов | | Птн | у.е./год | 5103,4 | 57,4 |
| 6 | Потери от выбросов | | Пт | у.е./год | 5046 | |
| 7 | Нормативные потери от шума | | ПLH | у.е./год | 1054,9 | 163,1 |
| 8 | Потери от шума | | ПL | у.е./год | 891,9 | |
| 9 | Общие потери | | П | у.е./год | 5937,9 | |

Таблица О.4 - Результаты расчета экологических потерь на неохраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | | Индекс | Размерность | значение | |
|  |  | |  |  | иссл. | этал. |
| 1 | Интенсивность | транзитный | Q | а/ч | 186 | |
| 2 | Скорость движения | транзитный | V | км/ч | 10,3 | 60 |
| 3 | Протяженность | транзитный | S | м | 165 | 165 |
| 4 | Произведенные выбросы | | M0 | кг/км | 66,5 | 1,89 |
| 5 | Нормативные потери от выбросов | | Птн | у.е./год | 5087,3 | 52,2 |
| 6 | Потери от выбросов | | Пт | у.е./год | 5042,5 | |
| 7 | Нормативные потери от шума | | ПLH | у.е./год | 649,3 | 137,8 |
| 8 | Потери от шума | | ПL | у.е./год | 511,5 | |
| 9 | Общие потери | | П | у.е./год | 5554 | |

Приложение П

Результаты расчёта экологических потерь на ЖДП при предлагаемой ОДД

Таблица П.1 - Результаты расчета экологических потерь на охраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | | Индекс | Размерность | значение | |
|  |  | |  |  | иссл. | этал. |
| 1 | Интенсивность | транзитный | Q | а/ч | 568 | |
| 2 | Скорость движения | транзитный | V | км/ч | 19 | 60 |
| 3 | Протяженность | транзитный | S | м | 168,5 | 168,5 |
| 4 | Произведенные выбросы | | M0 | кг/км | 147,9 | 5,64 |
| 5 | Нормативные потери от выбросов | | Птн | у.е./год | 13604,9 | 149,8 |
| 6 | Потери от выбросов | | Пт | у.е./год | 13455,1 | |
| 7 | Нормативные потери от шума | | ПLH | у.е./год | 3136,5 | 548,9 |
| 8 | Потери от шума | | ПL | у.е./год | 2587,5 | |
| 9 | Общие потери | | П | у.е./год | 16042,6 | |

Таблица П.2 - Результаты расчета экологических потерь на охраняемом ЖДП вне НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | | Индекс | Размерность | значение | |
|  |  | |  |  | иссл. | этал. |
| 1 | Интенсивность | транзитный | Q | а/ч | 336 | |
| 2 | Скорость движения | транзитный | V | км/ч | 19 | 60 |
| 3 | Протяженность | транзитный | S | м | 178,5 | 178,5 |
| 4 | Произведенные выбросы | | M0 | кг/км | 97,12 | 3,43 |
| 5 | Нормативные потери от выбросов | | Птн | у.е./год | 8102,9 | 91 |
| 6 | Потери от выбросов | | Пт | у.е./год | 8011,9 | |
| 7 | Нормативные потери от шума | | ПLH | у.е./год | 1983,9 | 293,7 |
| 8 | Потери от шума | | ПL | у.е./год | 1690,4 | |
| 9 | Общие потери | | П | у.е./год | 9702,3 | |

Таблица П.3 - Результаты расчета экологических потерь на неохраняемом ЖДП вне НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | | Индекс | Размерность | значение | |
|  |  | |  |  | иссл. | этал. |
| 1 | Интенсивность | транзитный | Q | а/ч | 212 | |
| 2 | Скорость движения | транзитный | V | км/ч | 19 | 60 |
| 3 | Протяженность | транзитный | S | м | 168,5 | 168,5 |
| 4 | Произведенные выбросы | | M0 | кг/км | 56,9 | 2,16 |
| 5 | Нормативные потери от выбросов | | Птн | у.е./год | 4743,5 | 51,1 |
| 6 | Потери от выбросов | | Пт | у.е./год | 4692,4 | |
| 7 | Нормативные потери от шума | | ПLH | у.е./год | 872,3 | 163,1 |
| 8 | Потери от шума | | ПL | у.е./год | 709,3 | |
| 9 | Общие потери | | П | у.е./год | 5401,7 | |

Таблица П.4 - Результаты расчета экологических потерь на неохраняемом ЖДП в НП

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № п/п | Параметр | | Индекс | Размерность | значение | |
|  |  | |  |  | иссл. | этал. |
| 1 | Интенсивность | транзитный | Q | а/ч | 186 | |
| 2 | Скорость движения | транзитный | V | км/ч | 19 | 60 |
| 3 | Протяженность | транзитный | S | м | 165 | 165 |
| 4 | Произведенные выбросы | | M0 | кг/км | 55,4 | 1,89 |
| 5 | Нормативные потери от выбросов | | Птн | у.е./год | 4469,8 | 52,2 |
| 6 | Потери от выбросов | | Пт | у.е./год | 4424,9 | |
| 7 | Нормативные потери от шума | | ПLH | у.е./год | 882,5 | 137,8 |
| 8 | Потери от шума | | ПL | у.е./год | 744,7 | |
| 9 | Общие потери | | П | у.е./год | 5169,6 | |

Приложение Р

Расчёт аварийных потерь при существующей и предлагаемой ОДД

Расчёт потерь на охраняемом ЖДП в населённом пункте:

На данном переезде произошло ДТП с ранением человека. Оценка стоимости потерь в зависимости от вида ДТП:

с гибелью людей - А1=0; (С1=105000$)

с ранениями различной тяжести - А2=2; (C2=1900$)

с материальным ущербом - А3=37; (C3=700$)

Суммарные аварийные потери за 12 лет определяются по формуле:

у.e/год. (Р.1)

Где ni- количество i-ых аварий

Сi- стоимость i-ой аварии

Суммарные аварийные потери за год:

у.e/год

Суммарные годовые аварийные потери на перекрестке - Па=158,3 у.е./год

Расчёт прогнозируемых аварийных потерь с учётом предложений:

Коэффициенты снижения аварийности, связанные с зоной совершения ДТП составляют =0,26, =0,46, =0,19, =0,85:

Прогнозируемое число аварий после внедрения мероприятий:

, А/период; (Р.2)

Где  - среднегодовое число аварий до внедрения мероприятий, А/год;

Если на каком либо участке внедрены 2 (или более) мероприятия, то результирующий коэффициент определяется по формуле:

; (Р.3)

где- коэффициенты снижения аварийности для данного мероприятия.

Расчёт коэффициента снижения аварийности для ЖДП:



Было совершено 1 ДТП с пострадавшими в результате столкновения ТС с ПСЖД.

=1\*(1-0,95)=0,05, А/год;

Аварийные потери за год составят:

 у.е./год

Суммарные годовые потери составят :

уе/год

Таким образом, суммарные годовые потери уменьшились по сравнению с существующими годовыми потерями на 150,4 уе/год или в 20 раз.

Приложение С

Диаграммы распределения потерь на объектах исследования

Рисунок С.1 - Распределение потерь на охраняемом ЖДП в НП при существующей и предлагаемой ОДД

Из диаграммы видно, что общие потери снизились на 40068,7 уе/год

Расчёт стоимости предлагаемых мероприятий и периода окупаемости:

Изготовление знака 3.1 - 363760 BYR, изготовление крепежа для знака - 20230 BYR, установка знака - 65210 BYR.

Изготовление знаков в количестве 5.16.1 4 штуки и 5.16.2 4 штуки: 404590 BYR\*8=3236720 BYR, изготовление устройств для установки в виде стоки, фундамента для стойки, кронштейна крепежа знака: 4\*525740 BYR+ 4\*176210 BYR + 8\*19120 BYR = 2960760 BYR, установка знаков - 8\*56320 BYR=450560 BYR, установка стоек: 4\*100780 BYR = 403120 BYR

Изготовление знака 5.8.1 - 404590 BYR, изготовление устройств для установки в виде стоки, фундамента для стойки, кронштейна крепежа знака: 525740 BYR+ 176210 BYR + 19120 BYR = 721070 BYR, установка знаков - 56320 BYR, установка стоек: 100780 BYR

Изготовление знака 7.1.1 - 261054 BYR, изготовление крепежа для знака - 20230 BYR, установка знака - 65210 BYR.

Нанесение разметки 1.1 2,45 м2 составляет: 2,45\*46980 BYR=115101 BYR;

Нанесение разметки 1.7 0,7 м2 составляет: 0,7\*70470 BYR=49329 BYR;

Нанесение разметки 1.12 1,4 м2 составляет: 1,4\*43570 BYR=60998 BYR;

Нанесение разметки 1.14.1 13,2 м2 составляет: 13,2\*37200 BYR=491040 BYR;

Расширение ПЧ на входе D требует вложений в виде 2921280 BYR;

Установка светофора Т7 требует капитальных вложений на сумму 1373900 BYR;

Стоимость и укладка ЖД настила для данного ЖДП составляет 200660000 BYR;

Общая сумма капитальных вложений составляет 213564734 BYR, что в эквиваленте равно 24435,3 ye.

Таким образом, срок окупаемости составляет 24435,3/40068,7=0,61 лет, что в свою очередь составляет 7 месяцев и 11 дней.

Рисунок С.2 - Распределение потерь на охраняемом ЖДП вне НП при существующей и предлагаемой ОДД

Из диаграммы видно, что общие потери снизились на 45883,4 уе/год

Расчёт стоимости предлагаемых мероприятий и периода окупаемости:

Нанесение разметки 1.1 1,7 м2 составляет: 1,7\*46980 BYR=79866 BYR;

Нанесение разметки 1.12 1,4 м2 составляет: 1,4\*43570 BYR=60998 BYR;

Установка светофора Т7 требует капитальных вложений на сумму 1373900 BYR;

Стоимость и укладка ЖД настила для данного ЖДП составляет 401320000 BYR;

Общая сумма капитальных вложений составляет 402834764 BYR, что в эквиваленте равно 46090,9 ye.

Таким образом, срок окупаемости составляет 46090,9/45883,4=1,0004 лет, что в свою очередь составляет 1 год и 1 день.

Рисунок С.3 - Распределение потерь на неохраняемом ЖДП вне НП при существующей и предлагаемой ОДД

Из диаграммы видно, что общие потери снизились на 2482,9 уе/год

Нанесение разметки 1.12 1,4 м2 составляет: 1,4\*43570 BYR=60998 BYR;

Установка светофора Т7 требует капитальных вложений на сумму 1373900 BYR;

Общая сумма капитальных вложений составляет 1434898 BYR, что в эквиваленте равно 165 ye.

Таким образом, срок окупаемости составляет 165/2482,9=0,066 лет, что в свою очередь составляет 24 дней.

Рисунок С.4 - Распределение потерь на неохраняемом ЖДП в НП при существующей и предлагаемой ОДД

Из диаграммы видно, что общие потери снизились на 9609 уе/год

Расчёт стоимости предлагаемых мероприятий и периода окупаемости:

Изготовление двух знаков 2.5 -2\*369170 BYR=738340 BYR, изготовление крепежа для знака - 20230 BYR, установка знака - 65210 BYR.

Демонтаж и монтаж знака 3.2: 125970 BYR

Нанесение разметки 1.1 8,7 м2 составляет: 8,7\*46980 BYR=408726 BYR;

Нанесение разметки 1.12 1,4 м2 составляет: 1,4\*43570 BYR=60998 BYR;

Установка светофора Т7 требует капитальных вложений на сумму 1373900 BYR;

Стоимость и укладка ЖД настила для данного ЖДП составляет 100330000 BYR;

Общая сумма капитальных вложений составляет 103123374 BYR, что в эквиваленте равно 11799 ye.

Таким образом, срок окупаемости составляет 11799/9609=1,23 лет, что в свою очередь составляет 1 год и 83 дня.

|  |  |
| --- | --- |
| [**КНИЖНЫЙ МАГАЗИН**](http://учебники.информ2000.рф/chitai.shtml) |  |

|  |  |
| --- | --- |
| [**ТОВАРЫ для ХУДОЖНИКОВ и ДИЗАЙНЕРОВ**](http://учебники.информ2000.рф/kar.shtml) |  |

|  |  |
| --- | --- |
| [**АУДИОЛЕКЦИИ**](http://учебники.информ2000.рф/lectr.shtml) |  |

|  |  |
| --- | --- |
| [**IT-специалисты: ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ**](http://учебники.информ2000.рф/otu.shtml) |  |

|  |  |
| --- | --- |
| [**ФИТНЕС на ДОМУ**](http://учебники.информ2000.рф/fit1.shtml) |  |