

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Институт «Политехнический»
Факультет «Автотранспортный»
Кафедра «Автомобильный транспорт»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
_____ Ю.В. Рождественский
« ____ » _____ 2020 г.

Мониторинг дорожного полотна с использованием мобильной сканирующей
системы в задачах повышения эффективности использования
дорожно-транспортной инфраструктуры

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
НИУ ЮУрГУ 23.04.01.2020.167.00.00 ПЗ ВКР

Руководитель работы
доцент
_____ В.Д. Шепелев
«15» июня 2020 г.

Автор работы
студент группы П–214
_____ А.В. Самарцева
«15» июня 2020 г.

Нормоконтролер
доцент
_____ П.Н. Баранов
« ____ » _____ 2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение
высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(национальный исследовательский университет)

Институт «Политехнический»
Кафедра «Автомобильный транспорт»
Направление подготовки «Технология транспортных процессов»

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой



_____ Ю.В.Рождественский

«__» _____ 2020 г.

ЗА Д А Н И Е
на выпускную квалификационную работу студента

Самарцевой Александры Валерьевной

Группа П – 214

1 Тема работы Мониторинг дорожного полотна с использованием мобильной сканирующей системы в задачах повышения эффективности использования дорожно-транспортной инфраструктуры утверждена приказом по университету от 24.04.2020 г. №627

2 Сроки сдачи законченной работы
15.06.2020

3 Исходные данные к работе
Статья: Исследование износа дорожного покрытия с применением лазерного сканирования

4 Содержание магистерской работы (перечень подлежащих разработке вопросов)

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

1.1 Методы измерения параметров безопасности дорожного движения

1.2 Деформации и повреждения дорожного покрытия

1.3 Анализ местных и иностранных исследований по дорожному полотну

1.4 Мониторинг дорожного полотна

Выводы по разделу один

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Описание хода исследования

2.2 Закономерности появления дорожных дефектов

2.3 Способы предотвращения дефектов дорожного полотна

2.3.1 Изменение конструктивных слоев дорожной одежды

2.3.2 Ежегодное смещение разметки в сторону

2.3.3 Координированное светофорное регулирование

Выводы по разделу два

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А – КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – ДТП ПО ВИДАМ ЗА 2020 ГОД

ПРИЛОЖЕНИЕ В – ОБЪЕМЫ РАСХОДОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ФОНДА

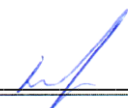
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – СМЕТА НА ЯМОЧНЫЙ РЕМОНТ

5 Перечень иллюстративного материала

Презентация в MS PowerPoint

6 Дата выдачи задания 15.02.2020


Руководитель работы



(подпись)

/ В.Д. Шепелев /

Студент



(подпись)

/ А.В. Самарцева /

АННОТАЦИЯ

Самарцева А.В. Мониторинг дорожного полотна с использованием мобильной сканирующей системы в задачах повышения эффективности использования дорожно-транспортной инфраструктуры. – Челябинск: ЮУрГУ, П; 2020, 71 с., 31 ил., 9 табл., 4 прил., библиогр. список – 41 наим.

В выпускной квалификационной работе проведено исследование дорожного полотна на улицах города Челябинска. Целью работы является выявление закономерностей появления различных дефектов дорожного полотна в зависимости от движения автомобилей. В данной работе описывается методология обнаружения колеи и выбоин с помощью 3D сканирования и облаков точек, что является современным и быстрым способом получения данных. Одной из задач исследования является выявление причин и особенностей образования колеи на проезжей части, влияющих на пропускную способность узлов. Установлено, что покрытие изнашивается в большей степени на участках перед стоп-линией при торможении и при нахождении в неподвижном состоянии при ожидании разрешающего сигнала светофора.

Количество автомобилей на дорогах ежегодно увеличивается. Большая роль в обеспечении безопасности движения принадлежит качеству дорожного покрытия. Проблема быстрого износа дорожного полотна широко распространена и требует решений.

Рассмотрены особенности расчета износа покрытия, которые позволяют рассчитывать срок службы асфальта, а также предложено лазерным оборудованием своевременно диагностировать износ покрытия. Результаты исследования можно использовать для формирования требований к укладке дорожного покрытия с учетом износа.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	8
1.1 Методы измерения параметров безопасности дорожного движения	17
1.2 Деформации и повреждения дорожного покрытия	21
1.3 Анализ местных и иностранных исследований по дорожному полотну	27
1.4 Мониторинг дорожного полотна	29
Выводы по разделу один	33
2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	34
2.1 Описание хода исследования	34
2.2 Закономерности появления дорожных дефектов	37
2.3 Способы предотвращения дефектов дорожного полотна	47
2.3.1 Изменение конструктивных слоев дорожной одежды	49
2.3.2 Ежегодное смещение разметки в сторону	54
2.3.3 Координированное светофорное регулирование	57
Выводы по разделу два	60
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	62
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	63
ПРИЛОЖЕНИЯ	68
ПРИЛОЖЕНИЕ А – КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ	68
ПРИЛОЖЕНИЕ Б – ДТП ПО ВИДАМ ЗА 2020 ГОД	69
ПРИЛОЖЕНИЕ В – ОБЪЕМЫ РАСХОДОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ФОНДА	70
ПРИЛОЖЕНИЕ Г – СМЕТА НА ЯМОЧНЫЙ РЕМОНТ	71

ВВЕДЕНИЕ

С каждым годом количество автомобилей на дорогах увеличивается. Это все больше влияет на состояние дорожной одежды. Большая роль в обеспечении безопасности дорожного движения принадлежит качеству дорожного покрытия. Поэтому необходимо вовремя следить за состоянием и устранять дефекты в проблемных зонах. Каждый год дорожное покрытие заменяется из-за появления на нем выбоин и колеи. Износ покрытия происходит очень быстро, что оказывает большое влияние на эксплуатационные характеристики дороги. Результатом быстрого износа является не только появление заторов на дорогах, но и увеличение аварийности.

Под воздействием транспортных нагрузок и агрессивных природных факторов на асфальтобетонном покрытии возникают различные виды деформаций и разрушений, которые снижают сроки службы покрытий и приводят к дорожно-транспортным происшествиям.

Наличие колеи, выбоин, ям и других неровностей на дорожном покрытии может привести к потере водителем контроля над траекторией движения и управляемостью автомобиля. Большие выбоины на дорожном покрытии увеличивают износ транспортных средств и могут вызвать их поломку. Для предотвращения всех этих проблем производится ремонт дорожного полотна.

В последние годы поток автотранспорта значительно увеличился. А экологическая ситуация значительно ухудшилась. Снижение скорости движения транспорта приводит к значительному увеличению вредных выбросов. Наличие различных дефектов на дорожном полотне приводит к необходимости снижения скорости.

Дорожные условия оказывают значительное влияние на режим и безопасность движения, как отдельных автомобилей, так и всего потока транспортных средств в целом. Большая роль в обеспечении безопасности движения принадлежит основным технико-эксплуатационным показателям автомобильных дорог. К

числу таких показателей в частности относится ровность и шероховатость дорожного покрытия.

В процессе эксплуатации дорожное покрытие подвергается воздействию автомобильного транспорта и погодно-климатических условий (дождь, снег, мороз, ветер и др.). Под их воздействием в дорожном сооружении накапливаются деформации в виде трещин, неровностей, впадин и различных дефектов и т.д. Степень деформации зависит от многократного применения нагрузки на транспортное средство и климатических характеристик. Поэтому дорожная служба вынуждена регулярно ремонтировать дорожное покрытие.

Ежегодно выделяются огромные суммы денег на капитальный и на ямочный ремонт дорог. Своевременное выявление повреждений позволит предотвратить дальнейшее образование выбоин, разломов и улучшит прочностные характеристики асфальтного полотна, что позволит реже проводить капитальный ремонт дорог.

1 АНАЛИТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В России существуют четыре основных типа дорог: федеральные, региональные, местные и частные. За федеральные трассы, на которые ложится самая большая нагрузка (50% всех перевозок), отвечает Федеральное дорожное агентство (Росавтодор) и его департаменты в регионах. Всего под надзором Росавтодора 48 100 км дорог, 5560 мостов и путепроводов и 27 автотоннелей [1].

Автомобильные дороги общего пользования в зависимости от условий проезда по ним и доступа на них транспортных средств подразделяются на автомагистрали, скоростные автомобильные дороги и обычные автомобильные дороги.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 сентября 2009 года №767 утверждены Правила классификации автомобильных дорог в Российской Федерации и их отнесения к категориям автомобильных дорог [2].

Автомобильные дороги по условиям движения и доступа к ним разделяются на следующие классы:

- а) автомагистраль;
- б) скоростная автомобильная дорога;
- в) обычная автомобильная дорога (нескоростная автомобильная дорога).

Для автомобильной дороги класса «автомагистраль» устанавливается 1А категория.

Для автомобильной дороги класса «скоростная автомобильная дорога» устанавливается 1Б категория.

Для автомобильной дороги класса «обычная автомобильная дорога (нескоростная автомобильная дорога)» могут устанавливаться 1В, II, III, IV и V категории.

Отнесение эксплуатируемых автомобильных дорог к категориям автомобильных дорог осуществляется в соответствии с основными показателями транспортно-эксплуатационных характеристик и потребительских свойств автомобильных дорог, приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Классы дорог по транспортно-эксплуатационным характеристикам

Параметры элементов автодороги	Класс автомобильной дороги						
	автомагистраль	скоростная автодорога	обычная автодорога (нескоростная автодорога)				
	Категории						
	IA	IB	IV	II	III	IV	V
Общее число полос движения, штук	4 и более	4 и более	4 и более	4 или 2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,5 – 3,75	3,5 – 3,75	3,25 – 3,5	3,0 – 3,25	3,5 – 4,5
Ширина обочины (не менее), м	3,75	3,75	3,25 – 3,75	2,5 – 3,0	2,0 – 2,5	1,5 – 2,0	1,0 – 1,75
Ширина разделительной полосы, м	6	5	5	-	-	-	-
Пересечение с автодорогами	в разных уровнях	в разных уровнях	Допускается в одном уровне с автодорогами со светофорами не чаще чем через 5 км	в одном уровне	в одном уровне	в одном уровне	в одном уровне
Пересечение с железными дорогами	в разных уровнях	в разных уровнях	в разных уровнях	в разных уровнях	в разных уровнях	в одном уровне	в одном уровне
Доступ к дороге с примыкающей дороги в одном уровне	не допускается	допускается не чаще чем через 5 км	допускается не чаще чем через 5 км	допускается	допускается	допускается	допускается
Максимальный уровень загрузки дороги движением	0,6	0,65	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7

Автомобильные дороги в зависимости от расчетной интенсивности движения по СНиП 2.05.02 – 85 по состоянию на 1 июля 2013 года подразделяются на следующие категории (табл. 2).

Таблица 2 – Категории дорог в зависимости от расчетной интенсивности

Категория автомобильной дороги	Расчетная интенсивность движения, приведенных ед./сут.	
IA (автомагистраль)	Св. 14000	
IB (скоростная дорога)	Св. 14000	
Обычные дороги (нескоростные дороги)	I	Св. 14000
	II	Св. 6000
	III	Св. 2000 до 6000
	IV	Св. 200 до 2000
	V	До 200

Срок службы дорожного покрытия – это период времени, в пределах которого снижаются сцепные качества покрытий (капитальные и облегченные дорожные одежды) или увеличивается износ поверхности покрытий (переходные и низшие дорожные одежды) до величин предельно допускаемых по условиям движения (табл.3) [3].

На практике следует различать сроки службы – расчетные, нормативные межремонтные, а также фактические сроки службы, определяемые по результатам статистической обработки данных наблюдений за поведением автомобильных дорог в период их эксплуатации.

В процессе эксплуатации дорожная одежда (особенно ее покрытие) подвергается воздействию автомобильного транспорта и погодно-климатических условий (дожди, снегопады, морозы, ветры и др.). Под их воздействием в дорожной конструкции накапливаются деформации в виде трещин, неровности, ямочности и различных дефектов и т.д. Степень деформирования зависит от многократного приложения автомобильной нагрузки и характеристик климата. Поэтому дорожная служба вынуждена регулярно ремонтировать дорожное покрытие.

Существует несколько технологий ремонта покрытий, в том числе устройство ремонта поверхностной обработки с синхронным распределением материалов, а также технология ремонта покрытия литым асфальтобетоном, что значительно повышает прочность и срок службы дорожного покрытия. Еще более важно тщательно следить за состоянием поверхности покрытия и вовремя устранять

причины деформаций и дефектов. Это возможно только при профилактическом ремонте предполагаемых причин этих деформаций. Гораздо выгоднее предотвратить возникновение различных дефектов, чем ремонтировать покрытие

Таблица 3 – Нормы межремонтных (расчетных) сроков службы (T_0) и нормы уровней надежности (K_n) нежестких дорожных одежд

Категории дороги	Интенсивность движение транспортного потока, авт./сут.	Тип дорожной одежды	Дорожно-климатическая зона					
			I-II		III		IV - V	
			K_n	T_0 , годы	K_n	T_0 , годы	K_n	T_0 , годы
I	> 7000	капитальный	0,95-0,90	14-18	0,93-0,88	15-19	0,90-0,86	16-20
I	3000-7000	капитальный	0,94-0,89	11-15	0,92-0,87	12-16	0,89-0,85	13-16
III	1000-3000	капитальный	0,92-0,87	11-15	0,90-0,85	12-16	0,87-0,83	13-16
		облегченный	0,88-0,84	10-13	0,86-0,82	11-14	0,84-0,80	12-15
IV	500-1000	капитальный	0,85-0,82	11-15	0,83-0,80	12-16	0,80-0,78	13-16
		облегченный	0,87-0,83	8-10	0,85-0,81	9-11	0,82-0,80	10-12
	100-500	переходный	0,82	3-8	0,80	3-9	0,77	3-9
V	До 100	облегченный	0,83-0,80	8-10	0,80-0,78	9-11	0,78-0,75	10-12
		переходный	0,65	3-8	0,60	3-9	0,58	3-9
		низший	0,65	2-4	0,60	2-4	0,58	2-4

Протяженность автомобильных дорог общего пользования в России составляет около 1,529 млн км. Ежегодно, выделяются огромные суммы денег на ремонт дорог. На рисунке 1 представлена таблица расходов федерального дорожного фонда.

РАСХОДЫ ФЕДЕРАЛЬНОГО ДОРОЖНОГО ФОНДА, млрд рублей

Основные направления финансирования	2017 год	2018 год	2019 год	2020 год
1. Всего расходы на дорожное хозяйство	675,7	684,5	680,4	692,9
Федеральное дорожное агентство	544,3	537,9	501,9	498,7
Государственная компания «Автодор»	105,6	110,9	118,9	123,3
ФЦП «Социально-экономическое развитие Республики Крым и г. Севастополя до 2020 года»	25,2	35,2	59,1	70,4
Резерв на восстановление дорог, пострадавших в результате чрезвычайных ситуаций	0,5	0,5	0,5	0,5
2. Федеральные автомобильные дороги	550,1	579,3	579,4	581,6
Развитие федеральной сети автомобильных дорог, в том числе:	261,1	247,6	220,6	206,4
строительство транспортного перехода через Керченский пролив	61,5	43,6	14,1	0,0
Содержание, ремонт и капитальный ремонт федеральных дорог	269,2	309,9	336,9	352,6
Управление дорожным хозяйством	6,9	8,7	8,5	8,6
Концессионная плата по системе «Платон»	12,9	13,2	13,4	13,9
3. Межбюджетные трансферты региональным дорожным фондам	125,6²	105,2	101,1	111,3
Субсидии на строительство (реконструкцию) региональных дорог в рамках ФЦП	55,0	52,8	76,4	88,5
Трансферты субъектам Российской Федерации на финансовое обеспечение дорожной деятельности	68,9	52,4	24,7	22,8

Рисунок 1 – Расходы федерального дорожного фонда, млрд. руб

Так, например, в городе Челябинск в 2020 году было разыграно 3 тендера по 200 миллионов на ремонт дорог. Самый большой по объёму контракт — на 10 улиц и 202 миллиона рублей – достался торгово-промышленной компании «ЯКК» из Челябинска.

Таблица 4 – Площади заменяемого асфальта на 10 улиц

	Название участка	Площадь асфальта, м ²
1.	ул. Шаумяна от Салтыкова до Овчинникова	6105,5
2.	ул. Сулимова от Курчатова до Омской	5659,4
3.	ул. Образцова от Воровского до Татьянической	5392,1
4.	ул. Городская от пр. Победы до границы города	13090,3
5.	ул. Овчинникова от Разина до Елькина	25088

Продолжение таблицы 4

6.	ул. Энтузиастов от Образцова до Коммуны	29905,7
7.	ул. Университетская Набережная от Рабоче-Колхозной до Академика Сахарова	28521,3
8.	ул. Университетская Набережная от Молодогвардейцев до моста на Северо-Крымской	40594,5
9.	ул. Молдавская от ул. Захаренко до просп. Победы	21604,3
10.	ул. Тракторная от Кузнецова до Блюхера	8401,8
	Итого:	184362,9

В таблице 4 представлены данные по площади проезжей части улиц по одному из тендеров в 2020 году. Сумма тендера 202 миллиона рублей. Стоимость замены дорожного полотна на 1 м² равна 1095 рублей.

Для объективности расчетов дорожники во всем мире используют два вида расчетов для определения стоимости: цена одного километра дороги в однополосном расчете (lane miles), которая также включает стоимость транспортных развязок и путепроводов, или, если речь идет о крупномасштабном строительстве дорог в районах с однородным рельефом и плотностью застройки, берут 1 км четырехполосной дороги с разделительной полосой для оценки. На рисунке 2 представлены данные по стоимости км дороги в разных странах [4].

СТРАНА	СТОИМОСТЬ 1 КМ ПОЛОСЫ ДВИЖЕНИЯ, МЛН РУБ., БЕЗ НДС		
	СРЕДНЯЯ	МИНИМАЛЬНАЯ	МАКСИМАЛЬНАЯ
Германия	122,6	79,4	162,4
Франция	101,1	73,6	174,7
Канада	82,3	65,0	185,4
США	72,0	19,8	166,5
Испания	49,3	29,2	76,6
Россия	41,0	30,5	72,9
Финляндия	40,6	22,0	66,0
Китай	35,0	23,0	92,0
Среднее значение	68,0	42,8	124,6

Рисунок 2 – Стоимость 1 км дороги в разных странах

Дизайн каждой дороги уникален, поэтому при сравнении различных магистралей по цене необходимо учитывать множество факторов, влияющих на стоимость строительства. Разница может быть очень существенной, даже если трассы расположены в одном городе, не говоря уже о разных регионах и еще большем количестве стран.

Основные факторы, которые необходимо учитывать: природно-климатические условия, рельеф местности и геотехнические условия, урбанизация территории, типовые дорожные сооружения (дорожные фундаменты), проектная нагрузка, применяемые дорожные материалы, технологии, строительная техника, проектная скорость, состав движения, параметры поперечного сечения дорог (ширина проезжей части, обочины, разделительной полосы), продольный профиль и объем выполняемых в соответствии с ним земляных работ. В России на стоимость дорожного строительства дополнительно влияет необходимость преодоления неблагоприятных природных условий (подвижные грунты Северо-Запада, вечная мерзлота в Сибири, лавинная опасность в горах Кавказа) и климата (низкие температуры и их перепады, осадки в виде снега и дождя) [5].

В России регионы Крайнего Севера и приравненные к ним районы составляют 70% территории, от Карелии до Приморья, где условиями строительства являются низкие температуры зимой, короткий строительный сезон, большая глубина промерзания грунта и значительное количество осадков – они приводят к необходимости использования сложных и капиталоемких инженерных решений в строительстве, таких как возведение высоких насыпей, мощных дополнительных морозозащитных слоев у основания дорожного покрытия, требуют повышенного энергопотребления, снижают эффективность работы дорожной техники и механизмов, что значительно повышает стоимость дорог.

Именно из-за холодного климата и необходимости строить в России более плотную дорожную одежду в сложных условиях это стоит дорого. Большая толщина нижнего и дополнительного слоев основания в российских проектах обеспечивает морозостойкость дороги. И если в США высота основания составляет

62,5 см, то в Китае-90 см, в России-120-150 см. На рисунке 3 представлена конструкция дорожной одежды на автодороге 1-й категории.



Рисунок 3 – Конструкция дорожной одежды

Еще одной важной составляющей дорожной стоимости являются дорожно-строительные материалы и затраты на их транспортировку, так как отсутствие карьеров с песком и гравием в некоторых регионах увеличивает стоимость материалов за счет большой стоимости доставки. По данным Института транспорта, высококачественный щебень для дорожной одежды добывают в Ленинградской области, Карелии, на Урале и в Воронежской области. «Минимальное расстояние до Московской области составляет 550 км, "в результате примерно 75% стоимости строительства в российских условиях составляют транспортные расходы», говорится в исследовании Института [6]. Большое транспортное плечо при транспортировке материалов увеличивает стоимость конечного участка дороги. Это связано с неравномерным распределением карьеров по добыче и производству строительных материалов по всей стране: в некоторых регионах их либо вообще нет, либо запасы имеют низкое качество.

Чтобы преодолеть сложившееся положение дел, необходимо переходить на современные материалы и системы расчетов стоимости, а для этого необходимо развивать нормативную базу, созданную еще в СССР, вносить изменения в отраслевые ГОСТы и стандарты [5].

За последние три года возросло применение модифицированных битумных материалов в дорожном строительстве, которые обладают повышенными прочностными и влагостойкими характеристиками по сравнению с обычным сырьем. Кроме того, дорожники активно внедряют геосинтетические материалы, препятствующие проседанию насыпи, перемешиванию дорожных слоев, образованию Колей и трещин – это увеличивает срок службы покрытия в 1,5 раза.

Увеличение сроков службы дорожного покрытия приводит к увеличению межремонтных сроков до 12 лет, а это влечет снижение всех последующих издержек бюджета государства.

В последние годы поток автотранспорта значительно возрос. Значительно ухудшилась экологическая ситуация. Снижение скорости движения приводит к существенному, до 30%, увеличению вредных выбросов (рис.4) [7].

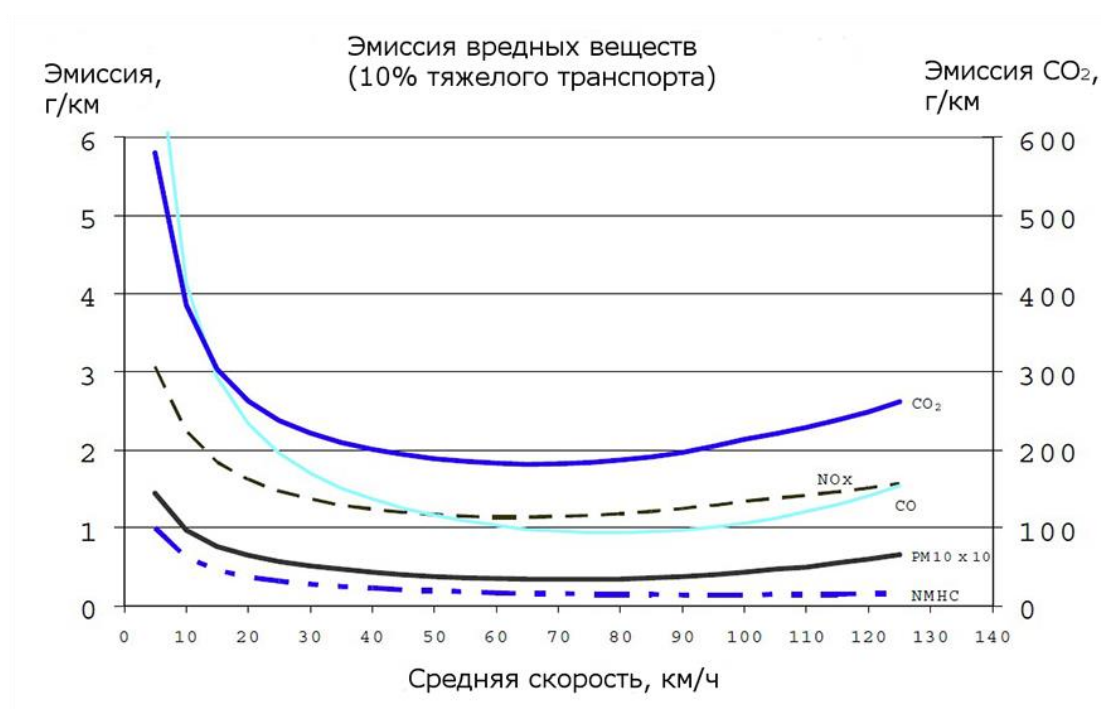


Рисунок 4 – График изменения выбросов в зависимости от скорости

Автомобильный транспорт и его инфраструктура являются основным источником загрязнения воздуха, воды и почвы, что наносит значительный ущерб населению и окружающей среде. Таким образом, назрела острая необходимость разработки мер по увеличению пропускной способности автомобильных дорог. Для успешного решения этой задачи необходимо иметь объективные данные о текущей транспортной нагрузке на дорожную сеть и прогнозировать изменения параметров безопасности дорожного движения в будущем.

1.1 Методы измерения параметров безопасности дорожного движения

Количество ДТП из-за неудовлетворительного состояния дорог в России в 2019 году сократилось на 5%, указано в докладе исследовательского центра при МВД. Как рассказали в Росавтодоре, на снижение показателя аварийности повлиял в том числе масштабный ремонт федеральных трасс. Однако из-за плохих дорог всё еще происходит более трети аварий в стране. Чтобы избежать их, водителям нужно корректировать скорость в соответствии с качеством покрытия.

Основной причиной ДТП является нарушение правил дорожного движения водителями ДТП. По вине водителей в 2019 году было зафиксировано 131 821 ДТП, в которых погибло 12 933 человека, ранено 175 316 человек. Данный показатель составляет 89,23% от общего количества ДТП. Причем данный показатель с небольшими отклонениями остается на одном уровне из года в год. Диаграмма по аварийности за 2019 представлена на диаграмме (рис.5).

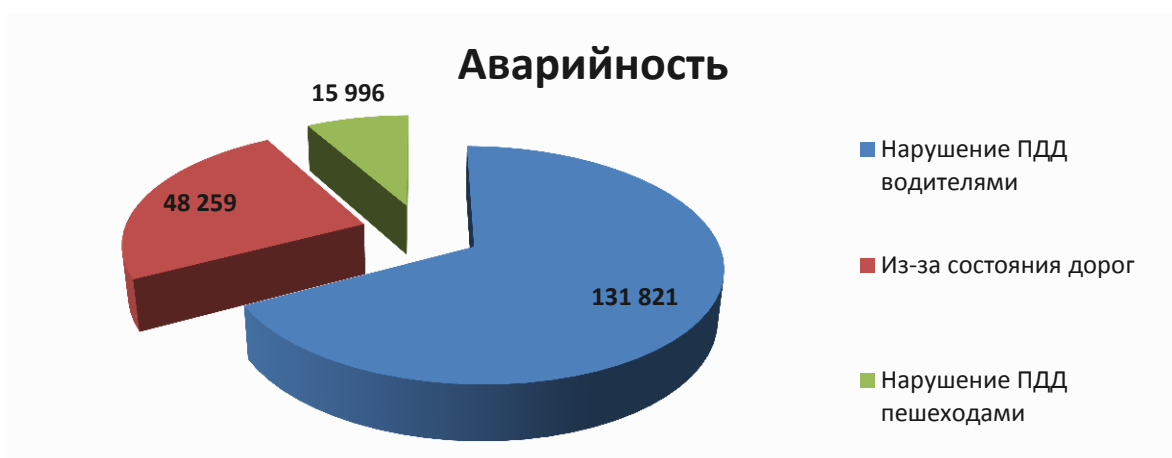


Рисунок 5 – Аварийность за 2019 год

Второй сопутствующей причиной ДТП, исходя из статистических данных, является нарушение требований к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог и железнодорожных переездов. Так, неудовлетворительные дорожные условия были зафиксированы в ДТП общим количеством 48 259. Погибло в таких ДТП 4317 человек, ранено 61 637 человек. Данный показатель составляет около трети всех ДТП по стране. По Челябинской области за период январь – апрель 2020 года было совершено 509 ДТП, на месте которых зафиксированы нарушения обязательных требований к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог и железнодорожных переездов по условиям обеспечения БДД (Приложение Б).

На рисунке 6 представлена диаграмма, отражающая количество дорожно-транспортных происшествий, связанных с неудовлетворительным состоянием автомобильных дорог за период январь – апрель в 2020 году [8].

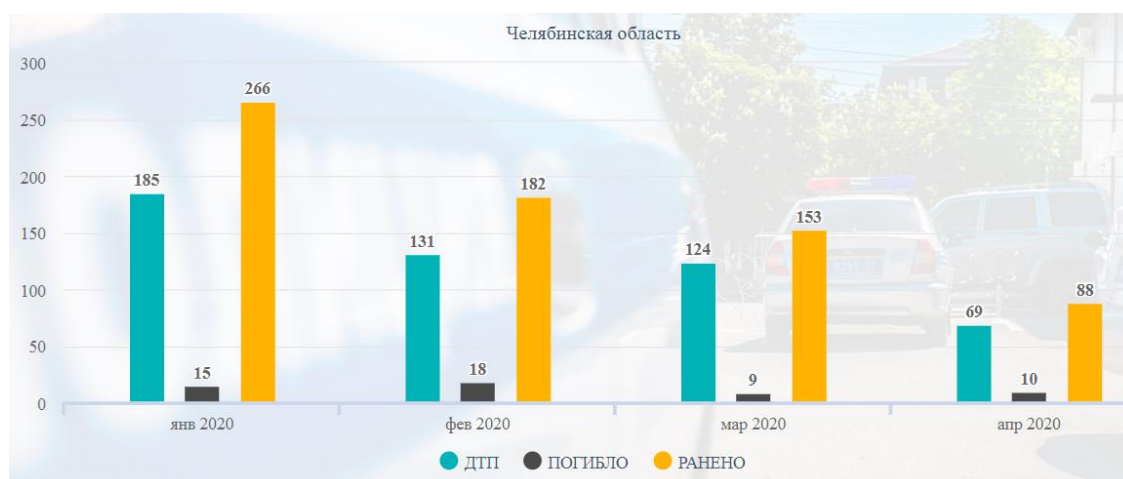


Рисунок 6 – Диаграмма ДТП из-за неудовлетворительного состояния дорог за 2020 год

На третьем месте среди причин ДТП находится нарушение правил дорожного движения пешеходами. Таких ДТП было зафиксировано 15 996, в них погиб 2851 человек, ранено 13 760 человек. От общего количества ДТП доля ДТП, в которых виновником является пешеход, составляет 10,56%, т.е. каждое десятое ДТП происходит по вине пешехода. Это весьма значительная цифра аварий [8].

Существует несколько способов измерения параметров безопасности дорожного движения. Условно их можно подразделить на два вида:

1. Традиционные методы.

2. Методы дистанционного зондирования.

К традиционным методам, например, относятся регистрация проходящего автотранспорта людьми операторами на каждом перекрестке.

До сих пор почти все исследования проводились путем размещения операторов на перекрестках. В то же время, человек должен зарегистрировать параметры безопасности дорожного движения и внести свои наблюдения в полевой журнал. Чтобы полностью охватить город, около трех тысяч операторов должны работать одновременно. Затем информация заносится в единую базу данных и обрабатывается.

На точность влияет так называемый «человеческий фактор» – квалификация оператора, усталость, небрежность и т. Д., Что приводит к ошибкам и некоторому искажению реальной ситуации. Второе снижение точности происходит на этапе ввода информации в базу данных, также из-за «человеческого фактора».

Весь цикл регистрации и заполнения базы данных должен проводиться регулярно несколько раз в год для изучения зависимости свойств параметров безопасности дорожного движения от разных временных циклов. Таким образом, необходимо поддерживать большой штат операторов в течение всего года [9].

Второй способ измерения параметров безопасности движения – регистрация с использованием различных датчиков, установленных на каждом перекрестке.

Этот метод по сути такой же, как и предыдущий, но здесь людей заменяют различные устройства, которые регистрируют количество проходящих транспортных средств. Примером такого устройства является датчик интенсивности дорожного движения "Аркен" – один из ключевых составляющих интеллектуальной транспортной системы и мониторинга дорожного движения, поскольку он дает возможность специализированным дорожным службам получать информацию о транспортном потоке и загруженности трассы, а следовательно, и об износе дорожного полотна. Его возможности представлены на рисунке 7 [10].

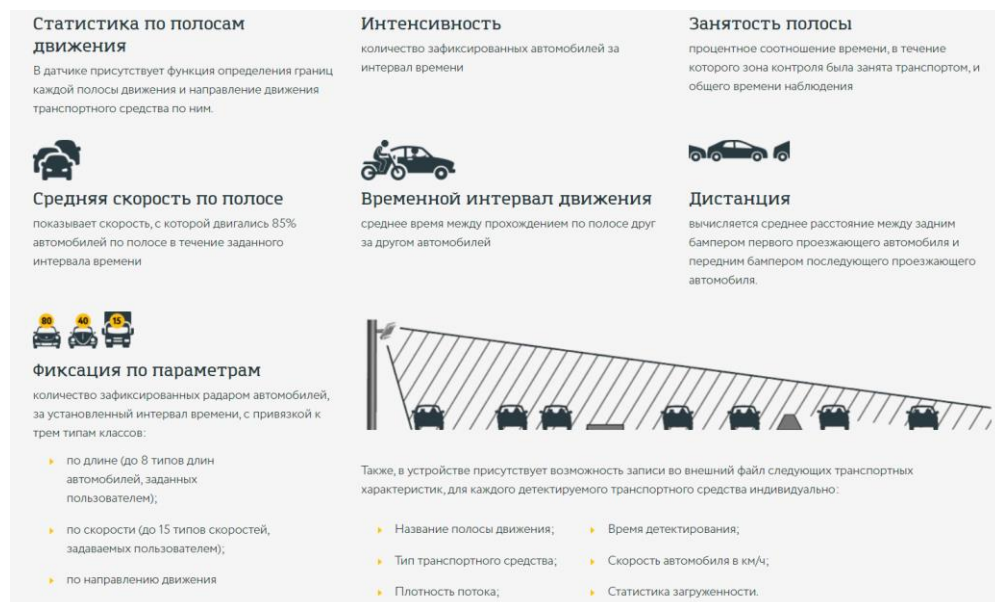


Рисунок 7 – Возможности датчиков контроля безопасности

Эффективность получаемой информации, а также точность измерений повышаются за счет автоматической регистрации, автоматической передачи данных в центр обработки и минимизации влияния «человеческого фактора».

Единовременные затраты на установку датчиков, развитие инфраструктуры связи с процессинговым центром достаточно высоки. Но работа системы обходится дешевле, чем в предыдущем методе.

Опрос работников автотранспортных предприятий также относится к методам оценки безопасности. Этот метод позволяет достаточно быстро на качественном уровне оценить наиболее напряженные участки дорожной сети.

Методы дистанционного зондирования основаны на исследовании объектов на расстоянии, т.е. без непосредственного контакта чувствительных элементов (датчиков) регистрирующего оборудования с исследуемыми объектами.

Например, космические снимки. Этот метод позволяет установить цикл работы в едином центре обработки информации по получению первичных данных о параметрах безопасности дорожного движения путем расшифровки и подсчета объектов на спутниковых изображениях, снятых в разное время. Кроме того, можно оценить интегрированные геометрические характеристики дорожной сети. Полученные данные имеют высокую степень формализации, поэтому их легко интегрировать с электронной картой и базой данных.

Из приведенных выше характеристик видно, что из традиционных методов лишь установка регистрирующих датчиков обладает удовлетворительной оперативностью и точностью. Но нет возможности повторного изучения ситуации по другой методике. Экономически невыгодно устанавливать приборы на каждом перекрестке, для получения исходной информации о состоянии параметров безопасности дорожного движения во всем городе. Наиболее целесообразно помещать регистрирующие приборы для оперативного контроля ситуации в наиболее напряженных участках дорожной сети [9].

Аэрофотосъемка также может быть использована на дальнейших этапах работ для исследования детальных характеристик местности и дорожного полотна.

1.2 Деформации и повреждения дорожного покрытия

Одним из основных факторов безопасности дорожного движения является целостность и ровность дорожного покрытия. Однако в процессе эксплуатации появляются повреждения и деформации покрытия, которые препятствуют безопасному движению транспорта. К таким деформациям относятся трещины, выбоины, колейность и т.д.

Образование колейности – один из самых распространенных видов деформации на дорожном покрытии, который можно обнаружить без специальных измерительных систем. Колея – это вид деформирования поперечного профиля проезжей части с образованием углублений по полосам наката с гребнями или без гребней выпора, возникающий из-за появления остаточных деформаций в рабочем слое земляного полотна, несвязных слоях основания и самом покрытии. Под воздействием движения остаточные деформации суммируются, что сопровождается ростом глубины колеи и высоты выпора покрытия по краям колеи.

Различают три вида колееобразования:

1. Пластическое или глубинное.
2. Абразивное или колея наката.

3. По всей ширине дорожной одежды или поверхностное.

Глубинная колея возникает из-за накопления незначительных деформаций, в основном в верхнем слое покрытия.

Под воздействием движения в неблагоприятных климатических и грунтово-гидрологических условиях ухудшаются основные эксплуатационные показатели дороги - ровность и сцепные свойства покрытия проезжей части, прочность дорожной конструкции. Это проявляется в виде различных выбоин, просадок, проломов, трещин, волн, сдвигов, колеяности на поверхности покрытия.

Причиной образования поверхностной колеи является истирающее воздействие шин автомобилей, и в первую очередь шипованных шин.

Поверхностная колея возникает вследствие недостаточной прочности дорожной одежды, в том числе несущего слоя.

Основной причиной колееобразования является износ верхнего слоя покрытия в результате совместного воздействия износа и преждевременного ненормированного разрушения слоя асфальтобетона под влиянием внешних факторов, к которым относятся наряду с воздействием колес осадки, перепады температур и воздействие солнца. Эта колея разрушения и износа образуется в верхних слоях дорожной одежды (рис. 8).



Рисунок 8 – Фотография колеи на покрытии дорожной одежды

Помимо продольных деформаций на дорожном полотне так же могут возникать поперечные деформации, в результате чего поверхность дорожного полотна становится волнистой (рис.9).



Рисунок 9 – Поперечные деформации покрытия дорожной одежды

В основном, когда дело доходит до небольших частых деформаций (с шагом 0,2-2 м), этот эффект проявляется на покрытиях, содержащих большое количество органического связующего (битума). Этот тип деформации возникает из-за чрезмерной пластичности покрытия, недостаточной термостойкости смеси при высоких температурах или недостаточного содержания гравия [10].

В случае, если грунты основания недостаточно уплотнены или имеют эффект морозного пучения, возникают локальные просадки и осадки.

Помимо нарушения геометрических параметров и формы дорожного покрытия так же возникают нарушения сплошности. К таким видам можно отнести: поперечные и продольные трещины, выкрашивания, выбоины и ямы, проломы.

В большинстве случаев начальная стадия возникновения выбоин и ямочности совпадает с периодом неблагоприятных погодных условий, особенно с весенним периодом частого перехода от положительной к отрицательной темпера-

туре воздуха, избыточного увлажнения грунта земляного полотна и слоев дорожной одежды.

Вода, попадая в трещины, усиливает коррозионные физико-химические процессы в материалах дорожной одежды, а при замерзании оказывает растягивающее действие на стенки трещин и отдельные частицы материалов (рис.10).



Рисунок 10 – Пример перехода трещин или раковин в выбоины

В сочетании с динамическим воздействием от транспортных нагрузок материал покрытия в зоне образования трещины начинает разрушаться и выбиваться, а трещина быстро перерастает в выбоину. Поэтому незаделанная трещина всегда является потенциальным источником выбоин.

Сразу после того, как автомобильное колесо проходит через выступы в виде трещины или выбоины, на определенном расстоянии за выбоиной происходит динамический удар по покрытию. Повторное повторение такого удара приводит к ослаблению структуры материала, появлению и развитию еще более крупных трещин или выбоин, которые затем сливаются в одну большую выбоину [11]. Тротуары являются еще одним источником образования выбоин, где происходит отслаивание и скалывание каменного материала. Классификация повреждений а/б покрытий по типам и видам указана в таблице 5 [12].

Таблица 5 – Классификация повреждений асфальтобетонных покрытий по типам

Тип повреждения	Виды повреждений	Вероятные причины
Нарушение сплошности покрытия	Трещины поперечные	Дефекты организации работ, технологии укладки и укатки смеси. Недостаточная деформативная способность покрытия и малая сопротивляемость его напряжениям, возникающим от изменения температуры и многократного воздействия нагрузки. Неоднородность свойств покрытий и основания, а также ряд случайных факторов
	Трещины продольные	
	Трещины косые	
	Трещины вдоль кромок	
	Вторичные трещины	Недостаточная прочность дорожной конструкции
	Сетка трещин («Крокодиловая кожа»)	
Нарушение геометрических параметров (формы) покрытия	Выбоины, ямы, проломы, выкрашивания	Недостаточно прочное сцепление вяжущего с каменным материалом
	Колейность	Износ верхнего слоя покрытия
	Пластические деформации (сдвиги, наплывы, гребенка)	Избыток битума (при малых частых волнах), недоуплотненность грунтов оснований
	Волны	
	Локальные нарушения ровности (пучины, просадки)	Недоуплотненность грунтов основания
Неровности, связанные с проведением ремонтных работ, устройством люков, пересечением рельсовых путей		
Нарушение состояния поверхности покрытия (шероховатость, истирание, шелушение)	Износ поверхности покрытия	Недостаточная износостойкость покрытия (слабая связность)

На сегодняшний день существует ряд мер для выявления и прогноза дальнейшего развития данных деформаций. Их можно разделить на две группы: визуальное и инструментальное.

Визуальное обследование – с определением интенсивности и состава движения, состояния дорожной одежды, обочин и водоотводных сооружений, и земляного полотна.

Инструментальное обследование – определяют транспортно-эксплуатационные параметры дороги (продольные и поперечные уклоны, ширина,

ровность, сцепные качества проезжей части, модуль упругости дорожной конструкции и т.д), производят испытания сцепления покрытия с колесом автомобиля, производится отбор проб из конструктивных слоев дорожных одежд.



Рисунок 11 – Проведение испытаний и отбор образцов (проб) с участка дорожной одежды

Ровность определяют трехметровой рейкой, при этом просвет под рейкой не должен превышать:

- на асфальтобетонных и цементобетонных покрытиях 5мм;
- усовершенствованных покрытиях облегченного типа 7мм;
- переходных 15мм.

Контроль ровности осуществляется также передвижной многоопорной рейкой и специальным прибором – преобразователем дорожного профиля, оборудованным системой записи профиля дороги и микропрофиль. Требуемые показатели ровности асфальтобетонных покрытий при скорости движения автомобилей 50 км/ч приведены далее в таблице 6.

Таблица 6 – Показатели ровности покрытия

Оценка покрытия по ровности	Ровность асфальтобетонного покрытия, см/км	
	Улицы 1-3 категории	Дороги и улицы 4-5 категории
Отлично	До 45	До 45
Хорошо	45-80	45-110
Удовлетворительно	80-110	110-120
Требуется ремонт	Более 110	Более 120

Для определения коэффициента сцепления используют портативные приборы, а также передвижные установки. При отсутствии этих приборов коэффициент сцепления определяют по длине тормозного пути или замедлению (отрицательному ускорению) автомобиля (табл.7) [13].

Таблица 7 – Характеристика покрытия по коэффициенту сцепления

Коэффициент сцепления,φ	Тормозной путь, м	Замедление автомобиля, м/с	Характеристика покрытия
Менее 0,3	Более 19	Менее 3,7	Очень скользкое
0,3 - 0,4	19 - 14,5	3.7 - 4,9	Скользкое
0,4	Менее 14,5	Более 4,9	Отвечает требованиям по шероховатости

При необходимости проводится выборочный лабораторный контроль дорожного покрытия, целью которого является проверка качества материалов, асфальтобетонных смесей и их соответствия действующим нормам.

Исходя из совокупности визуальных наблюдений, инструментального контроля, технико-экономических показателей эксплуатации, а также назначения и категории улицы или дороги, определяют характер ремонтных работ.

1.3 Анализ местных и иностранных исследований по дорожному полотну

Перед проведением собственного исследования были изучены статьи ученых по близким темам. Краткие выводы по ним представлены ниже.

Безопасность дорожного движения снижается из-за появляющихся неровностей на проезжей части. Были рассмотрены исследования ученых. Работа автора [14] посвящена экспериментальному исследованию и оценке сцепления протектора шины при различных условиях, влияющих на него при скользящем контакте.

В статье показана важность такого показателя как сцепление шин в безопасности дорожного движения. Этот момент влияет как на тормозной путь транспортного средства, так и на его устойчивость, расход топлива, скорость износа, генерацию шума и также на управление динамикой (например, ABS, TCS, АУС и другие).

В настоящее время существует огромное количество средств мониторинга дорожного покрытия. Ученые [15] и [16] считают автоматическое обнаружение трещин на дорожном покрытии важной задачей в обслуживании транспорта для обеспечения безопасности движения.

Проблему прогнозирования эксплуатационного состояния автомобильных дорог рассматривает [17]. Для решения предлагается использование инструментария нечетких нейронных сетей, учитывающих специфику формализации исходных данных. Приведено описание автоматизированной системы, реализующей модель прогнозирования в соответствии с аппаратом нечетких нейронных сетей. Ученый [18] предлагает многоступенчатую модель глубокого обучения, которая сегментирует дорогу, подразделяет дорогу дальше на дефекты, помечает рамку для каждого дефекта и, наконец, локализует дефекты на карте, собранной с помощью GPS [19].

В современном мире передовых технологий появляется возможность создания автоматизированного программного обеспечения, позволяющего в кратчайшие сроки собирать данные о всевозможных дефектах, возникающих не только из-за эксплуатационного износа, но и износа вследствие изменения погодных условий. И как следствие, необходимо оперативное вмешательство с целью устранения этих дефектов.

Ученым [20] из Бельгии представлен анализ влияния выбросов от автомобильных шин от типа дорог, а также их качества. Выбросы от автомобилей наносят вред окружающей среде и, в первую очередь, атмосфере.

В статье [21] приводится статистика аварийности из-за неудовлетворительных условий содержания и обустройства улично-дорожной сети. Описываются основные причины некачественных дорог в Российской Федерации. Приводятся нормативные требования к качеству дорожной одежды. Описываются способы борьбы с «ямами» на дорогах. Также ученый [22] исследовал аварийность во Франции. Они выявили, что существуют узкие корреляции между следующими

элементами: водитель с пешеходом, нормальное покрытие дороги с нормальным атмосферным состоянием и тротуар с пешеходом.

В своей статье [23] представляет данные по мониторингу стремительного разрушения участка дороги по улице Тюменской в городе Омске. Описаны основные виды разрушений асфальтобетонного покрытия. Представлены значения по интенсивности движения транспортных средств. Рассматривается вариант развития деформаций с учетом влияния склоновых процессов (оползней). Представлены возможные рекомендации для устранения причин деформаций.

Была изучена статья исследователя по геологии [24]. Она представляет в своей статье результаты исследования износа асфальтобетонного покрытия на автомобильной дороге «Уфа – Аэропорт». Проведены полевые и лабораторные испытания верхнего слоя покрытия автомобильной дороги из щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА-15).

Результатом исследований стал вывод о необходимости использования в верхнем слое асфальтобетонного покрытия на дорогах с высокой интенсивностью движения щебня с повышенной износостойкостью, что снизит износ дорожного полотна. Дальнейшее использование мягкого щебня и щебня, содержащего минералы серпентиновой группы нецелесообразно [19].

1.4 Мониторинг дорожного полотна

Целью одной из федеральных программ, направленных на реализацию Указа Президента «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» № 204 от 7 мая 2018 года [25] является улучшение качества автомобильных дорог за счет увеличения процентного соотношения, соответствующего нормативным требованиям.

Работы по измерению, анализу параметров безопасности дорожного движения требуют привлечения большого числа различных научно-исследовательских и проектных организаций и значительных капиталовложений [9]. Условно можно выделить пять этапов выполнения этой работы:

1. Разработка рациональной технологии измерения параметров безопасности дорожного движения.

2. Измерение пространственного и временного распределения параметров безопасности дорожного движения.

3. Анализ полученного распределения параметров безопасности дорожного движения с использованием необходимой информации по объектам дорожной инфраструктуры (геометрические характеристики автомагистралей, состояние дорожного покрытия, наличие и расположение различных объектов транспортной инфраструктуры, и множество других особенностей).

4. Прогнозирование динамики изменения параметров безопасности дорожного движения за счет увеличения количества автотранспортных средств и предполагаемого изменения структуры, основных геометрических параметров и состояния дорожной сети.

5. Оптимизация дорожной инфраструктуры с учетом прогнозируемого прироста интенсивности движения и необходимости обеспечения достаточной пропускной способности дорог и приемлемой экологической нагрузки на прилегающую к дорогам территорию.

Для успешного функционирования дорожной сети города необходимо проводить подобные работы постоянно и с учетом динамически меняющейся ситуации [26].

Комплексное решение проблем оптимизации дорожной сети возможно только на основе современных компьютерных технологий и спутниковых навигационных систем. Так на базе Географической информационной системы (ГИС), оперативно доступно все многообразие данных относящихся к интересующему объекту. ГИС как система сбора, хранения, анализа пространственной и связанной с ней атрибутивной информации, включает в себя электронную карту и базу данных.

Балльная оценка дефектов покрытия автомобильной дороги по [27] показана в Приложении А.

Мониторинг параметров безопасности дорожного движения подразумевает систему наблюдений, проводимых в пространстве и во времени, и направленных на достижение следующих целей:

- 1) установление фактических параметров безопасности дорожного движения и их изменения в пространстве и во времени;
- 2) выявления неблагоприятных тенденций и идентификация связанных с ними проблем;
- 3) вскрытие причин упомянутых явлений;
- 4) разработка мер по оптимизации и расширению транспортной сети.

Основой любой системы мониторинга является информация о характеристиках объектов наблюдения. В данном случае для мониторинга значимыми являются следующие свойства параметров безопасности дорожного движения: плотность потока; скорость потока; интенсивность движения. Эти свойства изменяются в зависимости от времени года, дней недели и времени суток.

В Челябинске компанией, осуществляющей мониторинг дорожного полотна, является ООО «УралДорПроект». Компания занимается услугами в области инженерно-технического проектирования и связанными с ними техническими консультативными услугами. ООО «УралДорПроект» выполняет работы для нескольких компаний по строительству и содержанию автомобильных дорог и мостов. Данные компании обслуживают в общей сложности 9 600 км. автодорог Челябинской области, а также улично-дорожную сеть города Челябинска, Магнитогорска и несколько других городов.

Для того, чтобы обеспечить высокую точность изысканий, в компании используется лазерный сканер Riegl VMX-1HA, установленный на автомобиль (рис.12). Сейчас лазерная съемка ведется в радиусе 50 метров со скоростью 60 км/час. Помимо этого, производится высокочастотная фотосъемка с привязкой к местности. В результате создается модель реальности с точной привязкой к координатам и обеспечивается максимальная плотность измерений — 16 000 точек/м², что соответствует точности съемки в 3 мм [28].



Рисунок 12 – Лазерный сканер Riegl VMX-1HA

Исследователи из других стран широко изучают облака точек. Они считают, что использование алгоритмов автоматической классификации воздушных лазерных сканеров 3D Point Clouds является основным процессом, повышающим его тематическое качество. Основными задачами использования 3D облаков точек являются описание поверхности и обнаружение объектов. Целью исследований является увеличение диапазона и точности параметров классификации продуктов, полученных с помощью лидарных технологий. С помощью этой методологии качество цифровых моделей рельефа (ЦМР) улучшается [29].

Плюсы от внедрения в эксплуатацию системы мониторинга состояния дорог:

1. Своевременный ремонт.
2. Выявление недобросовестных подрядчиков, которые, получая деньги на полноценный ремонт, проводят работы, не соответствующие заявленным стандартам качества.
3. Возможность более точного планирования бюджета (на основе собранных статистических данных), необходимого для поддержания существующего дорожного фонда в отличном состоянии и проектирования новых транспортных сетей с заранее заданным качеством. Точность сего планирования будет возрастать с ростом собранного массива стат. информации.

Выводы по разделу один

Объектом данного исследования является появление дефектов на дорожном полотне. Для определения закономерностей появления дефектов были изучены методы измерения параметров безопасности дорожного движения, проведен анализ местных и иностранных исследований по дорожному полотну и изучены способы мониторинга дорожного полотна.

В ходе работ над аналитическим разделом было сделано предположение, что разрушение дорожного полотна идет на определенной части улиц, а именно в местах частой остановки и возобновления движения транспортных средств, а именно перед стоп-линией.

2 ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

2.1 Описание хода исследования

Для проверки поставленной гипотезы было проведено исследование дорожного полотна на 30 перекрестках по 120 направлениям. Анализ был проведен с использованием лазерного сканирующего устройства. RIEGL VMX-1HA – высокоскоростная высокопроизводительная мобильная лазерная сканирующая система геодезического класса точности, установленная на крышу автомобиля (рис.13).



Рисунок 13 – Лазерное устройство

Использование алгоритмов автоматической классификации наземных лазерных сканеров 3D облаков точек является основным процессом, повышающим точность съемок. Основными задачами использования 3D облаков точек являются описание поверхности и обнаружение объектов. Целью данной съемки было обнаружение дефектов на дорожном полотне [19].

Система состоит из измерительного блока, компактного устройства управления и специального крепления для удобства монтажа системы на крыше транспортного средства.

Установка сканирует в секторе 360 градусов и производит точный сбор данных всего, что находится вокруг: транспортную инфраструктуру, здания, наземные сооружения, линии электропередач, мосты и другие объекты. Ориента-

ция двух сканеров уменьшает потенциальные «мертвые зоны», вызванные движением или другими объектами. При проведения данного исследования сканирование проводилось дважды. Съемка при движении в разных направлениях и в разное время суток позволила устранить неточности, связанные с пропуском неровностей дороги под проезжающим мимо сканирующего устройства транспортом или припаркованными автомобилями.

После проведения съемки происходит выгрузка трехмерного облака точек. Пакет программного обеспечения RIEGL позволяет произвести работы по уравниванию перекрывающихся данных сканирования нескольких проездов [28]. Кроме того, данные сканирования уравниваются по контрольным точкам. Это позволяет повысить точность облака точек и географической привязки. Далее данные сканирования с привязкой и панорамные изображения высокого разрешения экспортируются в известные форматы данных (.las, .laz) и обрабатываются в программе Open Road Designer.

После выгрузки данных в программу запускается распознавание неровностей полотна. Для этого выделяется проезжая часть на протяжении всей дороги, создается триангулированная эталонная поверхность. В настройках распознавания задаются критерии сравнения существующей поверхности с эталонной, то есть идеально ровной, относительно края проезжей части. В результате распознавания, на облаке появляются фигуры желтого и красного цвета, отражающие глубину дефектов. Желтые границы показывают дефекты глубиной от 2 до 4 сантиметров, а красные области отражают дефекты глубиной более 4 сантиметров. (рис.14). Далее выпускается отчет, в котором отражаются полученные результаты исследования. В таблице отражаются такие показатели, как номер пикета (обычно участок 100 метров), площадь данного пикета, площадь неглубоких дефектов, $2 \leq h < 4$ см, в m^2 , процентное соотношение дефектов $2 \leq h < 4$ см на данном пикете относительно площади, площадь глубоких дефектов, $h > 4$ см, в m^2 и процентное соотношение глубоких дефектов на пикете, $h > 4$ см.

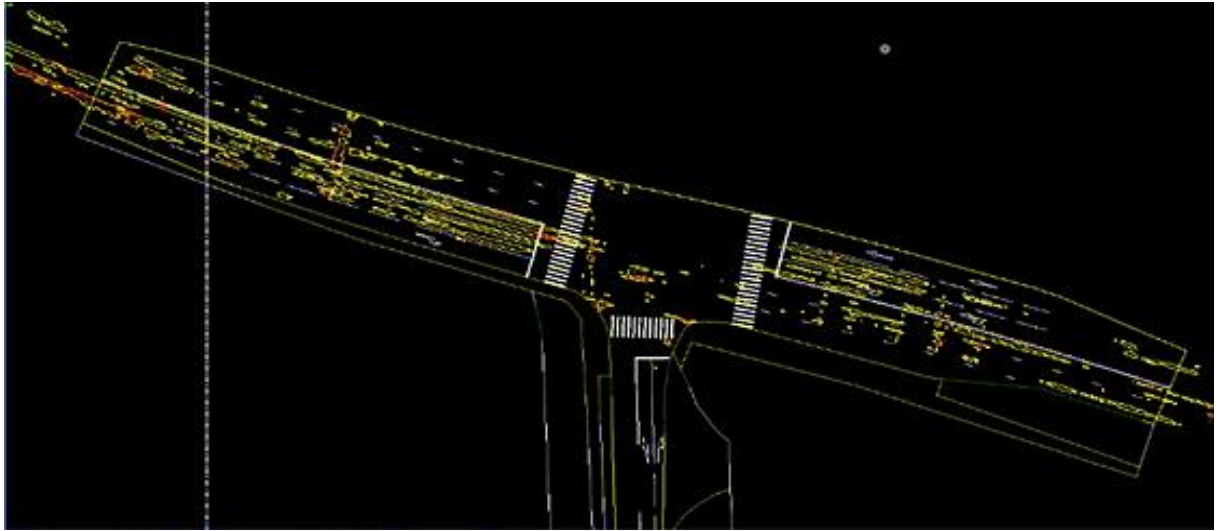
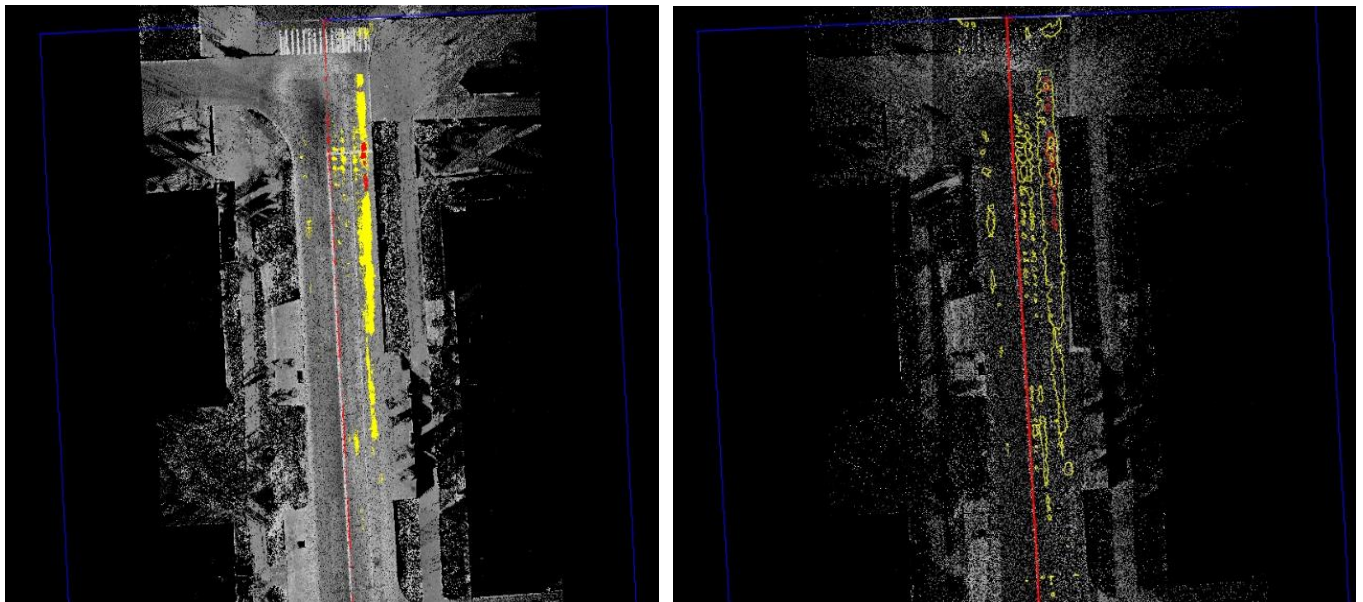


Рисунок 14 – Дефекты дорожного полотна перед перекрестком ул. Куйбышева – ул. Косарева

Это оборудование позволяет максимально точно определять степень износа дорожного полотна, выявлять самые незначительные дефекты. На рисунке 15 представлена часть улицы Краснознаменная, а именно 100 метров перед перекрестком с Комсомольским проспектом. По картинкам и таблице видно, насколько изношена поверхность, а именно на 12,5%.



Площадь	Сдеф, 2-4 см	% деф 2-4 см	Сдеф, >4 см	% деф >4 см
1417,5	168,8	11,91%	11	0,78

Рисунок 15 – Участок улицы Краснознаменная с дефектами

Ежегодная актуализация паспортов автомобильных дорог также предполагает диагностику состояния покрытия и других слоев дорожного полотна. Установленное на автомобиль-лабораторию оборудование включает не только лазерный 3D-сканер, но и георадар, делающий процесс диагностики принципиально иным. При обследовании дороги георадар обеспечивает возможность видеть, из каких слоев она состоит, нуждается ли в ремонте, и своевременно выявлять ослабление слоев дорожной одежды. Это позволяет обеспечить сохранность основных потребительских качеств автодороги на длительный срок.

2.2 Закономерности появления дорожных дефектов

Основные факторы, являющиеся причинами образования и накопления деформаций и появления разрушений конструктивных элементов автомобильных дорог в процессе эксплуатации, по отношению к условиям работы этих элементов можно разделить на внешние, не зависящие от дороги, и внутренние, непосредственно зависящие от дороги.

Главными из них являются внешние факторы, к которым относится воздействие автомобильной нагрузки и природно-климатических условий.

Из внешних факторов наибольшее влияние на механизм образования деформаций и разрушения оказывают:

- нагрузки на ось автомобиля и большое давление в автомобильных шинах;
- количество повторных приложений тяжелой нагрузки при высокой интенсивности движения и короткие интервалы между этими приложениями, особенно при проходе многоосных автомобилей;
- продолжительность приложения каждой нагрузки и суммарная продолжительность, которая зависит от скорости движения автомобилей на сложных участках дороги (кривые малого радиуса, крутые подъёмы, пересечения, сужения проезжей части и др.), а также при высокой плотности транспортных потоков, задержках и заторах;

– температура воздуха и солнечная радиация, под воздействием которых повышается или понижается температура покрытия и изменяются физико-механические свойства асфальтобетона, битума и битумоминеральных смесей;

– тип грунта земляного полотна и условия его увлажнения грунтовыми и поверхностными водами, поскольку при повышении влажности грунтов выше оптимального уровня значительно снижается вязкость и увеличивается пластичность грунтов, что способствует накоплению остаточных деформаций в земляном полотне и во всей дорожной одежде [30].

На рисунке 16 представлен пример разрушения дорожного полотна, связанного с высокой температурой воздуха и нарушением состава смеси верхнего покрытия асфальта.



Рисунок 16 – Появление дефектов при высокой температуре воздуха

В летний период особенно заметно влияние внешних факторов на накопление остаточных деформаций в слоях дорожной одежды из асфальтобетона и битумоминеральных смесей, которое объясняется термопластическими и вязкоупругими свойствами этих материалов. При повышенной температуре асфальтобетона энергия сил взаимодействия Ван-дер-Ваальса между частицами битума ослабевает, вязкость уменьшается, модуль упругости снижается, а величина остаточных деформаций увеличивается. Этот эффект возрастает при плохом составе смеси, когда введено чрезмерное количество вяжущего, использован битум с недоста-

точной вязкостью, занижено содержание заполнителя по отношению к дозировке вяжущего, а также при недостаточном уплотнении смеси.

К внутренним факторам относятся физико-механические характеристики дорожной конструкции и материалов её слоёв, включая слои дорожной одежды и грунты активной зоны земляного полотна, а также показатели напряжённо-деформированного состояния этих слоёв и материалов под действием нагрузки от колес автомобилей и изменения водно-теплового режима.

К наиболее важным внутренним факторам можно отнести:

- недоуплотнение или неравномерное уплотнение в поперечном направлении слоёв нежестких дорожных одежд и земляного полотна;

- неравномерный износ (истирание) покрытия под действием колёс автомобилей;

- образование пластических деформаций в асфальтобетонных покрытиях и слоях из битумоминеральных смесей, особенно в периоды нагревания этих покрытий до высокой температуры, при которой значительно снижается вязкость битума, прочность на сдвиг и деформативные характеристики асфальтобетона и может произойти боковое выпирание материала слоя. В холодный период, наоборот, вязкость битума возрастает, увеличивается прочность и жесткость асфальтобетона, происходит образование температурных трещин;

- появление структурных разрушений и накопление остаточных деформаций в покрытии и других слоях дорожной одежды, когда вертикальные или горизонтальные напряжения, возникающие от воздействия колёс тяжёлых автомобилей, превысят допустимые значения и начнётся нарушение сплошности или структуры материала одного или нескольких слоёв;

- накопление остаточных деформаций в грунте земляного полотна под действием нагрузки от тяжелых грузовых автомобилей, особенно в период наибольшего увлажнения грунта, когда их несущая способность снижается до минимальных значений [26].

В переходные периоды между осенью и зимой, зимой и весной дорожное полотно разрушается быстрее, так как вода, попадая в трещины, замерзает и увеличивает размер дефекта (рис.17).

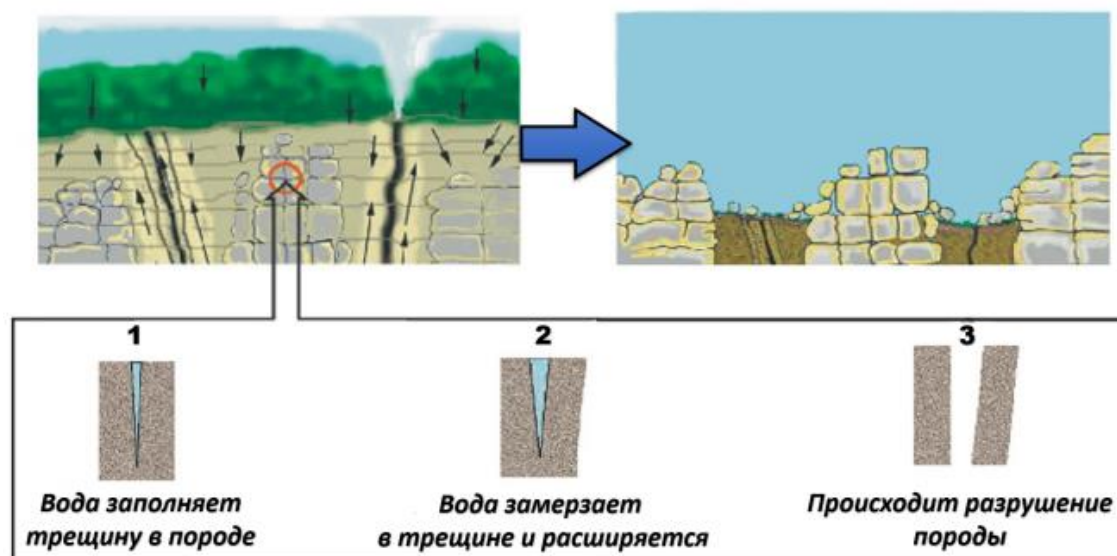


Рисунок 17 – Влияние межсезонья на дорожное полотно

Было проведено исследование количества дней в году с температурой от -1 до +1, чтобы выявить количество дней, при которых идет максимальное разрушение дорожного полотна в связи с замерзанием и оттаиванием воды (табл. 8). Итого было обнаружено 63 дня, когда температура менялась из плюса в минус и обратно [31].

Таблица 8 – Количество дней в месяце с температурой от -1 до +1

Месяц	Количество дней
Октябрь 2019	7
Ноябрь 2019	12
Декабрь 2019	11
Январь 2020	6
Февраль 2020	6
Март 2020	12
Апрель 2020	9

В результате проведения анализа всех полученных данных была обнаружена закономерность появления дефектов, а именно колеи, на проезжей части. На рисунках 10 и 13 представлены схемы расположения дефектов вблизи перекрестка.

Рассмотрим на цифрах, насколько изношена поверхность. Возьмем для рассмотрения участок 100 метров перед СТОП-линией. Площадь проезжей части на нем равна 1890 квадратных метров. Дефекты глубиной от двух до четырех сантиметров занимают 462 квадратных метра, что равно почти 25% от всей проезжей части участка. А продавленные участки глубже 4 сантиметров занимают еще 10% проезжей части, что равно 197 квадратным метрам. Рассмотренный участок срочно требует ремонта (рис.18).

По представленным выше перекресткам можно заметить большую концентрацию неровностей: колеи и выбоины образуются перед СТОП-линией и заканчиваются через 30-50 метров.

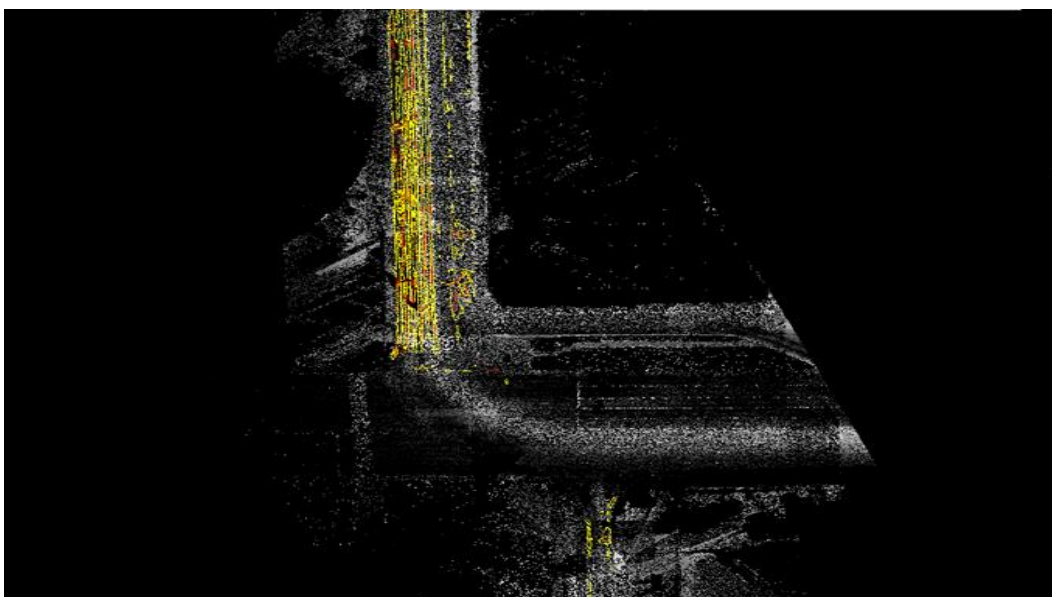


Рисунок 18 – Дефекты дорожного полотна на 100 метрах перед перекрестком ул. Чайковского – ул. Бр. Кашириных

Построим диаграмму, отражающую зависимость изменения глубины колеи и выбоин от расстояния до стоп-линии (рис.19). По графику видно, что самая из-

ношенная поверхность находится непосредственно у стоп-линии, при увеличении расстояния уменьшается количество и размер дефектов.

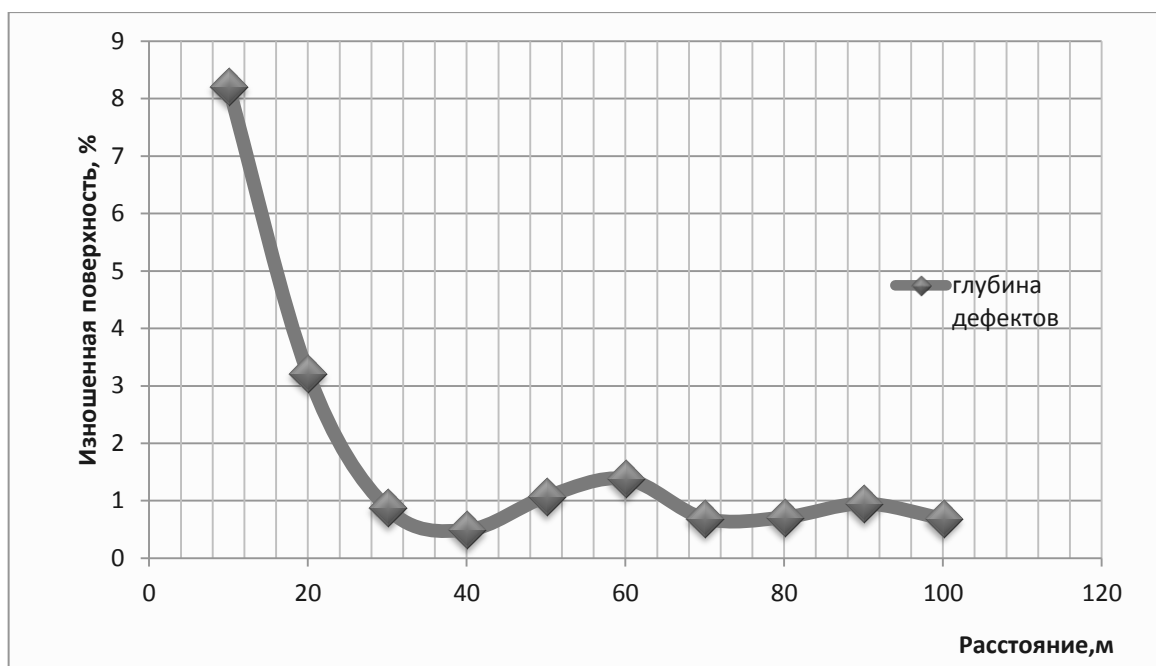


Рисунок 19 – Зависимость изношенности покрытия от расстояния до стоп-линии

Происходит это вследствие простоев транспортных средств на красный сигнал светофора перед перекрестком. Движущийся автомобиль не деформирует асфальтобетонное покрытие настолько сильно, как это делают стоящие по 30-40 секунд автомобили. Под влиянием давления колеса автомобиля дорожная одежда прогибается. Максимальный прогиб – в центре колеса с уменьшением по мере удаления. Отклонение распространяется от колеса тяжелого грузовика во всех направлениях на расстояние 3-4 см (рис.20). Чаши отклонения от всех колес автомобиля, частично перекрывая друг друга, могут полностью покрывать проезжую часть. На рисунке ниже представлена колея от грузового автомобиля, но в ходе исследования было обнаружено, что на улицах с запретом движения грузового транспорта также образуется колея перед стоп-линией, что можно объяснить увеличением сил трения, возникающих в области контакта колеса автомобиля с поверхностью дорожного покрытия.



Рисунок 20 – Прогиб дорожного полотна от тяжелых транспортных средств

Следует отметить, что по левым полосам проезжей части, как правило, движение большегрузного грузового транспорта не осуществляется, но формирование колеи все равно происходит. Процесс образования колеи здесь скорее обусловлен износом покрытия от динамического воздействия транспортных средств (от 25% до 50% от общей глубины колеи), а также высокой скоростью движения, использованием шипованных шин в зимний период, большой долей в потоке полноприводных автомобилей высокой снаряженной массы.

На рисунке 10 представлен перекресток, на котором колея образовалась не только перед СТОП-линией, но и в самом центре перекрестка. Было решено исследовать данный узел для выявления причин появления данных неровностей. В ходе исследования было обнаружено, что в утренние часы появляются заторы и автомобили выезжают на середину перекрестка, ожидая продвижения в нужном направлении. Так вследствие регулярного использования данного узла, дорожная одежда прогибается под давлением автомобиля.

Движение по деформированным поверхностям сопровождается ударами и вертикальными колебаниями колес, кузова и других частей автомобиля. Механизмы автомобиля изнашиваются, водителям и пассажирам это приносит дискомфорт. Средняя скорость движения автомобилей нередко уменьшается до 50%,

что снижает производительность и увеличивает саму стоимость перевозки. Дорожное обслуживание, в частности очистка тротуаров от пыли, грязи, снега и льда, усложняется.

На рисунке 21 представлен поперечный профиль улицы с четко выраженной колеиностью.

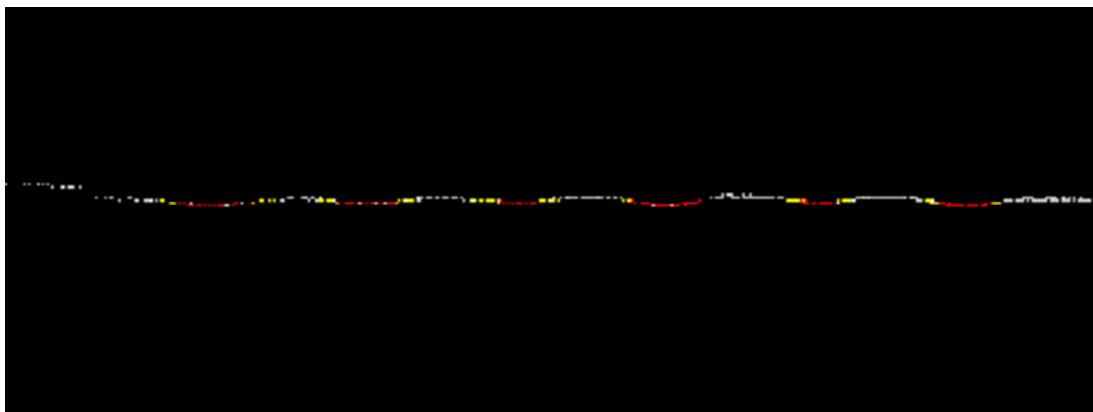


Рисунок 21 – Поперечный разрез дорожного полотна

Дорога становится похожей на волну, пересечь такую дорогу встречному направлению на скорости невозможно. Данная причина приводит к необходимости частых ремонтов дорог. Возникает опасность при маневрировании, так как, попадая в колею автомобиль становится менее управляемым, а также водители ухудшают состояние своих автомобилей попаданием в дефектные участки дороги.

Также ровность покрытия влияет на скорость движения транспортных средств. Неудовлетворительное состояние проезжей части значительно ухудшает условия движения на городских улицах и дорогах, так как водитель в этих условиях должен уделять повышенное внимание дислокации дефектов на покрытии, часто маневрировать, резко тормозить и разгоняться. Зависимость скорости различных типов автомобилей от продольной ровности покрытия с достаточной точностью можно описать уравнениями [32]:

- для легковых автомобилей

$$V_{л} = 73,7 - 0,0765 \cdot S; \quad (3)$$

- для автобусов

$$V_{а} = 62 - 0,0677 \cdot S, \quad (4)$$

где S – ровность покрытия, измеренная с помощью толчкомера, см/км.

Результаты расчета скоростей движения по представленным зависимостям отражены на рисунке 22.

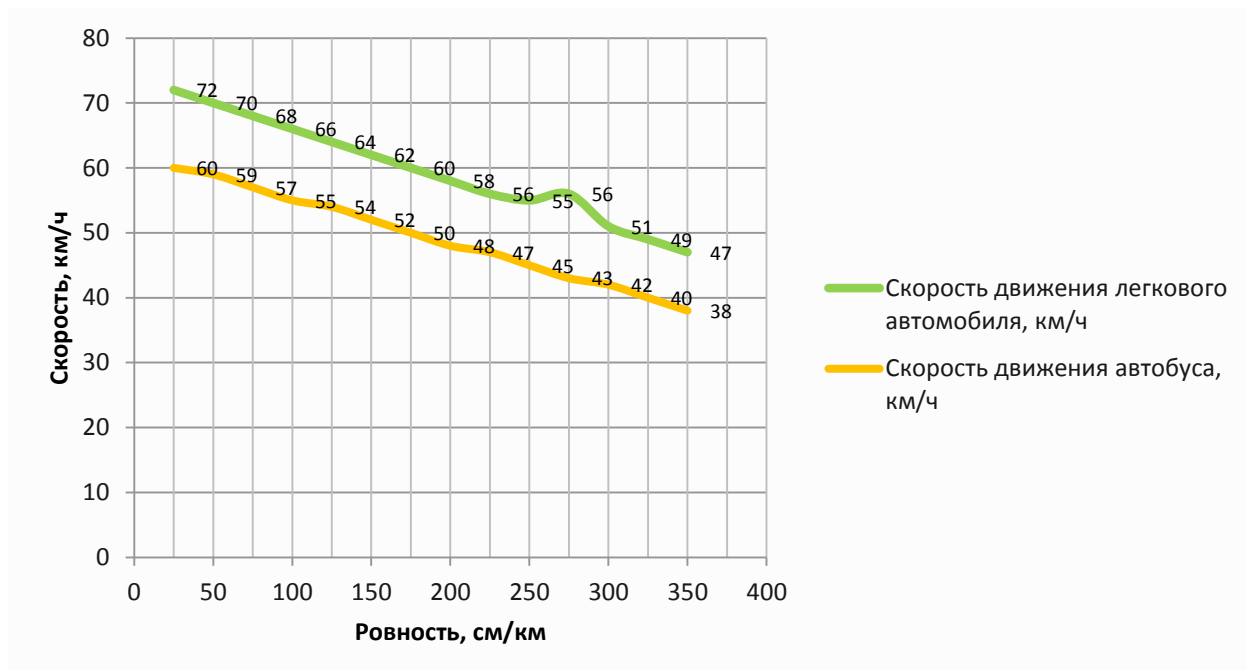


Рисунок 22 – Зависимость скорости движения от ровности покрытия

Проведение систематической оперативной оценки транспортно-эксплуатационного состояния дорожных покрытий с использованием лазерной сканирующей системы позволит создать оперативно пополняемый банк данных о текущем состоянии дорожных покрытий и на этой основе эффективно планировать объемы и сроки проведения ремонтных работ, рационально использовать имеющиеся материальные и финансовые ресурсы. При своевременности ремонте дороги на дефектном участке можно избежать дорогостоящих ремонтов по длине всей улице.

Срок службы асфальтового покрытия зависит в первую очередь от соблюдения технологий при его укладке и использования качественных материалов. Гарантированный срок эксплуатации асфальта составляет около десяти лет. Однако в процессе эксплуатации под воздействием природных и техногенных факторов этот срок может уменьшаться. При плохих погодных условиях и интенсивной эксплуатации дорожного покрытия сроки службы асфальта могут сократиться до

пяти лет даже при тщательном соблюдении всех технических требований к его укладке.

Ежегодно выделяется огромные суммы на содержание дорог, а также на различные ремонты (Приложение В).

Продлить срок эксплуатации дорожного покрытия может своевременный ремонт, устранение ям, неровностей и трещин по мере их появления. Ремонтные работы не требуют больших финансовых и временных затрат, в отличие от прокладки нового асфальта. По таблице ЭСНиЕРс-01-02-005 Ямочный ремонт асфальтобетонных покрытий асфальтобетонной смесью с разломкой старого покрытия (Приложение Г) [33] средняя стоимость 100 м² ямочного ремонта составляет 70 000 рублей. Из чего, можно сделать вывод о том, что ямочный ремонт стоит дешевле капитального ремонта, во-первых, за счет разной цены на 1 м², во-вторых, за счет объема выполняемых работ.

Так, на улице Энтузиастов, на которой в 2020 году запланирован ремонт всей улицы, работы по замене всего асфальтобетонного покрытия будет выполнен на 29905,7 м². Если бы ямы были вовремя устранены, то ремонт был бы сделан максимум на 6000-7000 м². На рисунке 23 отражена зависимость затрат на ремонт в зависимости от площади улицы и сложности ремонта.

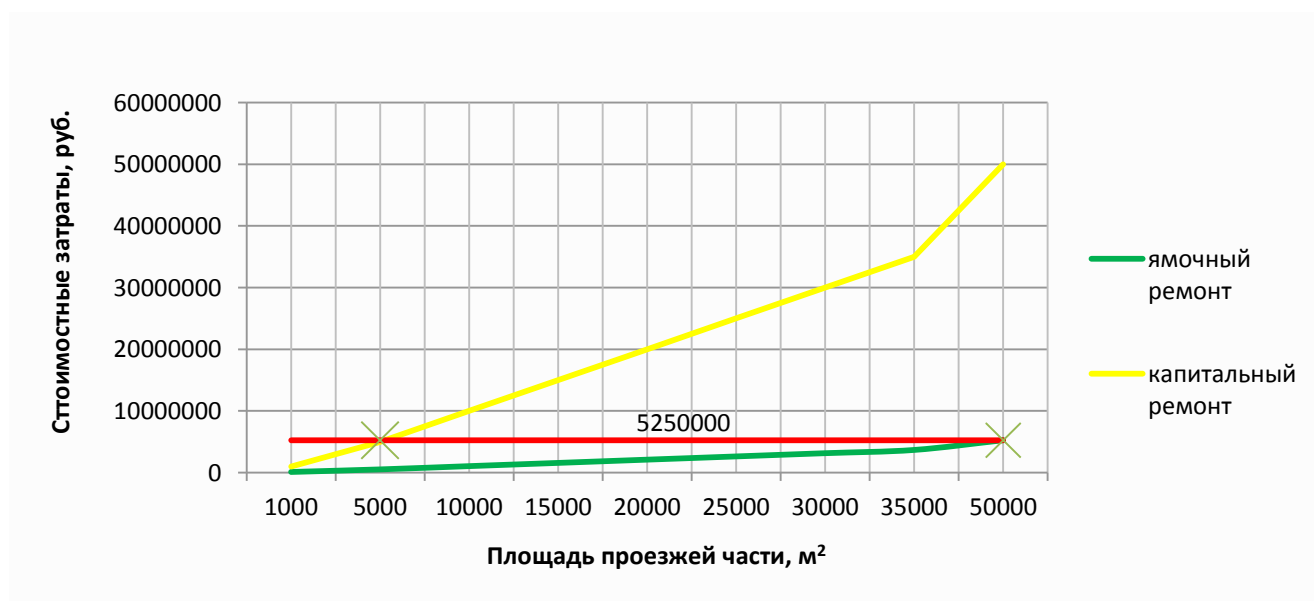


Рисунок 23 – Зависимость затрат на ремонт от площади ПЧ улицы

Как видно на графике, разница в цене ремонта улицы при различной степени ремонта очень большая. За 5 миллионов рублей можно либо сделать полностью новый асфальт на 5 000 м², либо сделать ямочный ремонт на улице площадью минимум в 10 раз больше. Что доказывает необходимость своевременного ремонта улиц для продления срока эксплуатации дорожного покрытия и экономии денежных средств, выделяемых на дороги ежегодно. Также существуют способы замедления износа дорожного полотна, что уменьшит частоту ремонтов и денежные затраты на данную сферу.

2.3 Способы предотвращения дефектов дорожного полотна

В ходе исследования были получены закономерности, позволяющие предложить способы предотвращения быстрого появления дефектов на дорожном полотне.

Дорожное полотно разрушается сильнее всего на участках, где перемещаются грузовые автомобили и общественный транспорт с пассажирами, так как их вес давит на слои дорожной одежды, оставляя под собой образующуюся колею.

Рассчитаем средний вес автобуса и троллейбуса с пассажирами (табл. 8) [34].

Таблица 8 – Масса общественного транспорта с пассажирами и без них

	Масса, кг	Вместимость, чел	Средняя наполняемость, кг	Полная наполняемость, кг
Автобус МАЗ 103	11 300	82-98	14 500	18 900
Троллейбус	10 300	91	13500	17 500

Как видно из таблицы 5, общественный транспорт оказывает сильное влияние на качество дорожного полотна, так как имеют большую полную массу.

Необходимо оценить, какой процент из всего потока – это общественный транспорт и грузовой транспорт, оказывающий пагубное влияние на дорожное полотно.

Чтобы оценить долю грузового транспорта в потоке, был проведен расчет интенсивности на Дзержинского-Барбюса, Лакокрасочным заводе, Новоградском тракте, Унив. Набережной - Рабоче-Колхозной, ост. Орбита. Лакокрасочный завод, Новоградский тракт, ост. Орбита – это узлы, которые пересекает большая часть грузового транспорта, проходящего транзитом через город. Для оценки доли тяжеловесного транспорта был проведен расчет интенсивности за 12 часов: по 2 часа 3 дня среди недели в часы пик. Легковые автомобили и транспорт грузоподъемностью до 1,5 тонн отнесем к 1 категории. Грузовые автомобили, грузоподъемностью до 8 тонн и автобусы средней вместимости объединим в категорию 2. Автобусы, троллейбусы и автопоезда определяем в категорию 3. В графике представлены данные по интенсивности за 1 час по категориям (рис.24).

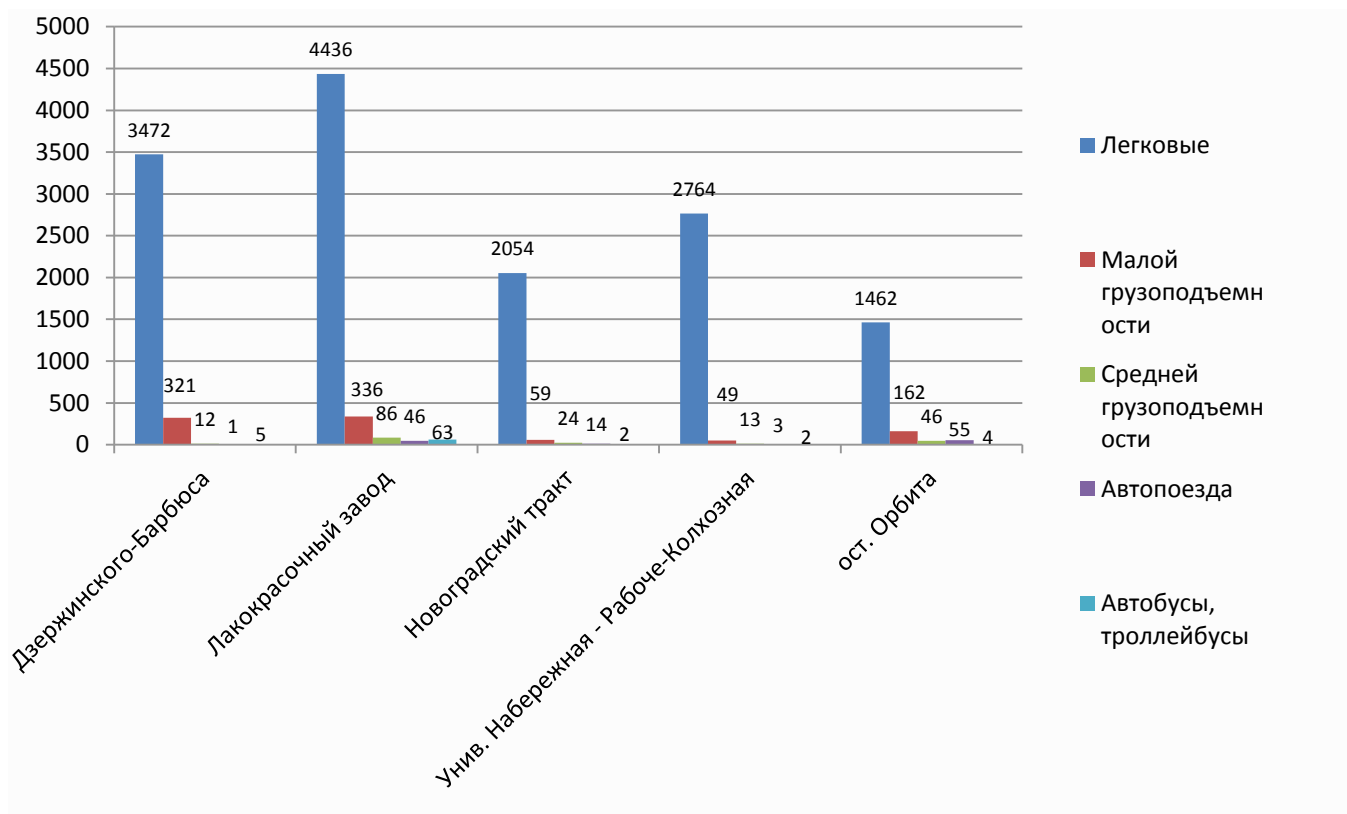


Рисунок 24 – Интенсивность за 1 час по разным видам транспорта

В ходе проведенного исследования были также рассчитаны другие узлы города, так была определена доля крупногабаритного транспорта на магистралях и улицах города, которая составляет от 1% до 1,5% от всего потока транспортных средств (рис.25).

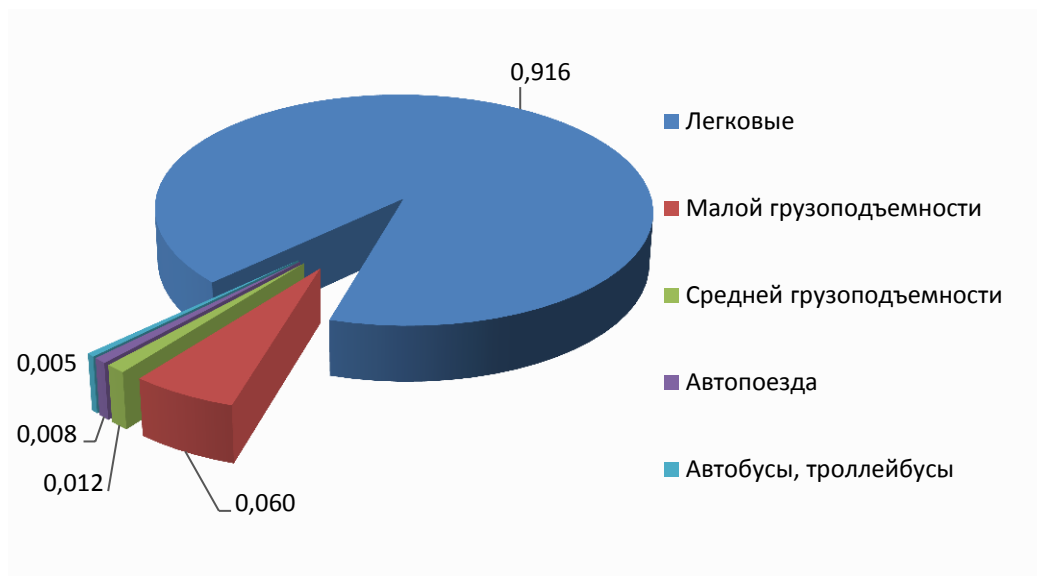


Рисунок 25 – Доля транспорта в потоке

Для продления срока использования дорожного полотна без дефектов предлагается несколько способов предотвращения появления выбоин и колеиности на дорожном полотне.

2.3.1 Изменение конструктивных слоев дорожной одежды

Поскольку автомобильная дорога постоянно подвергается воздействию климатических факторов, для обеспечения круглогодичного движения автомобилей на проезжей части дороги устраивают дорожную одежду. Она представляет собой уложенную на поверхность земляного полотна твердую монолитную конструкцию из материалов, хорошо сопротивляющихся воздействию климатических факторов и колес транспортных средств (рис.26).



Рисунок 26 – Слои дорожной одежды

В дорожной одежде различают следующие слои:

1. Покрытие – верхний, наиболее прочный, обычно водонепроницаемый, относительно тонкий слой одежды. Он хорошо сопротивляется истирающим, ударным и сдвигающим нагрузкам от колес, а также воздействию природных факторов. Поскольку покрытие устраивают из наиболее дорогостоящих материалов, ему придают минимально допустимую толщину. Покрытие обеспечивает необходимые эксплуатационные качества дороги - ровность поверхности, коэффициент сцепления с шиной. Помимо основного слоя в конструкции покрытия предусматривается запасной слой - слой износа, который подлежит периодическому восстановлению в процессе эксплуатации дороги. Поверх покрытий, не обладающих достаточной водонепроницаемостью и сопротивлением истиранию, устраивают поверхностную обработку (защитный слой), которая представляет собой тонкий защитный слой из органического вяжущего, засыпанного одномерным мелким щебнем. Поверхностную обработку применяют также для повышения шероховатости ставших гладкими покрытий в процессе эксплуатации.

2. Основание – несущая прочная часть одежды, устраиваемая из каменных материалов или грунта, обработанного вяжущими материалами. Оно предназначено для передачи и распределения давления на расположенные ниже дополни-

тельные слои одежды или на грунт земляного полотна (подстилающий грунт). Оно должно быть монолитным, устойчивым против сдвига и изгиба. Основание может состоять из одного или нескольких слоев. В последнем случае верхние слои основания устраивают из более прочных материалов

3. Дополнительные слои основания укладывают между основанием покрытия и подстилающим грунтом земляного полотна на участках с неблагоприятными климатическими и грунтово-гидрологическими условиями. Материал такого слоя должен быть устойчив к увлажнению. В местах, где земляное полотно сложено из пылеватых, суглинистых и глинистых грунтов, в которых могут развиваться процессы зимнего влагонакопления и пучения, вводят дополнительный слой из пористых материалов - песка, гравия, щебня. Этот слой называют дренажным, противопучинным или морозозащитным.

4. Грунт земляного полотна (подстилающий грунт, «рабочий слой земляного полотна») – тщательно уплотненные и спланированные верхние слои земляного полотна, на которые укладывают слои дорожной одежды. На подстилающий грунт передается все давление от транспортных нагрузок, поэтому он является очень ответственным элементом конструкции дорожной одежды [35].

После обнаружения закономерностей в появлении колеи перед стоп-линией были изучены требования к укладке дорог в городских условиях и оценки надежности дорожной одежды.

Предложением для устранения этих дефектов является пересмотр ГОСТа Р 54401-2011 [36], а именно добавление норматива по укладке более крепкого покрытия перед СТОП-линией с целью предотвращения образования колеи. Усовершенствованное покрытие можно укладывать на 50-100 метров от пересечения, в зависимости от интенсивности движения, что позволит замедлить износ покрытия на этом участке [19].

Износ покрытия – процесс уменьшения толщины дорожного покрытия за счет потери материала в процессе истирания колес транспортных средств в сочетании с негативным воздействием погодных-климатических факторов.

Для определения среднегодового износа покрытия, влияющую на общую глубину колеи, необходимо располагать данными об общей фактической интенсивности (средней за $t_{л}$) движения на полосу (3) [37]:

$$N_{\text{общ}}^{\text{ср.}\phi} = f_{\text{пол}} \cdot N_{\text{общ}}^{\phi} \cdot K_q, \quad (3)$$

где $N_{\text{общ}}^{\text{ср.}\phi}$ – общая фактическая интенсивность движения на полосу средняя за $t_{л}$, авт./сут.;

$f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним;

$N_{\text{общ}}^{\phi}$ – общая фактическая интенсивность движения в первый год эксплуатации (определяется путем непосредственных наблюдений);

K_q – коэффициент в зависимости от $t_{л}$.

Износ покрытия за t лет составит (4):

$$\Delta_{it} = \Delta_{\text{и.ср.}} \cdot t_{л}, \quad (4)$$

где $\Delta_{\text{и.ср.}}$ – средний годовой износ покрытия, мм;

$t_{л}$ – количество лет службы покрытия, годы.

На рисунке 27 представлен среднегодовой износ автомобильных покрытий в зависимости от интенсивности движения по полосам [38].

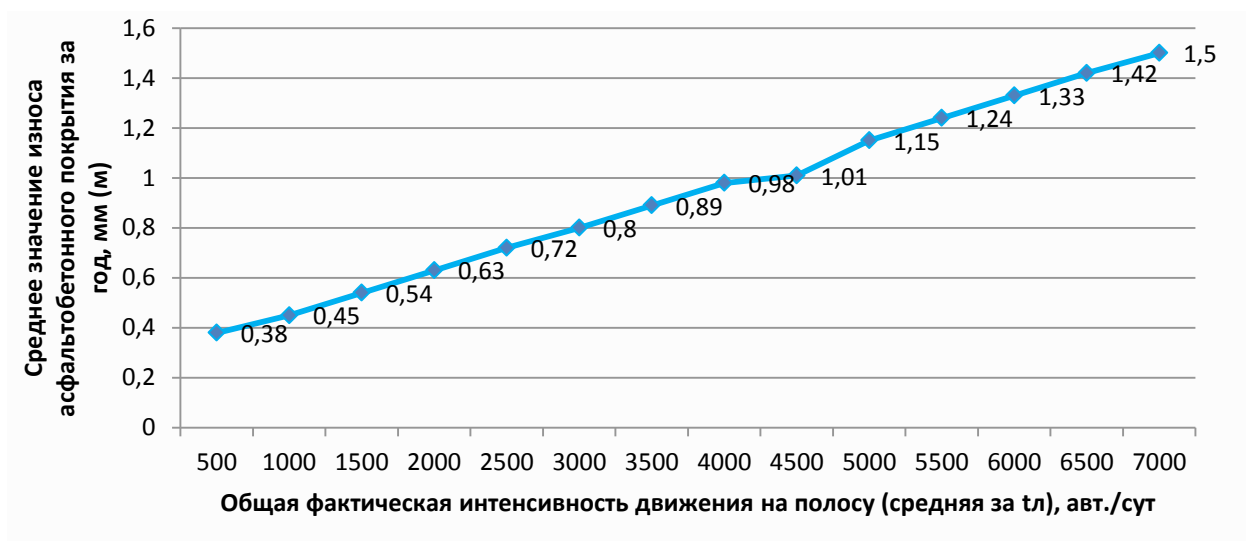


Рисунок 27 – Средний годовой износ асфальтобетонных покрытий

В таблице 9 представлены данные по улицам, ремонт которых проводился с 2017 по 2019 годы.

Таблица 9 – Износ асфальтобетонных покрытий на отремонтированных улицах

№	Название улицы	Год ремонта	Износ покрытия на 2020 год на 1 полосе, мм
1	улица Доватора	2019	1,48
2	улица Худякова	2019	1,39
3	улица Чичерина	2019	1,13
4	улица Коммуны	2019	0,87
5	улица Сони Кривой	2019	1,04
6	улица Курчатова	2019	0,78
7	автодорога Меридиан	2018	3,15
8	улицы Энгельса	2018	2,99
9	улица Красная	2018	2,45
10	улица Блюхера	2018	2,81
11	проспект Ленина	2017	4,41
12	ул. Богдана Хмельницкого	2017	3,18
13	шоссе Metallургов	2017	3,09
14	ул. Каслинская	2017	2,04

После сравнения с исследованными значениями и годами укладки асфальта, можно сделать вывод о том, что данные табличные значения близки к рассчитанным. Разница незначительная есть, так как различные внешние факторы влияют на износ.

Как было обнаружено при исследовании, описанном выше, общественный транспорт оказывает сильное влияние на качество дорожного полотна, так как имеют большую полную массу. Поэтому можно предложить прокладывать более плотное дорожное полотно на 1 из полос для общественного городского и грузового транспорта, например на самую правую полосу.

Если улица имеет переходный тип покрытия, то необходимо укладывать облегченный тип, также при облегченном типе покрытия укладывать на 1 полосу и участок 50-100 метров от стоп-линии капитальный тип покрытия.

2.3.2 Ежегодное смещение разметки в сторону

В современном мире дорожная разметка – одно из самых важных условий обеспечения и сохранения безопасности на дорогах. При нанесении дорожной разметки необходимо уделить должное внимание качеству материалов и методам нанесения разметки. Ведь именно это обуславливает срок эксплуатации разметки, ее долговечность, хорошую видимость в любое время суток и в любых погодных условиях.

Дорожная разметка имеет колоссальное значение для безопасности вождения. Она систематизирует трафик, указывает безопасные коридоры для проезда, обозначает края дороги, благодаря чему можно держать максимальную разрешенную скорость. Особенно полезна она по ночам, когда серый асфальт сливается с такой же серой обочиной и видимость трассы заметно снижается. Разметка обозначает проблемные участки дорог, где запрещены обгоны. Однако в конце зимы и в начале весны спасительные белые полосы исчезают с твердого покрытия дорог, оставляя голый асфальт лишь с контурными обозначениями старых линий. В этой ситуации по ночам водители уже плохо читают границы дороги, скорость передвижения падает. Кроме того, некоторые водители считают, что с исчезновением сплошных линий запрет на обгоны в опасных местах пропадает, отчего они идут на рискованные маневры, предпринимают опережение тихоходного транспорта в закрытых поворотах и с превышением скорости, создавая предпосылки для аварий.

Дорожная разметка подчиняется требованиям Государственных стандартов. В 2018 году вступил в силу ГОСТ Р 51256-2018, который закрепляет множество нормативов для цветографических схем и обозначений на автомобильных трассах. Есть среди них и отдельные параграфы, регламентирующие яркость и долговечность разметки.

В параграфе 5.1.13 устанавливается следующая продолжительность функциональной долговечности горизонтальной разметки:

1. Для обозначений, выполненных термопластиками, холодными пластиками в виде штучных форм и полимерных лент с толщиной нанесения 1,5 мм и более, норматив предполагает срок службы не менее одного года. По факту они служат гораздо дольше и способны продержаться пару-тройку зимних сезонов.

2. Горизонтальная разметка из термопластиков с толщиной нанесения менее 1,5 мм должна держаться не менее шести месяцев, а линии из обычной эмалевой краски обязаны прослужить не менее трех месяцев.

В наших климатических условиях, когда в течение полугода дороги подвергаются воздействию снежных осадков с образованием гололеда, необходимо часто применять спецтехнику для очистки. Автомобили с ковшами и щетками обрабатывают заснеженные трассы, высыпая тонны песка и химических растворов для борьбы с обледенением. Стандарты требуют от дорожников очищать дороги до асфальта, из-за чего они нещадно трут их щетками и металлическими скребками. Так происходит по несколько раз в день, а в снегопады — гораздо чаще. Естественно, дорожная разметка не выдерживает и разрушается [39].

ГОСТ Р 51256–2018 вносит нормативы для ее работоспособности. Разметка из термопластиков может работать до толщины остаточного слоя в 25%. А для других типов линий предельный уровень повреждения составляет 50%.

Естественно, в условиях тяжелого российского климата при активном разрушении не только разметки, но и покрытия в целом, необходимо предусмотреть технологии ее быстрой замены. Причем при нанесении новых линий старые должны быть полностью стерты. А перед нанесением новых схем и обозначений асфальтобетонное покрытие дорог должно быть отремонтировано.

Все эти работы проводятся весной и в начале лета, отчего в марте, апреле, мае и июне возникает непростая ситуация на дорогах. Старая разметка уже разрушилась и была стерта, а новая еще не нанесена (рис.28).



Рисунок 28 – Нанесение разметки после зимнего сезона

Решением по предотвращению появления колейности на дорогах может стать нанесение разметки в сторону на ширину колеса после зимнего сезона. Разметка полос движения указывает предписанный путь движущихся транспортных средств. Традиционно в проектах использовались широкие полосы движения (3,4-3,9 м), и ранее считалось, что сужение поля до 3,7 м и менее приводит к снижению интенсивности движения и пропускной способности, но этому противоречат результаты последних исследований. Рассмотрим узел улично-дорожной сети Комсомольский проспект и улица Молодогвардейцев. На рисунке 29 представлен узел и ширина полос по нескольким направлениям. Данная ширина полос доказывает возможность смещения дорожной разметки на 20-25 сантиметров в сторону для предотвращения появления колеи на проезжей части перед стоп-линией.



Рисунок 29 – Перекресток ул. Молодогвардейцев – Комсомольский пр.

Полосы шириной 3 м подходят для городских условий и оказывают положительное влияние на безопасность, не вызывая помех движению. Если это грузовой или общественный транспорт, ширина одной полосы может составлять 3,3 м. В некоторых случаях ширина полосы может составлять 2,7-2,9 м [40].

Изменяя расположение горизонтальной разметки, мы получим желаемый результат – колея перед узлом УДС будет сдвигаться влево или вправо настолько, насколько будет сдвинута разметка. Это позволит дольше использовать дорожное полотно. На многих улицах города Челябинска ширина проезжих частей и полос позволяет сдвигать разметку на 20-25 сантиметров. Это осуществить не так уж сложно. После зимнего сезона разметка стирается, поэтому по весне новую можно наносить так, чтобы автомобили двигались правее или левее, чем было в прошлом сезоне.

2.3.3 Координированное светофорное регулирование

Есть несколько способов увеличения срока использования перекрестков в неизношенном состоянии. Одной из причин появления колеи на проезжей части является неправильно настроенный цикл светофора. Так можно предложить пер-

вый способ решения данной проблемы: изменить цикл и фазы светофора по возможности настроить координированное светофорное регулирование на загруженных магистралях.

Координированное управление – это согласованная работа ряда светофорных объектов с целью сокращения задержки транспортных средств.

Принцип координации заключается в включения зеленого сигнала на последующем перекрестке относительно предыдущего с некоторым сдвигом, длительность которого зависит от времени движения транспортных средств между этими перекрестками. Таким образом, транспортные средства следуют только по шоссе (или любому маршруту), как по расписанию, прибывшему на следующий перекресток в тот момент, когда на нем в этом направлении движения включается зеленый сигнал. Это уменьшает количество ненужных остановок и тормозов в потоке, а также уровня транспортных задержек [41].

Возможность такого согласования светофоров позволила в свое время назвать этот метод управления "зеленой волной" (рис.30).

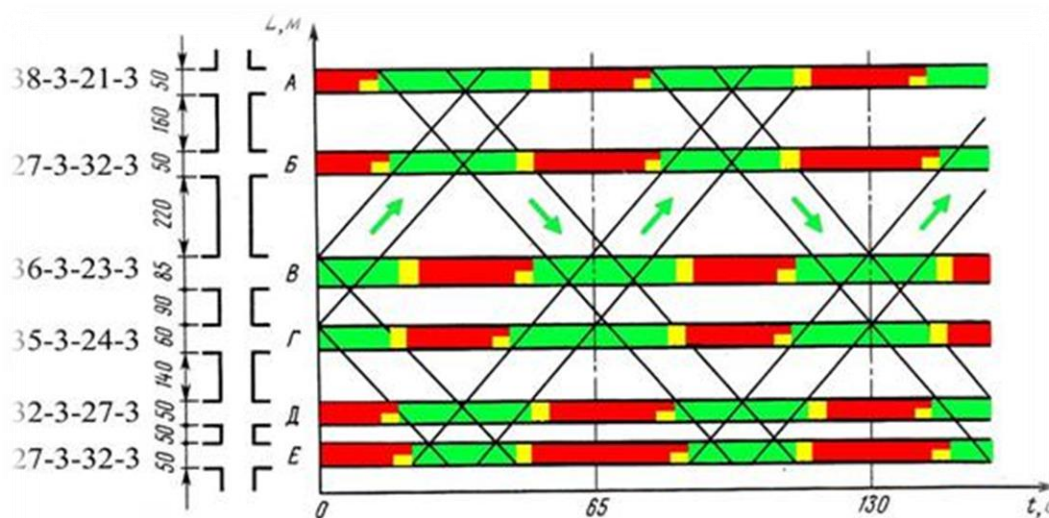


Рисунок 30 – Светофорная диаграмма с настройкой координированного управления

IT-технологии могут использоваться для мониторинга дорожно-транспортной обстановки и оповещения ситуационного центра о различных ин-

цидентах. Система АСУДД, к которой подключаются светофоры с адаптивным управлением и информационные табло, позволяет управлять дорожным движением и регулировать транспортные потоки в режиме реального времени. А в тандеме с метеостанцией информировать о состоянии дорожного полотна, метеоусловиях, работе дорожных служб (направлении и скорости ветра, количестве и характере выпавших осадков, наличии реагентов на дорогах и т.д.).

Благодаря умной системе управления городским трафиком можно сократить смертность на дорогах. Уменьшить число ежедневных поездок на легковом авто за счет улучшения работы общественного городского транспорта. Вследствие чего время в пути до центра города с окраины в утренние часы сокращается.

При уменьшении времени простоя в заторах, количество вредных выбросов уменьшается и город становится экологичнее. Так же большим плюсом является экономия топлива – то есть экономия ресурсов. Природа не обладает неисчерпаемыми ресурсами, поэтому нужно беречь то, что она дает.

К автоматической системе управления дорожным движением могут подключаться не только светофоры и информационные табло, но и камеры и датчики. Известно, что на грузовых автомобилях устанавливаются системы слежения за грузовым транспортом. Отслеживающие системы устанавливают, чтобы вовремя отреагировать на форс-мажорные ситуации, возникающие в пути (поломки, плохое самочувствие водителя, угон ТС) и предупредить срыв поставок, существенно влияющих на прибыль и репутацию фирмы. Диспетчеры или логисты, обнаружив проблему, смогут ее решить «в режиме реального времени», предприятию не придется платить неустойки, повышается безопасность груза в пути. Но эти же системы можно использовать и в целях организации дорожного движения.

На узлах УДС расположить датчики, считывающие приближение грузового транспорта, и настроить светофор под движение грузовых автомобилей. Это позволит снизить нагрузку на дорожное полотно при простоях на запрещающий сигнал светофора.

Также этот принцип можно использовать с помощью камер и обученных нейронных сетей. На многих перекрестках города установлены камеры. Одни из них следят за происходящим, другие фиксируют правонарушения. Их можно обучить считывать грузовые автомобили для изменения такта светофора для беспрепятственного проезда узла. На рисунке 31 отображен датасет, который необходим для обучения нейронных сетей.



Рисунок 31 – Обучение нейронной сети распознаванию ТС по классам

Данную систему распознавания также можно использовать в сфере общественного транспорта. Так как полная масса автобуса и троллейбуса велика, что ведет к большой нагрузке на дорожное полотно, система должна пропускать общественный городской транспорт на разрешающий сигнал светофора. Это благоприятно повлияет не только на качество полотна, но и на организацию движения и перемещения жителей города. Общественный транспорт станет более привлекательным для пассажиров, так как будет выполнять езду с большей скоростью.

Выводы по разделу два

В данном разделе было проведено исследование 30 перекрестков города Челябинска с целью выявления закономерностей появления дорожных дефектов.

Были отражены зависимости изношенности покрытия от расстояния до стоп-линии на графиках.

Также предложены способы предотвращения появления дефектов дорожного полотна перед стоп-линиями.

Пересмотр ГОСТа Р 54401-2011 позволит снизить расходы на устранение колеиности на участках улично-дорожной сети перед стоп-линиями, а также повысит безопасность дорожного движения.

Ежегодное смещение разметки в сторону и координированное светофорное регулирование позволит дорожному полотну меньше прогибаться в связи с простоями транспортных средств на красный сигнал светофора перед перекрестком.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время стоит острая проблема с появлением и устранением дорожных дефектов. Благодаря представленному в работе способу процесс выявления дефектов станет гораздо быстрее и точнее. Также с помощью данного оборудования можно вести системный мониторинг за состоянием дорожного полотна и своевременно реагировать на возникающие дефекты.

Рассмотрены особенности расчета износа покрытия, которые позволяют рассчитывать срок службы асфальта, а также предложено лазерным оборудованием своевременно диагностировать износ покрытия. Результаты исследования можно использовать для формирования требований к укладке дорожного покрытия с учетом износа.

Рассмотрен перечень способов организации движения, направленных на увеличение срока полезного использования дорожного полотна, такие как изменение конструктивных слоев дорожной одежды на расстоянии около 50 метров перед стоп-линией, ежегодное смещение разметки в сторону на 20-25 сантиметров для предотвращения появления колейности в одном и том же месте, координированное светофорное регулирование в комплексе с автоматической системой управления дорожным движением для считывания тяжеловесного транспорта в потоке и пропуска на разрешающий сигнал светофора.

Стоит отметить, что данная тема широко изучается и другими исследователями, что доказывает необходимость внесения коррективов в нормативы укладки асфальтобетонного покрытия в городах, в частности перед стоп-линиями.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Единый государственный реестр автомобильных дорог. Федеральное дорожное агентство – <https://rosavtodor.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-zemelno-imushchestvennykh-otnosheniy/edinyy-gosudarstvennyy-reestr-avtomobilnykh-dorog/14694>.

2 Классификация и категория автомобильных дорог <https://rosavtodor.ru/about/upravlenie-fda/upravlenie-zemelno-imushchestvennykh-otnosheniy/edinyy-gosudarstvennyy-reestr-avtomobilnykh-dorog/14694>.

3 Региональные и отраслевые нормы межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд и покрытий (ВСН 41-88) 7 апреля 1988 г. № 16-23/120 Минавтодором РСФСР 03.06.88.

4 Справка о сравнительной стоимости строительства автомобильных дорог в Российской Федерации и зарубежных странах – https://www.hse.ru/infrastructure/sravnitel'naya_stoimost_stroitelstva_avtodorog.

5 Дороги в России – <https://www.vedomosti.ru/realty/articles/2015/12/03/619429-stoit-kilometr-dorogi>.

6 Данные Института транспорта ВШЭ – <https://www.vedomosti.ru/realty/articles/2015/12/03/619429-stoit-kilometr-dorogi>.

7 Волков А.П., Свердлов А.В., Рыков С.В. Управление экологической безопасностью подземных транспортных сооружений при различных режимах движения транспортных средств. Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Экономика и экологический менеджмент» №3, 2015. – С 179-192.

8 Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения – <http://stat.gibdd.ru/>.

9 Мониторинг автомобильных дорог – <https://gt.madi.ru/gis/monitoring-avtomobilnykh-dorog>.

10 Датчик интенсивности дорожного движения "Аркен" для мониторинга дорожного движения – <https://inteldor.ru/products/arken/>.

11 Отраслевой дорожный методический документ ОДМ 218.2.065-2015 “Методические рекомендации по увеличению межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд” (введен в действие распоряжением Федерального дорожного агентства от 27 января 2016 г. № 111-р).

12 Причины образования различных деформаций дорожного полотна и методы контроля за ними – <https://ceiis.mos.ru/presscenter/news/detail/7577271.html>

13 ГОСТ 33078-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Методы измерения сцепления колеса автомобиля с покрытием. – 2015.

14 Arricale, V.M., Carputo, F., Farroni, F., Sakhnevych, A., Timpone, F. Conference on Image Experimental investigations on tire/road friction dependence from thermal conditions carried out with real tread compounds in sliding contact with asphalt specimens(Conference Paper) – Key Engineering Materials. –2019. – pp. 261–266.

15 Zhang, L., Yang, F., Daniel Zhang, Y., Zhu, Y.J. Road crack detection using deep convolutional neural network(Conference Paper). 23rd IEEE International Conference on Image Processing. – 2016. – pp. 3708–3712.

16 Ameri, M.a, Mansourian, A.b, Heidary Khavas, M.c, Aliha, M.R.M.c,d, Aya-tollahi, M.R. Cracked asphalt pavement under traffic loading – A 3D finite element analysis. Engineering Fracture Mechanics, Volume 78, Issue 8. – 2011. – pp. 1817-1826.

17 Скоробогатченко Д.А. Прогнозирование изменения состояния автомобильных дорог на основе нечетких нейронных сетей // Научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Молодежь и научно-технический прогресс в дорожной отрасли юга России». – 2010. – С. 67–73.

18 Yarram, S., Varma, G., Jawahar, C.V. City-Scale Road Audit System using Deep Learning. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. – 2018. – pp. 635–640.

19 Самарцева А.В., Абрамов Н.С., Слободин И.С., Моор А.Д.. Исследование износа дорожного покрытия с применением лазерного сканирования. Южно-

Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет), Челябинск, 2019. – С 594-604

20 Jan Kole, P.A, Löhr, A.J.A, Van Belleghem, F.G.A.J.A,B, Ragas, A.M.J.A,C. Wear and tear of tyres: A stealthy source of microplastics in the environment. International Journal of Environmental Research and Public Health Volume 14, Issue 10. – 2017. – № 1265.

21 Панкратова К.М. Обеспечение безопасности дорожного движения за счет качества дорожного покрытия / Д.Ю. Каширский, С.А. Ульрих // Научная конференция «Организация и безопасность дорожного движения». – Тюмень, 2017. – С. 116–120.

22 El Mazouri, F.Z., Abounaima, M.C., Zenkouar, K. Data mining combined to the multicriteria decision analysis for the improvement of road safety: case of France. Journal of Big Data Volume 6, Issue 1. – 2019. – № 5.

23 Безматерных, Г.Ю. Мониторинг технического состояния участка дороги по улице Тюменской в городе Омске / И.П. Руманов, В.А. Шнайдер // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации / Сборник материалов III Международной научно-практической конференции. – Омск: СибАДИ, 2019. – С. 212–218.

24 Горелышева Л.А. Результаты исследования износа асфальтобетонного покрытия на автомобильной дороге «Уфа – Аэропорт» // Сборник статей и докладов Ежегодной научной сессии. Издательство: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). – Москва, 2015.– С. 113–123.

25 Указ «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» от 7 мая 2018 г.

26 Справочная энциклопедия дорожника. Т. II. Ремонт и содержание автомобильных дорог. Под ред. проф. А.П. Васильева. - М., 2004.

27 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог: ОДН 218.0.006-2002 / Гос. служба дор. хоз-ва (Росавтодор) Минтранса России. - М.: Информавтодор, 2002. - 138 с.

28 Официальный сайт компании Riegl [Электронный ресурс] – www.riegl.ru – (дата обращения: 03.10.2019).

29 Новаковский Б.А., Пермяков Р.В., Комплексное геоинформационно-фотограмметрическое моделирование рельефа: учебное пособие. – М.: Изд-во МИИГАиК. 2019. – 175 с.

30 Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Ч. 1. - М.: Транспорт, 1987. - 368 с.

31 Погода в Челябинске – <https://www.gismeteo.ru/weather-chelyabinsk>.

32 Бурлуцкий А.А. К анализу методов повышения скоростей движения транспортных потоков на улицах крупных городов // Бурлуцкий А.А., Сидоренко Н.Н., Пушкарева Г.В. // Вестник ТГАСУ №5. 2015.

33 Таблица ЭСНиЕРс-01-02-005 Ямочный ремонт асфальтобетонных покрытий асфальтобетонной смесью с разломкой старого покрытия – <https://sudact.ru/law/prikaz-mintransa-rossii-ot-04122013-n-448/otraslevye-smetnye-normativy-primeniayemye-pri-razdel-2/tablitza-esniers-01-02-005-iamochnyi-remont-asfaltobetonnykh/>.

34 Технические характеристики общественного транспорта – <https://spectekhnika.info/maz-107/>.

35 СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги. Нормы проектирования / Госстрой СССР. - М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. - 56 с.

36 ГОСТ Р 54401-2011. Дороги автомобильные общего пользования. Асфальтобетон дорожный литой горячий. Технические требования [Текст]. – Введ. 2012-05-01. – М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии: Изд-во стандартов, 2011.

37 Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочник инж.-дор. / Под ред. А.П. Васильева. - М.: Транспорт, 1989.

38 ОДМ. Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах. Часть 1-3. – М.: Информавтодор, 2002. – 181 с.

39 ГОСТ Р 50597-93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения. - Ввел. 01.07.94; Ввел, впервые. - М.: ИПК Изд-во стандартов, 1993. - 14 с.

40 Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц. - М.: «Академия», 2008. - 352 с.

41 Методические Рекомендации по ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования от 17 марта 2004 г. N ОС-28/1270.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А – КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ

Вид дефекта	Баллы
1	2
Без дефектов, поперечные одиночные трещины на расстоянии более 40 м (для переходных покрытий – отсутствие дефектов)	5,0
Поперечные одиночные трещины (для переходных покрытий – отдельные выбоины) на расстоянии 20–40 м между трещинами	4,9
То же, на расстоянии 10–20 м	4,6
Поперечные редкие трещины (для переходных покрытий – выбоины) на расстоянии 8–10 м	4,3
То же, на расстоянии 6–8 м	3,9 (3,5)
То же, на расстоянии 4–6 м	3,6 (2,5)
Поперечные частые трещины на расстоянии между соседними трещинами 3–4 м	3,2
То же, на расстоянии 2–3 м	2,9
То же, на расстоянии 1–2 м	2,6
Продольная центральная трещина	4,5
Продольные боковые трещины	3,5
Одиночная сетка трещин на площади до 10 м ² с ячейками: крупными (сторона ячейки более 0,5 м)	3,0
мелкими (сторона ячейки менее 0,5 м)	2,5
Густая сетка трещин на площади до 10 м ²	2,0
Сетка трещин на площади более 10 м ² при относительной площади, занимаемой сеткой, 30 %–10 %	2,3
То же, 60 %–30 %	1,9
То же, 90 %–60 %	1,6
Просадки (пучины) при относительной площади просадок 20 %–10 %	1,2
То же, 50 %–20 %	0,9
То же, более 50 %	0,5
Проломы дорожной одежды (вскрывшиеся пучины) при относительной площади, занимаемой проломами, 10 %–5 %	1,2
То же, 30 %–10 %	0,9
То же, более 30 %	0,5
Одиночные выбоины на покрытиях, содержащих органическое вяжущее (расстояние между выбоинами более 20 м)	4,5

1	2
Отдельные выбоины на покрытиях, содержащих органическое вяжущее (расстояние между выбоинами 10–20 м)	3,5
Редкие выбоины в тех же случаях (расстояние 4–10 м)	2,7
Частые выбоины в тех же случаях (расстояние 1–4 м)	2,2
Карты заделанных выбоин, залитые трещины	3,0
Поперечные волны, сдвиги	2,4

Примечание – В скобках дана оценка дефекта для дорожных одежд переходного типа.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – ДТП ПО ВИДАМ ЗА 2020 ГОД



Раздел 5. Дорожно-транспортные происшествия и пострадавшие по видам ДТП, январь - апрель 2020

Наименование показателя	№ строки	Челябинская область					
		ДТП		Погибло		Ранено	
		абс	± % к АППГ	абс	± % к АППГ	абс	± % к АППГ
А	Б	1	2	3	4	5	6
ДТП и пострадавшие - всего	1	1010	-12,8	86	-11,3	1324	-13,4
--из них по видам дтп--							
при столкновениях транспортных средств	2	526	-8,8	52	стаб.	800	-10,5
при опрокидываниях транспортных средств	3	56	-12,5	5	стаб.	62	-39,8
с наездом на стоящее транспортное средство	4	15	-11,8	0	-100,0	23	-14,8
с наездом на пешехода	5	291	-20,3	19	-40,6	288	-17,0
с наездом на препятствие	6	64	-3,0	8	33,3	80	-5,9
с наездом на велосипедиста	7	6	-45,5	0	-100,0	6	-40,0
с наездом на гужевой транспорт	8	0	-100,0	0	-100,0	0	-100,0
с падением пассажира	9	28	-17,6	0	-100,0	28	-22,2
с наездом на животное	10	0	-100,0	0	-100,0	0	-100,0
иных видов	11	24	стаб.	2	100,0	37	37,0
на месте которых зафиксированы нарушения обязательных требований к эксплуатационному состоянию автомобильных дорог и железнодорожных переездов по условиям обеспечения БДД	12	509	-21,9	52	-5,5	689	-21,3
--из них с НДУ--							
на пешеходных переходах	13	113	-26,1	6	-33,3	122	-20,3
в городах и населенных пунктах	14	442	-20,9	26	-18,8	578	-18,4
на автомобильных дорогах общего пользования	15	499	-21,4	51	-5,6	680	-20,7
--в том числе--							
в границах населенных пунктов	16	432	-20,3	25	-19,4	569	-17,7
из-за эксплуатации технически неисправных транспортных средств	17	34	стаб.	1	стаб.	62	47,6

ПРИЛОЖЕНИЕ В – ОБЪЕМЫ РАСХОДОВАНИЯ ДОРОЖНОГО ФОНДА

Информация об основных направлениях и объемах расходования ассигнований Дорожного фонда Челябинской области в 2020 году (по состоянию на 01.04.2020 г.)	Объем расходования ассигнований дорожного фонда, тыс. руб.
Всего	19 802 987,80
<i>в том числе:</i>	
1. Автомобильные дороги регионального значения	11 441 667,60
<i>из них:</i>	
- Содержание автомобильных дорог общего пользования регионального значения	5 633 269,40
- Ремонт и капитальный ремонт автомобильных дорог общего пользования регионального значения	2 340 695,10
- Ремонт и капитальный ремонт автомобильных дорог общего пользования регионального значения (в рамках регионального проекта «Дорожная сеть»)	964 730,00
- Финансовое обеспечение дорожной деятельности на автомобильных дорогах регионального или межмуниципального значения (в рамках федерального проекта «Дорожная сеть»)	522 000,00
- Строительство и реконструкция автомобильных дорог общего пользования регионального значения	751 023,00
- Строительство и реконструкция автомобильных дорог общего пользования регионального значения (в рамках регионального проекта «Дорожная сеть»)	678 910,00
- Развитие транспортной инфраструктуры на автомобильных дорогах регионального или межмуниципального значения на сельских территориях в рамках Государственной программы Челябинской области «Комплексное развитие сельских территорий в Челябинской области»	121 512,30
- Развитие транспортной инфраструктуры на автомобильных дорогах регионального или межмуниципального значения на сельских территориях в рамках Государственной программы Челябинской области «Комплексное развитие сельских территорий в Челябинской области» (за счет средств федерального бюджета)	104 422,90
- Обеспечение деятельности (оказание услуг) подведомственных казенных учреждений	325 104,90
2. Субсидии местным бюджетам	7 908 417,60
<i>из них:</i>	
- Субсидии местным бюджетам на софинансирование расходных обязательств муниципальных образований по строительству и реконструкции автомобильных дорог общего пользования местного значения	642 622,40
- Субсидии местным бюджетам на софинансирование расходных обязательств муниципальных образований по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования местного значения	2 004 950,50
- Субсидии на софинансирование расходных обязательств по строительству и реконструкции автомобильных дорог общего пользования местного значения административного центра Челябинской области	1 040 400,00
- Субсидии на софинансирование расходных обязательств по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования местного значения административного центра Челябинской области	2 477 289,9
- Финансовое обеспечение дорожной деятельности на территориях муниципальных образований Челябинской области и на территории административного центра Челябинской области (в рамках федерального проекта «Дорожная сеть»)	1 150 000,00
- Субсидии на развитие транспортной инфраструктуры на автомобильных дорогах местного значения на сельских территориях в рамках Государственной программы Челябинской области «Комплексное развитие сельских территорий в Челябинской области»	165 819,50
- Субсидии из федерального бюджета на развитие транспортной инфраструктуры на автомобильных дорогах местного значения на сельских территориях в рамках Государственной программы Челябинской области «Комплексное развитие сельских территорий в Челябинской области»	107 335,30
- Внедрение интеллектуальных транспортных систем, предусматривающих автоматизацию процессов управления дорожным движением в муниципальных образованиях Челябинской области (в рамках регионального проекта «Общесистемные меры развития дорожного хозяйства»)	320 000,00
3. Осуществление иных мероприятий в отношении автомобильных дорог общего пользования, финансируемых за счет средств дорожного фонда Челябинской области	452 902,60

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – СМЕТА НА ЯМОЧНЫЙ РЕМОНТ

Шифр	Наименование элемента затрат	Ед. изм.	Баз. цена руб.	01-02-005-1	01-02-005-2	01-02-005-3
0-0001	Рабочий 1 разряда	чел.-ч	101,98	15,54	18,00	11,64
0-0002	Рабочий 2 разряда	чел.-ч	122,38	15,54	12,00	7,76
0-0003	Рабочий 3 разряда	чел.-ч	142,78	23,31	24,00	15,52
0-0004	Рабочий 4 разряда	чел.-ч	163,17	7,77	6,00	3,88
2	Затраты труда машинистов	чел.-ч		23,31	18,00	11,64
3	МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ					
050102	Компрессоры передвижные с двигателем внутреннего сгорания давлением до 686 кПа (7 ат) 5 м3/мин.	маш.-ч	323,56 163,17	7,77	6,00	3,88
120906	Катки дорожные самоходные гладкие 8 т	маш.-ч	483,11 183,58	7,77	6,00	3,88
121550	Машины дорожной службы	маш.-ч	552,65 163,17	7,77	6,00	3,88
330804	Молотки при работе от передвижных компрессорных станций отбойные	маш.-ч	17,59	7,77	12,00	7,76
4	МАТЕРИАЛЫ					
101-1797	Эмульсия битумная дорожная	т	12053,95	0,053	0,0667	0,0667
410-9010	Смесь асфальтобетонная	т	4081,23	11,70	16,40	16,40
Оплата труда рабочих-строителей		руб.		8082,59	7709,94	4985,76
Эксплуатация машин		руб.		10698,59	8367,00	5410,66
в том числе						
Оплата труда машинистов		руб.		3962,08	3059,52	1978,49
Материальные ресурсы		руб.		48389,25	67736,17	67736,17
Всего, прямые затраты		руб.		67170,43	83813,11	78132,59