ОДМ 218.9.003-2015

ОТРАСЛЕВОЙ ДОРОЖНЫЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ ДОКУМЕНТ



ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
РОСАВТОДОР

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРИМЕНЕНИЮ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД В ПИЛОТНОЙ ЗОНЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ М6 «КАСПИЙ» (ДЛЯ ОПЫТНОГО ПРИМЕНЕНИЯ)

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ДОРОЖНОЕ АГЕНТСТВО
(РОСАВТОДОР)

Москва 2014

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАНЫ федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Московский автомобильно-дорожным государственный технический университет (МАДИ)».

Коллектив авторов: д-р техн. наук В.П. Носов, канд. техн. наук А.А. Фотиади, канд. техн. наук В.И. Бочкарев, канд. техн. наук Е.В. Жустарева, с.н.с. С.С. Коновалов, инженер Д.Н. Большаков, инженер И.А. Осипов, инженер А.В. Ващенко, инженер О.В. Иванова.

2 ВНЕСЕНЫ Управлением научно-технических исследований и информационного обеспечения и Управлением эксплуатации и сохранности автомобильных дорог Федерального дорожного агентства.

3 ИЗДАНЫ на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от_____№_____

4 ИМЕЮТ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ ХАРАКТЕР.

5 ВВЕДЕНЫ ВПЕРВЫЕ.

Содержание

1 Область применения .....
2 Термины и определения .....
3 Общие положения .....
4 Сбор исходных данных и их хранение .....
5 Методика мониторинга состояния дорожных одежд.....
6 Методика обработки и представления результатов мониторинга.....
7 Разработка стратегии ремонтных мероприятий по улучшению состояния проезжей части дорожных одежд.....
8 Оценка экономической эффективности принятой стратегии ремонтных мероприятий .....
9 Методика прогнозирования остаточного срока службы покрытия автомобильной дороги.....
Приложение А.....
Библиография.....

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

Методические рекомендации по применению системы управления состоянием дорожных одежд в пилотной зоне автомобильной дороги М6 «Каспий» (для опытного применения)

1 Область применения

Настоящие методические рекомендации по применению системы управления состоянием дорожных одежд устанавливают рекомендации по оценке состояния и эффективному планированию дорожно-ремонтных мероприятий в процессе эксплуатации автомобильной дороги.

Методические рекомендации предназначены для органов управления автомобильными дорогами, а также структурных подразделений и организаций, ответственных за состояние автомобильных дорог или участков дорог. Методические рекомендации могут быть также использованы при оценке качества выполненных работ подрядными организациями в процессе ремонта дорожных одежд или покрытий по заказам органов управления автомобильными дорогами.

2 Термины и определения

В настоящих методических рекомендациях применены следующие термины с соответствующими определениями:

2.1 **дорожная одежда:** Многослойная конструкция в пределах проезжей части автомобильной дороги, воспринимающая нагрузку от транспортного средства и передающая её на грунт. Традиционно включает три элемента: покрытие, основание и дополнительные слои основания, каждый из которых может включать несколько слоёв.

2.2 **капитальный ремонт дорожной одежды:** Комплекс работ, при котором производится восстановление и повышение прочности дорожной одежды .

2.3 **мониторинг дорожной одежды:** Система сбора, обработки и хранения данных о состоянии дорожной одежды с целью использования данной информации для принятия управленческих решений при планировании работ по ремонту по ремонту покрытий и дорожной одежды.

2.4 **объект управления:** Автомобильная дорога или участок автомобильной дороги, где применяется система управления состоянием дорожной одежды.

2.5 **ремонт покрытия**: Комплекс работ по восстановлению транспортно-эксплуатационных характеристик покрытия, при котором производится возмещение износа покрытия, восстановление и улучшение его ровности и сцепных качеств, с предварительным устранением всех имеющихся повреждений покрытия.

2.6 **ремонтное мероприятие***:* Любое действие, направленное на устранение тех или иных повреждений слоев дорожной одежды, улучшающее транспортно-эксплуатационные качества автомобильной дороги.

2.7 **система управления:** Комплекс мероприятий, включающий сбор и хранение информации о существующем объекте после завершения его строительства, периодический мониторинг состояния проезжей части и динамики её изменения с учётом выполненных ремонтных мероприятий, методику прогнозирования остаточного срока службы, планирование стратегии ремонтных воздействий в процессе её эксплуатации для обеспечения необходимого уровня в соответствии с действующими стандартами

2.8 **состояние дорожной одежды:** Комплекс фактических параметров и характеристик конструкции дорожной одежды с количественной оценкой её

повреждений, возникающих в процессе эксплуатации автомобильной дороги под воздействием транспортного потока и погодно-климатических факторов.

2.9 **сегмент полосы движения**: участок полосы движения определённой длины (100 м, 50 м) подлежащий оценке по результатам мониторинга.

3 Общие положения

3.1 Основное назначение системы управления состоянием дорожных одежд состоит в оказании помощи органам управления в обосновании решений при выборе стратегии ремонтных мероприятий для отдельных автомобильных дорог или сетей автомобильных дорог. Система предназначена для использования как при обосновании требуемого финансирования для достижения планируемых показателей (индикаторов), так и при распределении выделенных средств по отдельным участкам автомобильных дорог и видам ремонтных воздействий.

3.2 В качестве основных индикаторов состояния в системе управления используются: продольная ровность каждой полосы проезжей части, глубина колеи, показатель растрескивания, площадь повреждений, коэффициент сцепления. Оценке по перечисленным индикаторам подлежит каждая полоса автомобильной дороги на всем ее протяжении.

3.3 Оценка состояния покрытия проезжей части производится для сегментов полосы движения длиной не более 100 м.

3.4 Важнейшей особенностью системы управления дорожными одеждами является адресная привязка каждого сегмента полосы проезжей части. При анализе интенсивности образования и развития повреждений должно быть обеспечено соответствие границ каждого сегмента для возможности сопоставления результатов, получаемых в различные моменты времени.

3.5 Система управления включает в себя следующие блоки:

– первичная информация об объекте;

– методика регулярного мониторинга основных индикаторов состояния;

– система хранения, обработки и представления основных индикаторов состояния;

– данные о выполненных ремонтных мероприятиях;

– процедуры выбора стратегии;

– оценка экономической эффективности принятой стратегии;

– методика прогноза остаточного срока службы;

3.6 Для управления состоянием дорожных одежд необходимо иметь исходную, первичную информацию об объекте наблюдения, данные о состоянии проезжей части, позволяющие определить динамику изменения её состояния во времени, данные о проводимых ремонтных мероприятиях.

3.7 Важнейшим элементом системы управления является мониторинг состояния проезжей части автомобильной дороги с периодичностью два раза в год каждой полосы движения на всём протяжении автомобильной дороги.

3.8 Даты проведения работ в процессе мониторинга следует увязывать с завершением периода оттаивания земляного полотна в преддверии наступления сезона строительных и ремонтных работ в весенний период и в конце осени до наступления отрицательных температур. Второй раз в течение года предпочтительным временем проведения мониторинга следует считать период после завершения строительного сезона до образования на проезжей части снежно-ледяных отложений, ухудшающих определение основных индикаторов состояния дорожных одежд и фиксирование поверхностных повреждений дорожного покрытия.

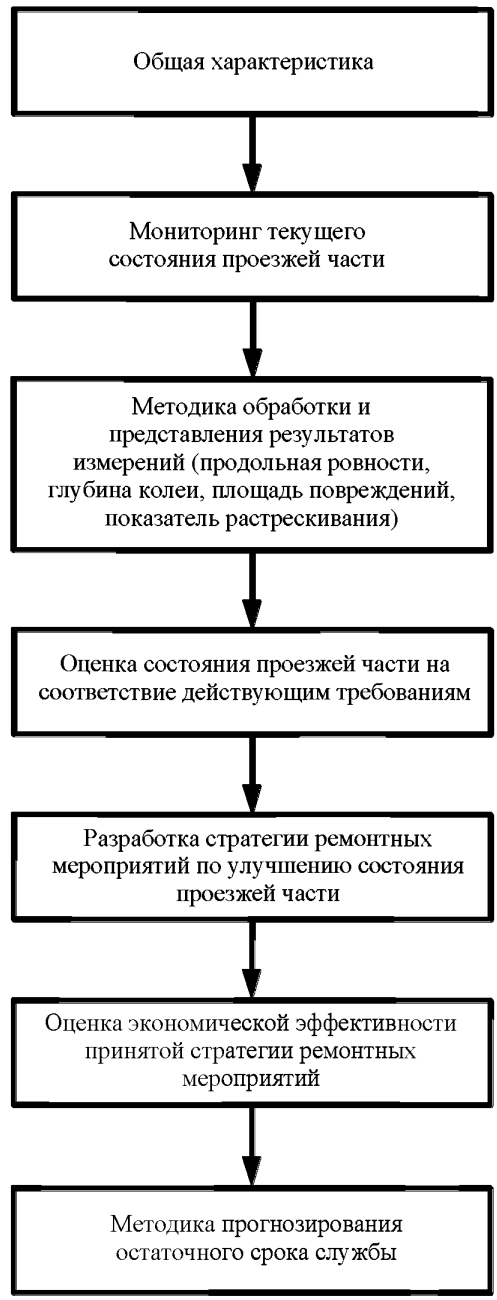


Рисунок 1 – Структурная блок-схема системы управления состоянием дорожных одежд

4. Сбор исходных данных и их хранение

4.1 Сбор исходных данных заключается в определении общей первичной, информации об автомобильной дороге с момента введения её в эксплуатацию, а также данных о всех видах ремонтных воздействий в процессе эксплуатации.

4.2 Исходные данные включают в себя год строительства земляного полотна и слоёв дорожной одежды, данные об использованных материалах в слоях дорожной одежды, а также регулярно-возобновляемые данные об интенсивности и составе транспортного потока с момента начала эксплуатации автомобильной дороги.

4.3. На существующих автомобильных дорогах для применения системы управления состоянием дорожной одежды необходимо выполнить сбор данных о видах проводимых работ и ремонтных мероприятий с момента завершения строительства дорожной одежды с указанием конструктивных решений.

4.4 Хранение исходных данных должно осуществляется формате, позволяющем систематизировать данные по адресам участков, времени проведения работ, видам ремонтных мероприятий с их конструктивными решениями.

5 Методика мониторинга состояния дорожных одежд

5.1 Мониторинг состояния дорожных одежд состоит в периодическом сборе данных о состоянии проезжей части для определения основных параметров и их текущего изменения с целью установления необходимости в ремонтных мероприятиях и прогнозировании остаточного ресурса срока службы конструкции.

5.2 Наиболее значимыми параметрами состояния проезжей части являются: продольный микропрофиль по двум полосам наката, поперечные профили полосы движения, видеоизображение поверхности проезжей части и шероховатость или коэффициент сцепления покрытия. Эти параметры позволяют вычислить основные оценочные индикаторы состояния проезжей части: продольную ровность, глубину колеи, площадь повреждений, показатель растрескивания, коэффициент сцепления.

5.3 Обследование дороги или участка дороги и измерение основных индикаторов состояния проезжей части должно выполняться в пределах

каждой из полос движения. Каждой полосе движения присваивается порядковый номер (рисунок 2 и 3).

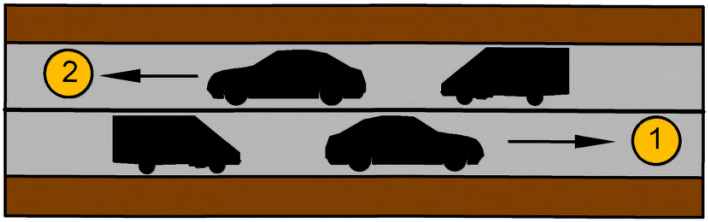


Рисунок 2 – Нумерация полос движения при проведении мониторинга состояния двухполосной проезжей части

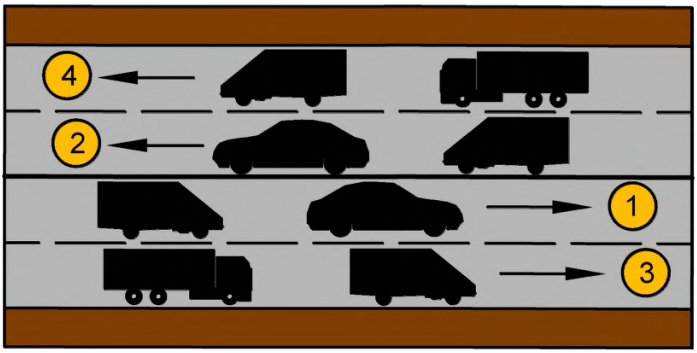


Рисунок 3 – Нумерация полос движения при проведении мониторинга состояния четырёхполосной проезжей части

5.4 С целью систематизации данных, в случае значительной протяжённости автомобильной дороги, проходящей в разных природно-климатических условиях или распределённой по разным эксплуатирующим организациям, дорога может быть разделена на отдельные участки ограниченной протяжённости.

5.5 Для мониторинга следует применять современные высокопроизводительные средства, обеспечивающие получение перечисленной выше информации по всей протяженности дороги в формате,

пригодном для хранения и обработки с помощью специальных программных средств.

5.6 Периодический сбор данных о состоянии проезжей части должен осуществляться передвижной лабораторией, представляющей собой автомобиль, оборудованный комплексом измерительной аппаратуры для фиксации основных параметров состояния проезжей части и окружающей обстановки с автоматической привязкой собранных данных к местности.

5.7 Данные, записываемые при проезде передвижной лабораторией, должны содержать изображение покрытия и окружающей обстановки, продольный микропрофиль по двум полосам наката, поперечный профиль полосы движения шириной не менее 4 метров, и данные геопривязки.

5.8 Видеосъёмка должна выполнятся камерами с общим обзором в горизонтальном направлении не менее 180°, с разрешающей способностью и шагом съемки (расстоянием между последовательными кадрами вдоль направления движения), достаточными для определения видимых повреждений на покрытии и распознавания элементов окружающей обстановки и обустройства.

5.9 Определение расчетных показателей продольной ровности должно осуществляться на основании продольного микропрофиля, представляющего собой набор высотных отметок покрытия с шагом не более 0,25 м. Точность измерения должна соответствовать требованиям действующего стандарта к профилометрам 1-го класса точности. Измерение продольного профиля должно производиться по двум полосам наката.

5.10 Определение глубины колеи должно производиться на основании измеренных поперечных профилей в виде поперечных сечений поверхности полосы движения с шагом в продольном направлении не более 2 м и шагом высотных отметок в поперечном направлении не более 5 см. Глубина колеи определяется как максимальный просвет под рейкой, уложенной на края колеи. Измерения поперечного профиля должны обеспечивать определение

глубины колеи с погрешностью не более 1 мм с осреднением на участках длиной 10 метров.

5.11 Геопривязку следует выполнять для сравнения результатов повторных обследований с погрешностью не более 1 м. Повторяемость привязки должна быть обеспечена в случаях изменения положения элементов обустройства дороги (перенос опор дорожных знаков, опор ЛЭП и освещения и других объектов. . В случаях реконструкции или капитального ремонта участка дороги допускается снижать точность привязки до 10 м относительно предыдущих обследований, при этом последующие обследования производятся с погрешностью привязки не более 1 м.

5.12 Состав и формат данных, сохраняемых по результатам обследования, должны обеспечивать при помощи программного обеспечения:

– отображение в графическом и численном представлении показателей продольной и поперечной ровности на всем протяжении дорожного объекта по результатам каждого из проведенных обследований;

– расчет и выдачу показателей состояния покрытия (продольная ровность, глубина колеи, площадь повреждений, показатель растрескивания) для произвольно заданного участка дороги (начало, конец, полоса движения, дата обследования).

– выдачу исходных данных продольной и поперечной ровности (продольный и поперечный профиль в высотных отметках) для произвольно заданного участка дороги;

– выдачу изображения покрытия и окружающей обстановки в заданной точке и в заданное время обследования.

6 Методика обработки и представления результатов мониторинга

6.1 На первом этапе мониторинга должен быть построен план дорожного объекта в условной системе координат для обеспечения соответствия

расположения участков при анализе результатов последующих этапов мониторинга.

6.2 Обработка исходной информации и оперативное представление результатов мониторинга должно осуществляться с применением специального программного продукта.

6.3. Обработка, представление результатов мониторинга и оценка состояния проезжей части должна выполняться в пределах полос движения с длиной сегмента полосы движения не более 100 м.

6.4 Обработка повреждений проезжей части в зависимости от применяемого комплекса оборудования передвижной лаборатории осуществляется в автоматическом или ручном режиме.

6.5 Представление результатов повреждений проезжей части должно быть представлено в двух формах.

Первая форма результатов должна обеспечивать вывод всех имеющихся на проезжей части повреждений на созданном плане дороги с чёткой привязкой к местности (рисунок 4).

Вторая форма представления результатов может быть выполнена одним из двух способов:

– в виде ведомости полного списка повреждений в табличной форме с их привязкой и количественной мерой (длина, ширина) (рисунок 5);

– в виде обобщённых показателей для отрезков дороги заданной длины (количество и суммарная длина трещин, суммарная площадь повреждений и т.д. для сегмента длиной не более 100 м) (рисунок 6).

6.6 Результаты наблюдений за развитием повреждений предназначены для прогнозирования ухудшения условий движения по автомобильной дороге, на базе которых могут быть рассчитаны экономические потери в сфере транспортирования пассажиров и грузов.

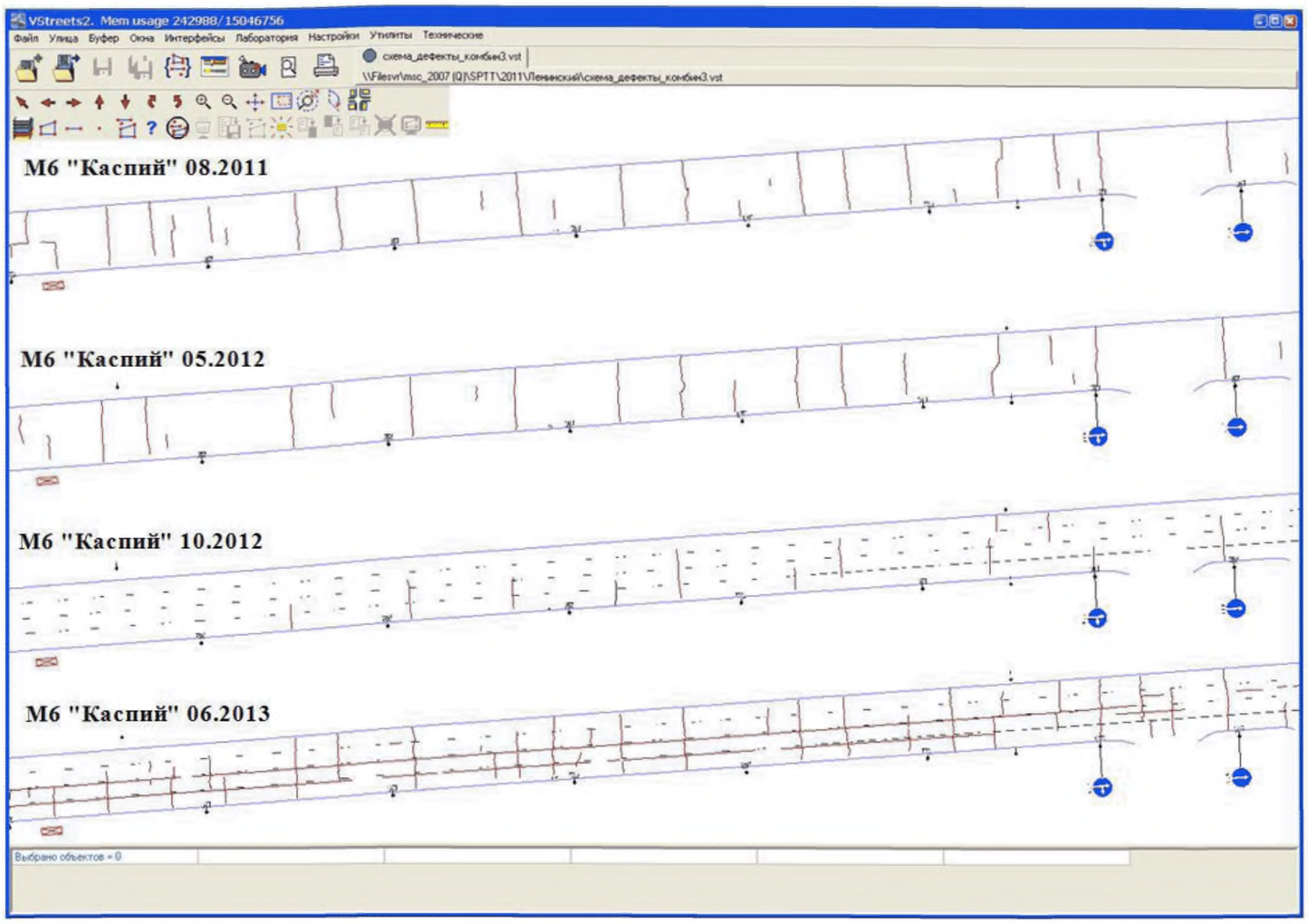


Рисунок 4 – Пример плана участка дороги с расположением повреждений проезжей части с привязкой к местности

Таблица площадных дефектов

Начало	Конец	Длина	Площадь	Примечание
136724.6	136725.3	-	0.1	Разрушение продольного шва
136718.0	136718.5	-	0.1	Разрушение угла плиты
136716.2	136718.0	-	0.2	Разрушение продольного шва
136672.0	136672.1	-	0.0	Разрушение поперечного шва
136672.7	136673.6	-	0.2	Площадное разрушение
136665.8	136665.8	-	0.0	Разрушение поперечного шва
136660.3	136660.6	-	0.0	Разрушение поперечного шва
136662.8	136663.4	-	0.1	Площадное разрушение
136659.9	136660.3	-	0.1	Разрушение поперечного шва
136625.8	136626.0	-	0.1	Разрушение поперечного шва
136625.5	136625.8	-	0.2	Разрушение поперечного шва
136613.6	136614.0	-	0.1	Разрушение поперечного шва
136613.6	136613.9	-	0.0	Площадное разрушение
136573.2	136573.6	-	0.1	Разрушение поперечного шва
136567.4	136567.8	-	0.1	Разрушение поперечного шва
136561.3	136561.6	-	0.1	Разрушение поперечного шва
136549.5	136549.8	-	0.0	Разрушение поперечного шва
136549.4	136549.6	-	0.0	Разрушение поперечного шва
136549.3	136549.6	-	0.1	Разрушение угла плиты
136532.1	136532.8	-	0.2	Разрушение поперечного шва
136526.9	136527.0	-	0.0	Разрушение поперечного шва
136513.2	136514.0	-	0.1	Разрушение продольного шва
136507.3	136507.6	-	0.0	Разрушение продольного шва
136490.6	136491.1	-	0.1	Разрушение угла плиты
136491.1	136491.4	-	0.1	Разрушение угла плиты
136489.9	136490.3	-	0.1	Площадное разрушение
136485.0	136485.5	-	0.4	Разрушение поперечного шва
136470.8	136472.1	-	0.4	Разрушение продольного шва
136465.6	136465.8	-	0.0	Разрушение продольного шва
136437.5	136437.6	-	0.0	Разрушение поперечного шва
136437.5	136437.7	-	0.2	Разрушение поперечного шва
136437.7	136438.1	-	0.0	Разрушение угла плиты

Копировать Access Сохранить Закрыть

Рисунок 5 – Пример ведомости полного списка повреждений

Таблица_____ – _____
номер наименование таблицы

Наименование повреждения	**Ед. изм.**	**Период наблюдения**				
		08.2011 г.	05.2012 г.	10.2012 г.	06.2013 г.	10.2013 г.
Суммарная длина трещин	м/100 м	17,5	25,0	25,0	33,75	48,5
Количество плит с трещинами	шт./100 м	5	6	6	9	13
Суммарная площадь повреждений	м²/100 м	8	9	9	13	15
Процент разрушенных швов	%/100 м	2,5	5,0	5,0	7,0	13
/_____/	-	-	-	-	-	-
/_____/	-	-	-	-	-	-
/_____/	-	-	-	-	-	-

Рисунок 6 – Пример представления результатов повреждений на дорожном покрытии в виде таблицы

6.7 Результатом обработки данных по продольной ровности должна быть оценка состояния по шкале IRI м/км с длиной сегмента 100 м, обозначаемый IRI_{100}.

6.8 Обработка данных по продольной ровности и расчет показателя IRI производится в соответствии со стандартом СТО МАДИ 02066517.1-2006 [2].

6.9 Результаты мониторинга данных продольной ровности проезжей части должны быть представлены в виде непрерывных данных по всему обследуемому участку за все периоды наблюдений, как показано на рисунке 7.

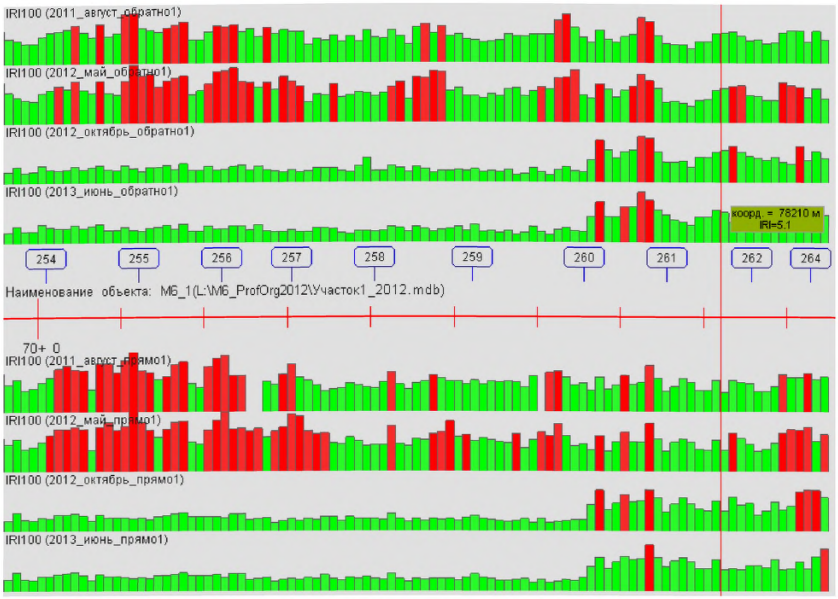


Рисунок 7 – Пример представления результатов продольной ровности проезжей части по шкале IRI_{100} по длине участка дороги в течение периода наблюдений (зелёным цветом IRI≤6 м/км; красным цветом IRI>6 м/км)

6.10 Оценка продольной ровности автомобильной дороги с усовершенствованным покрытием определяется количеством сегментов в процентах, попадающих в тот или иной интервал, представленный в таблице 1.

Таблица 1 - Состояние покрытия по продольной ровности

Состояние покрытия	Значение IRI_{100}, м/км
Отличное	менее 2
Хорошее	от 2 до 4
Удовлетворительное	от 4 до 6
Неудовлетворительное	более 6

6.11 Динамика изменения продольной ровности представляется зависимостью, показывающей изменение доли общей протяженности рассматриваемого участка в неудовлетворительном состоянии в

зависимости от времени (рисунок 8). Дополнительными характеристиками текущего состояния продольной ровности могут быть среднее значение IRI, среднеквадратическое отклонение и коэффициент вариации в пределах рассматриваемого участка представляемые в виде таблицы (рисунок 9).

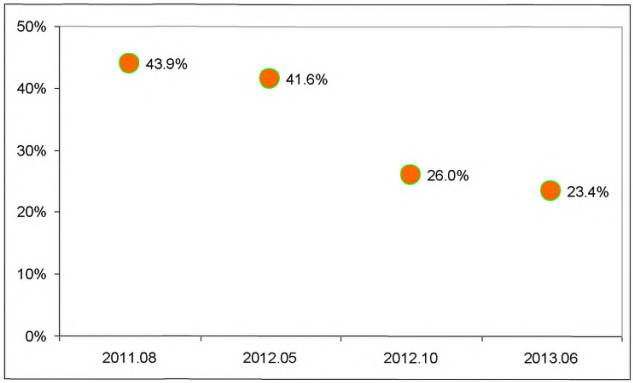


Рисунок 8 – Пример представления результатов по динамике изменения доли протяженности участка в неудовлетворительном состоянии IRI100>6 м/км

Таблица_____ – _____
номер наименование таблицы

Статистическая характеристика	Среднее арифметическое значение	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
Дата обследования	**Полоса 1**		
Август 2011 г.	5,42	1,89	0,35
Май 2012 г.	5,23	2,06	0,39
Октябрь 2012 г.	4,24	2,03	0,48
Июнь 2013 г	4,09	2,01	0,49
Полоса 2			
Август 2011 г.	5,42	1,90	0,35
Май 2012 г.	5,35	2,11	0,39
Октябрь 2012 г.	4,31	2,12	0,49
Июнь 2013 г	4,12	2,14	0,52
В двух направлениях			
Август 2011 г.	5,42	1,89	0,35
Май 2012 г.	5,29	2,09	0,39
Октябрь 2012 г.	4,28	2,07	0,48
Июнь 2013 г	4,10	2,07	0,51

Рисунок 9 – Пример представления результатов по статистическим характеристикам продольной ровности проезжей части в виде таблицы

6.12 Результаты мониторинга и динамику изменения состояния при укрупнённой оценке можно представлять также в виде циклограмм, показывающих доли протяженности в процентах в том или ином состоянии в моменты проведения мониторинга (рисунок 10).

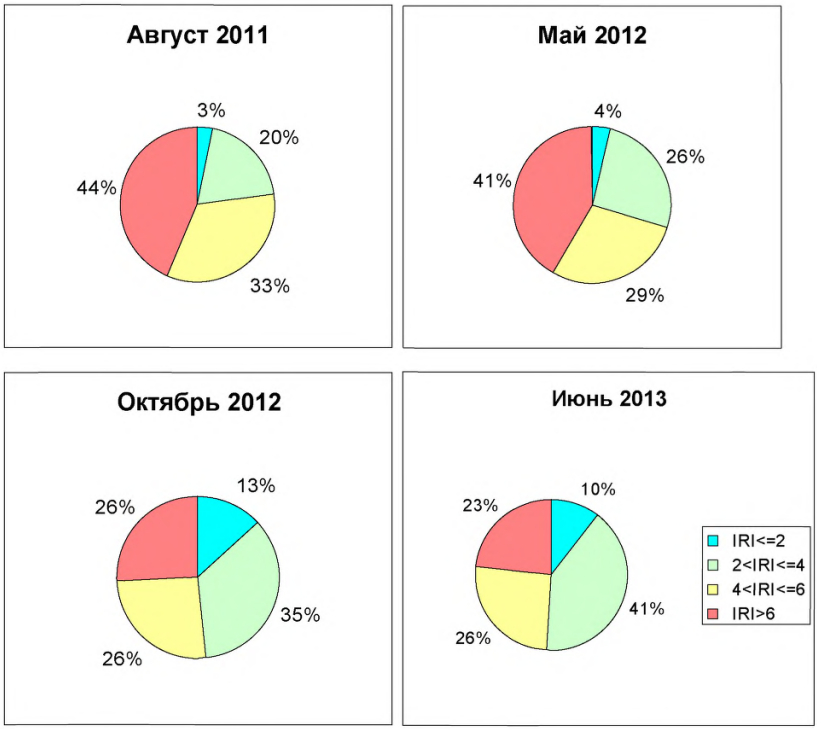


Рисунок 10 – Пример представления результатов распределения протяженности по интервалам продольной ровности (IRI100 м/км) в виде циклограммы

6.13 Результатом обработки данных по поперечной ровности являются средние значения глубины колеи по каждому сегменту полосы движения, обозначаемые как $К_{100}$.

6.14 Для визуальной оценки результатов и особенностей распределения глубины колеи по длине участка в разные периоды мониторинга, данные

поперечной ровности должны быть представлены в виде графиков, как показано на рисунке 11.

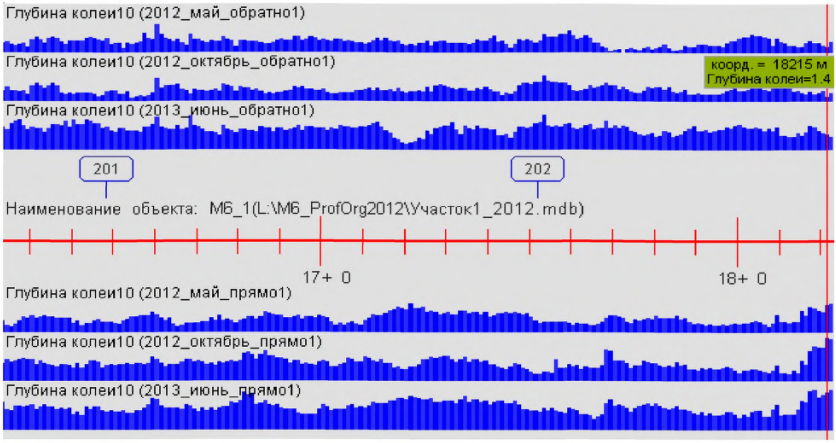


Рисунок 11 – Пример представления результатов мониторинга поперечной ровности по глубине колеи по длине участка дороги в течение периода наблюдений

6.15 Оценку состояния проезжей части участка автомобильной дороги по поперечной ровности следует выполнять в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 - Состояние покрытия по поперечной ровности

Состояние покрытия	Значение $К_{100}$, мм
Отличное	менее 4
Хорошее	от 4 до 8
Удовлетворительное	от 8 до 12
Неудовлетворительное	более 12

6.16 Динамика изменения состояния поперечной ровности представляется зависимостью изменения доли общей протяженности находящейся в неудовлетворительном состоянии ($К_{100}$ более 12 мм) (рисунок 12), а также среднеарифметическим значением, среднеквадратическим отклонением и коэффициентом вариации (рисунок 13).

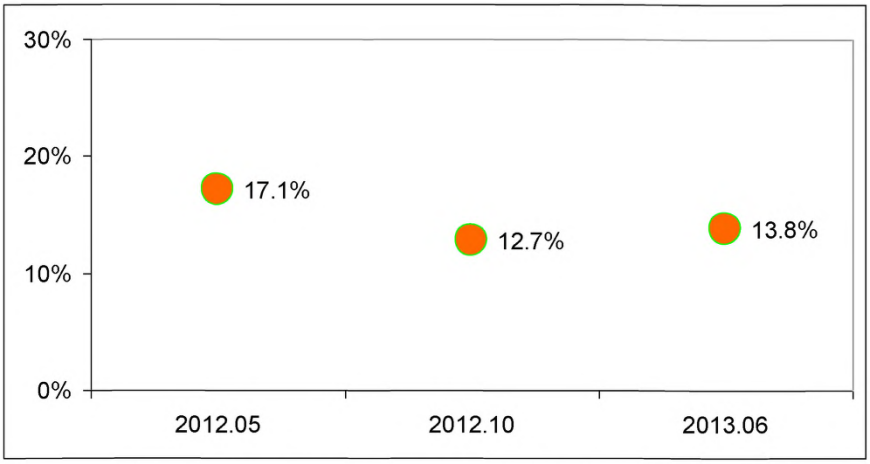


Рисунок 12 – Пример представления результатов по динамике изменения доли протяженности участка в неудовлетворительном состоянии $К_{100}$>12 мм

Таблица_____ – _____
номер наименование таблицы

Статистическая характеристика	Среднее арифметическое значение	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
Дата обследования	**В двух направлениях**		
Май 2012 г.	7,48	5,42	0,73
Октябрь 2012 г.	6,39	4,99	0,78
Июнь 2013 г	6,23	5,36	0,86

Рисунок 13 – Пример представления результатов по статистическим характеристикам поперечной ровности проезжей части в виде таблицы

6.17 Результаты мониторинга и динамику изменения состояния при укрупнённой оценке состояния покрытия следует представлять в виде циклограмм, вычисляемых, как часть общей протяжённости объекта или его составляющей части в том или ином состоянии, как показано на рисунке 14.

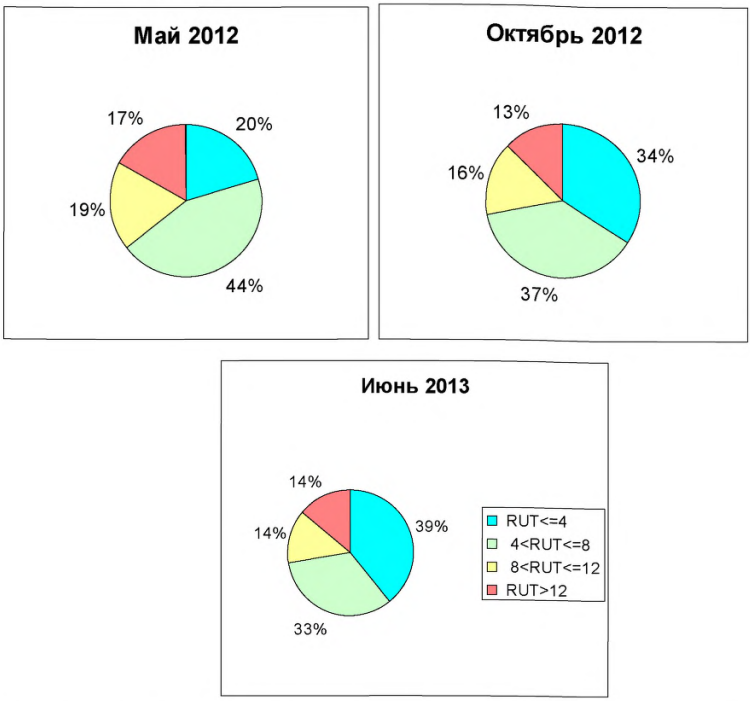


Рисунок 14 – Пример представления результатов представлений результатов поперечной ровности $К_{100}$ мм в виде циклограммы

7 Разработка стратегии ремонтных мероприятий по улучшению состояния проезжей части дорожных одежд

7.1 В процессе эксплуатации автомобильных большое внимание уделяется обеспечению безопасных условий движения и в том числе специальных требований к состоянию проезжей части. Эти требования содержатся в национальном стандарте по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах. Устранение локальных эпизодически возникающих повреждений, в том числе уменьшение коэффициента сцепления осуществляется, как правило, за счет средств выделяемых на содержание автомобильной дороги S_c.

Другая часть средств выделяется на ремонт покрытий в соответствии межремонтными сроками службы дорожных покрытий, утверждёнными Постановлением Правительства РФ $S_р$ [2].

Третью часть средств дорожная организация, отвечающая за состояние дороги, получает на капитальный ремонт дорожной одежды в соответствии с межремонтными сроками службы дорожных одежд $S_{к.р}$.

При реализации этих средств становится необходимым решение задачи о том, на каких участках автомобильной дороги необходимо сделать капитальный ремонт дорожной одежды, на каких ремонт покрытия, а на каких следует ограничится выполнением локальных ремонтных мероприятий за счёт средств на содержание. Формирование таких вариантов и выбор оптимальных решений и составляет суть стратегии выбора ремонтных мероприятий.

7.2 Для предварительного выделения участков, требующих капитального ремонта дорожной одежды предлагается в качестве критерия следующее условие: если показатель продольной ровности IRI_{100} превышает некоторую предельную величину, например по действующим нормам 4 м/км, этот участок требует капитального ремонта. Основанием для определения объема работ будут являться графики, показывающие распределение протяженности участка автомобильной дороги по продольной ровности. Пример такого графика, полученный на основе мониторинга участка автомобильной дороги М6 «Каспий» показан на рисунке 15.

7.3 В зависимости от объема финансирования, выделяемого на капитальный ремонт дорожной одежды, следует устанавливать целевые индикаторы продольной ровности, соответствующие размерам финансирования на предстоящий год. Рассмотрим четыре варианта стратегии. В первом варианте целевой индикатор IRI не более 4 м/км, во втором варианте - не более 6 м/км, в третьем - не более 8 м/км и в четвертом

не более 10 м/км (рисунок16). Соответственно, первый вариант требует наибольшего финансирования, а четвертый - наименьшего.

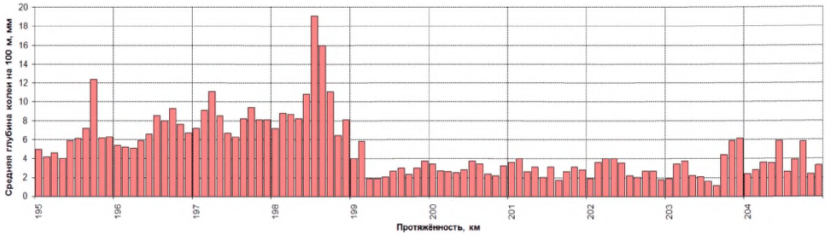


Рисунок 15 – Изменение продольной ровности по протяженности участка автомобильной дороги на примере М6 «Каспий»

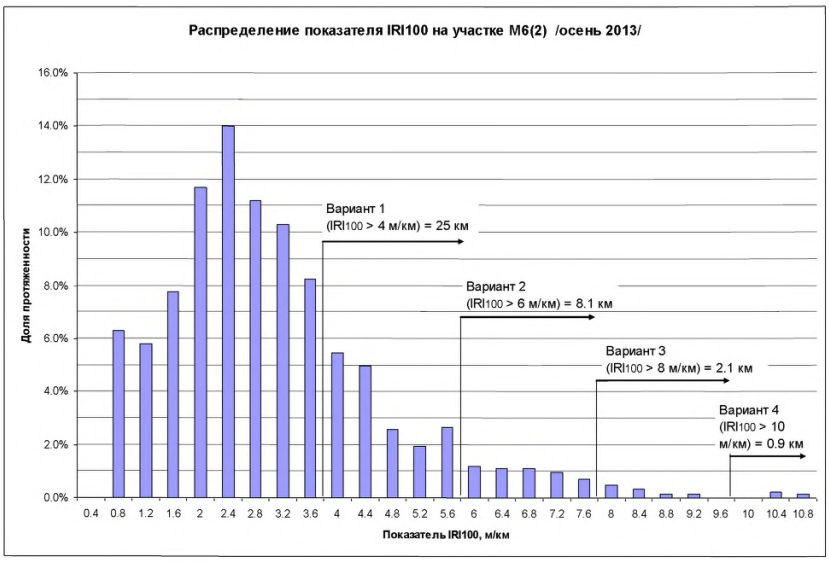


Рисунок 16 – Распределение протяженности участка автомобильной дороги по продольной ровности на примере М6 «Каспий»

7.4 Соответственно этими вариантам должны быть сформированы планы ремонтных работ, включающие набор участков, на которых показатель продольной ровности превышает предельное значение целевого индикатора.

На рисунке 17-20 представлены перечни участков в виде таблиц, требующих капитального ремонта в соответствии с вариантами стратегии.

Таблица_____ – Перечень участков для выполнения капитального
номер наименование таблицы
ремонта при IRI_{100}<4 м/км

Начало участка, км+м	Длина участка, м	Начало участка, км+м	Длина участка, м
301+000	200	354+900	100
301+500	800	357+400	100
303+100	200	357+800	100
303+500	600	358+000	1500
304+200	500	359+900	100
305+500	700	360+200	300
306+700	300	360+600	600
307+300	2200	361+300	600
309+800	800	362+000	900
310+800	400	363+100	300
311+400	200	363+500	500
311+700	100	364+100	200
312+100	500	364+700	100
313+000	200	368+300	100
313+300	100	368+600	100
313+600	300	369+000	100
314+400	100	369+300	200
314+600	100	369+700	100
315+400	100	369+900	100
315+600	200	371+900	100
316+200	100	372+300	200
316+600	200	372+600	200
317+100	100	373+100	100
319+900	200	377+000	100
321+400	200	378+900	100
322+100	500	380+300	100
322+800	100	388+500	100
323+000	100	391+300	100
323+800	100	395+400	100
326+800	100	396+500	200
327+100	100	397+800	200
330+100	100	402+200	1300
342+100	400	405+300	200
342+600	200	405+800	300
342+900	600	351+800	500
344+700	100	352+400	100
345+300	100	352+600	200
345+900	200	352+900	300
346+600	100	353+300	100
346+800	500	353+500	200
347+900	200	353+800	100
349+400	200	354+000	200

350+000	200	354+300	100
350+400	100	354+500	300

Рисунок 17 – Перечень участков для выполнения капитального ремонта по варианту стратегии 1 в виде таблицы

Таблица_____ – Перечень участков для выполнения капитального
номер наименование таблицы
ремонта при IRI_{100}<6 м/км

Начало участка, км+м	Длина участка, м
301+800	500
303+600	100
303+800	200
304+300	100
304+500	100
305+500	100
305+700	100
305+900	100
306+800	100
307+300	400
307+800	1100
309+000	300
309+900	400
310+400	100
310+800	100
311+400	200
312+400	100
316+700	100
322+400	100
343+000	200
343+300	100
345+900	100
352+100	200
352+900	200
354+100	100
358+200	500
358+800	300
360+700	100
361+000	100
361+500	100
362+100	200
362+600	200
363+200	100
380+300	100
402+200	800
403+100	300
405+900	100

Рисунок 18 – Перечень участков для выполнения капитального ремонта по варианту стратегии 2 в виде таблицы

Таблица_____ – Перечень участков для выполнения капитального
номер наименование таблицы
ремонта при IRI_{100}<8 м/км

Начало участка, км+м	Длина участка, м
307+400	100
307+600	100
307+900	200
308+300	400
309+900	100
310+100	200
343+100	100
352+200	100
358+400	100
360+700	100
402+300	200
402+700	200
403+200	200

Рисунок 19 – Перечень участков для выполнения капитального ремонта по варианту стратегии 3 в виде таблицы

Таблица_____ – Перечень участков для выполнения капитального
номер наименование таблицы
ремонта при IRI_{100}<10 м/км

Начало участка, км+м	Длина участка, м
307+600	100
308+000	100
308+400	300
309+900	100
402+300	100
403+200	200

Рисунок 20 – Перечень участков для выполнения капитального ремонта по варианту стратегии 4 в виде таблицы



Рисунок 21 – Схема распределения участков, требующих капитального ремонта по второму варианту стратегии

7.5 Для выделения участков автомобильной дороги, требующих ремонта покрытия, предлагается в качестве критерия следующее условие: если средняя глубина колеи $К_{100}$ превышает предельное значение эти участки полосы движения требуют ремонта. На основе графика распределения протяженности рассматриваемого участка, по глубине колеи представленного на рисунке 22, выделены три стратегии ремонтных работ по устранению колеи. Первый вариант стратегии предполагает ремонт всех участков, где глубина колеи превышает 12 мм. Второй всех участков, где глубина колеи превышает 16 мм, а третий вариант, где глубина колеи превышает 20 мм (рисунок 23).

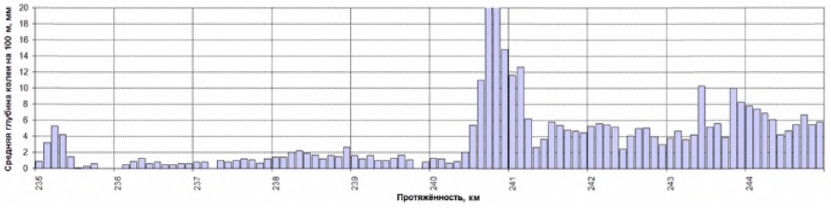


Рисунок 22 – Изменение поперечной ровности по протяженности участка автомобильной дороги на примере М6 «Каспий»

7.6 Соответственно, для оценки вариантов стратегии работ по ремонту дорожного покрытия должны быть сформированы планы ремонтных работ на основе графиков распределения протяженности по глубине колеи. На рисунках 24-26 представлены примеры таких планов в виде таблиц.

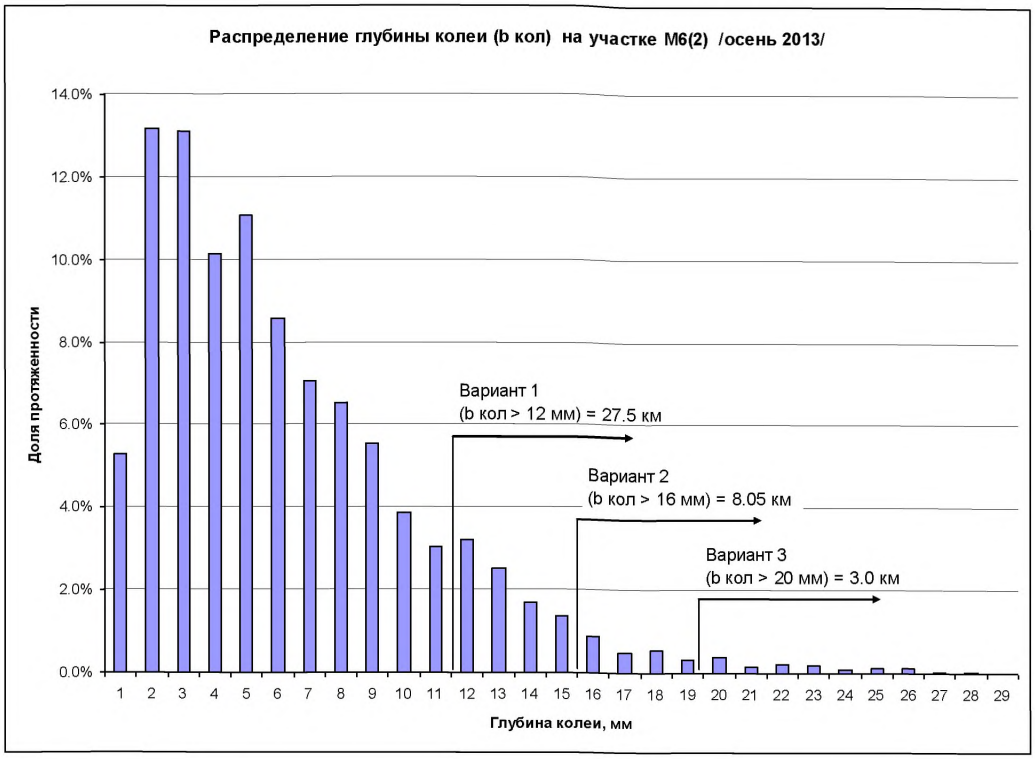


Рисунок 23 – Распределения протяженности участка автомобильной дороги по глубине колеи на примере М6 «Каспий»

Таблица_____ – Перечень участков требующих устранения колеи при глубине колеи К<12 мм

Начало участка, км+м	Длина участка, м	Начало участка, км+м	Длина участка, м
Направление в Москву		362+600	200
304+200	400	362+900	100
307+500	300	364+100	100
307+900	200	364+500	300
308+200	200	364+900	100
308+500	200	366+000	300
308+900	100	366+400	100
309+100	200	366+800	100
309+900	300	367+000	100
311+400	300	367+500	100
314+300	200	385+900	300
316+000	100	402+300	100
316+600	200	403+000	300
323+400	100	Направление из Москвы	
323+600	100	299+000	100

324+000	500	304+100	500
324+900	1100	309+600	100
327+500	200	310+000	100
327+900	300	310+400	100
328+400	100	310+800	100
329+300	100	314+200	300
329+800	100	315+400	100
330+500	500	322+700	100
331+100	600	323+000	100
342+200	100	323+500	100
342+500	200	323+800	100
342+900	200	324+200	1700
343+200	200	327+500	500
343+500	900	330+500	100
344+500	100	330+800	400
345+100	300	331+600	300
345+700	100	332+000	300
346+100	200	342+400	100
346+400	300	342+600	100
347+200	100	343+700	100
347+400	300	344+500	100
347+900	400	344+900	200
348+500	100	345+200	300
348+700	100	345+800	100
348+900	100	347+400	600
349+100	300	348+800	100
349+600	100	349+100	400
350+100	100	351+700	200
350+300	100	354+700	800
351+300	600	358+300	600
352+300	500	359+300	100
353+500	100	363+900	200
353+800	200	364+700	100
358+600	300	370+200	100
359+000	400	372+400	100
360+100	300	383+000	100
360+500	200	394+600	100
360+800	200	394+900	100
361+600	200	402+700	400
362+200	300	403+200	100
ИТОГО протяженности участков ремонта по Варианту 1			**26400**

Рисунок 24 – Перечень участков требующих устранения колеи по варианту 1 в виде таблицы

Таблица_____ – Перечень участков требующих устранения колеи при глубине колеи К<16 мм

Начало участка, км+м	Длина участка, м
Направление в Москву	
304+400	100
307+600	100
307+900	200
308+600	100
308+900	100
309+200	100
309+900	100
311+500	200
314+400	100
323+600	100
324+000	400
324+900	1000
327+500	100
327+900	100
329+800	100
330+600	100
331+300	200
331+600	100
342+500	100
344+000	200
345+700	100
347+500	200
348+000	200
351+300	300
352+300	100
361+600	100
364+600	100
385+900	100
402+300	100
403+000	100
403+200	100
Направление из Москвы	
304+200	100
309+600	100
310+000	100
314+400	100
324+300	500
325+300	100
325+500	300
327+500	300
331+800	100
332+000	200
342+600	100
345+300	100
358+800	100
403+0	100
ИТОГО протяженность участков ремонта по Варианту 2	**7400**

Рисунок 25 – Перечень участков требующих устранения колеи по варианту 2 в виде таблицы

Таблица_____ – Перечень участков требующих устранения колеи при глубине колеи К<20 мм

Начало участка, км+м	Длина участка, м
Направление в Москву	
311+500	100
314+400	100
324+000	100
324+900	100
325+100	200
325+500	100
325+700	100
331+300	100
331+600	100
344+100	100
348+100	100
351+400	100
Направление из Москвы	
324+400	200
325+500	200
327+600	100
331+800	100
342+600	100
ИТОГО протяженность участков ремонта по Варианту 3	**2000**

Рисунок 26 – Перечень участков требующих устранения колеи по варианту 3 в виде таблицы

7.7 На основе укрупненных расценок на капитальный ремонт дорожной одежды одного километра двухполосной автомобильной дороги и ремонт одного километра покрытия определяют необходимое финансирование по каждому варианту стратегии. Сопоставление выделенного финансирования и необходимого по каждому варианту стратегии, представленное на рисунке 27, позволит определить целевые значения индикаторов IRI_{100} соответствующие выделенному финансированию.

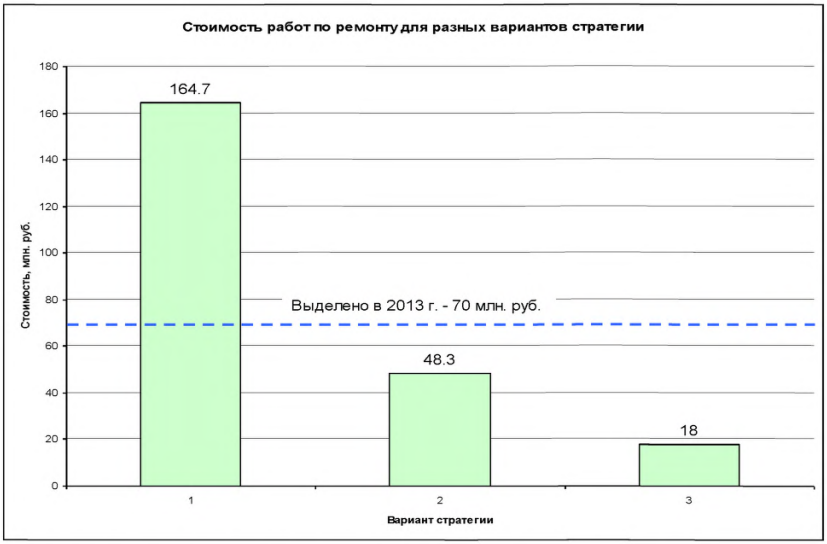


Рисунок 27 – Сопоставление выделенных и требуемых средств для капитального ремонта

8 Оценка экономической эффективности принятой стратегии ремонтных мероприятий

8.1 Положительный экономический эффект от реализации принятого варианта стратегии ремонтных мероприятий в рамках ремонта и капитального ремонта определяется транспортными издержками, зависящими от продольной ровности проезжей части автомобильной дороги. Эти издержки являются составной и важнейшей частью расходов пользователей. В результате любого ремонтного мероприятия улучшается продольная ровность и соответственно, как будет показано ниже, снижаются транспортные расходы.

8.2 При расчёте транспортных расходов учитываются следующие их составляющие: расходы на топливо и смазочные материалы, расходы на приобретение запасных частей и стоимость ремонтных работ, финансовая оценка потерь времени в пути из-за уменьшения скорости. Указанные

составляющие существенно зависят от продольной ровности проезжей части автомобильных дорог и установлены количественные эмпирические зависимости их величин от международного показателя продольной ровности IRI_{100} для автомобилей разного типа. В таблице 3 представлены их количественные значения.

Таблица 3 – Численные значения транспортных расходов для автомобилей различного типа в зависимости от продольной ровности проезжей части

Показатель ровности, IRI_{100}, м/км	Затраты транспорта, руб/авт.км						
	легковые	легкие грузовые	средние грузовые	тяжелые грузовые	сверхтяжелые грузовые	местные автобусы	междугородние автобусы
2	4,20	6,84	8,73	13,08	20,91	14,64	23,76
4	4,29	7,14	9,12	13,71	21,99	15,42	24,78
6	4,47	7,77	9,84	14,76	23,40	17,13	27,03
8	4,80	8,52	10,68	15,87	25,29	19,41	30,84
10	5,28	9,48	11,76	17,37	27,78	22,17	35,70
12	5,82	10,53	12,99	19,11	30,51	25,14	40,83
14	6,42	11,61	14,25	20,94	33,36	28,23	46,05
16	6,99	12,75	15,54	22,83	36,30	31,35	51,30

8.3 Транспортные расходы для автомобилей различного типа можно определить по следующим эмпирическим зависимостям:

- легковые автомобили:

$$C = -0{,}00063 \cdot IRI^3 + 0{,}02869 \cdot IRI^2 - 0{,}13222 \cdot IRI + 4{,}36929 \quad (1)$$

- легкие грузовые автомобили:

$$C = -0{,}00100 \cdot IRI^3 + 0{,}04344 \cdot IRI^2 - 0{,}06660 \cdot IRI + 6{,}79929 \quad (2)$$

- средние грузовые автомобили:

$$C = -0{,}00103 \cdot IRI^3 + 0{,}04657 \cdot IRI^2 - 0{,}05022 \cdot IRI + 8{,}65286 \quad (3)$$

- тяжелые грузовые автомобили:

$$C = -0{,}00090 \cdot IRI^3 + 0{,}05139 \cdot IRI^2 + 0{,}03495 \cdot IRI + 12{,}81857 \quad (4)$$

- сверхтяжелые грузовые автомобили:

$$C = -0{,}00201 \cdot IRI^3 + 0{,}09697 \cdot IRI^2 - 0{,}06195 \cdot IRI + 20{,}71071 \quad (5)$$

- местные автобусы:

$$C = -0{,}00361 \cdot IRI^3 + 0{,}14335 \cdot IRI^2 - 0{,}33315 \cdot IRI + 14{,}73857 \quad (6)$$

- междугородние автобусы:

$$C = -0{,}00781 \cdot IRI^3 + 0{,}30018 \cdot IRI^2 - 1{,}15982 \cdot IRI + 24{,}98143 \qquad (7)$$

где С – транспортные затраты, руб.; IRI – международный индекс ровности в продольном направлении.

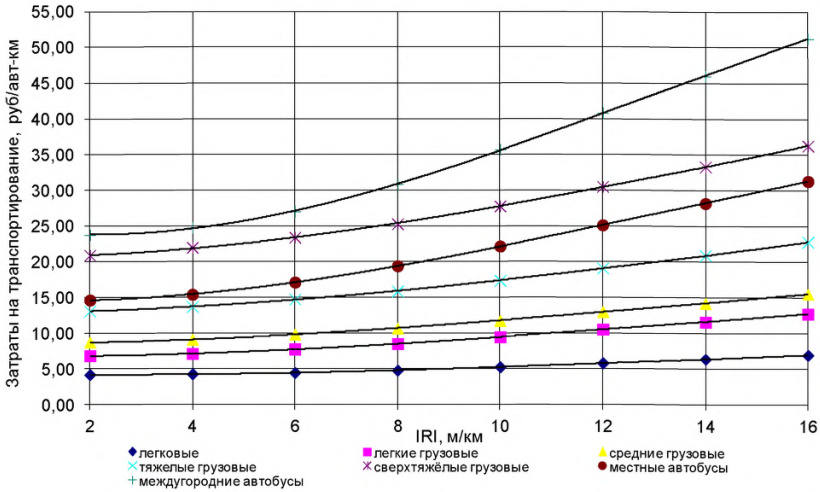


Рисунок 28 – Зависимость затрат на транспортирование от продольной ровности проезжей части

8.4 Транспортные расходы определяются как сумма расходов пользователей на перевозку пассажиров и грузов с учетом фактических значений интенсивности и состава движения по заданному участку автомобильной дороги и фактической продольной ровности его проезжей части.

Для вычисления величины транспортных расходов необходимо стоимость одного автомобиле/километра $\alpha_{i,j}$ из таблицы 3 умножить на количество автомобиле/километров. Индексы i - означает номер группы автомобилей (1 – для легкового автомобиля и 7 – для междугороднего автобуса) и индекс j - означает номер строки соответствующий интервалу продольной ровности (при IRI <2 равен 1 , соответственно при IRI =16 равен -7)

Таким образом, для вычисления суммы расходов на транспортирование пассажиров и грузов S на заданном участке автомобильной дороги протяженностью L необходимо знать распределение протяженности по интервалам продольной ровности n_i и состав движения в виде доли автомобилей типов m_j в составе общей интенсивности движения N.

$$S = L \cdot N \cdot 365 \cdot \sum_{i=1}^{7} \sum_{j=1}^{8} \alpha_{i,j} \cdot n_i \cdot m_j \qquad (8)$$

Пример, иллюстрирующий результаты расчета для участка автомобильной дороги М6 «Каспий», показан на рисунке 29. По приведенным данным можно увидеть, что ремонтные мероприятия выполненные в период после мая 2012 года позволили уменьшить расходы пользователей с 502 до 488 млн. рублей

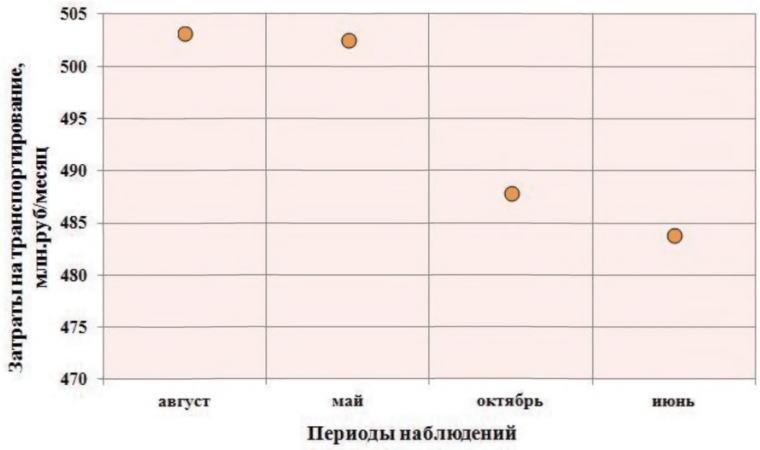


Рисунок 29 – Зависимость затрат на транспортирование от продольной ровности проезжей части

9 Методика прогнозирования остаточного срока службы покрытия автомобильной дороги

9.1 В основу данной методики положено предположение о том, что интенсивность развития повреждений проезжей части является линейной функцией времени. В качестве критериев отказа, свидетельствующих о необходимости ремонтных мероприятий, приняты предельные значения продольной ровности IRI_{100}=6 м/км и глубины колеи $К_{100}$ =12 мм. Таким образом, за остаточный срок службы покрытия принят промежуток времени в годах, оставшийся до достижения этими показателями предельных значений.

9.2 Предлагаются следующие формулы для определения остаточного срока службы дорожного покрытия Т по критериям продольной ровности и глубины колеи:

$$T = \frac{IRI_{100}^{пр} - IRI_{100}(t)}{\alpha} \quad (9)$$

$$T = \frac{K_{100}^{пр} - K_{100}(t)}{\beta} \quad (10)$$

где $IRI_{100}^{пр}$ – предельное значение международного показателя продольной ровности, м/км; $IRI_{100}(t)$ – величина международного показателя продольной ровности в момент t, м/км; α – ежегодный прирост международного показателя продольной ровности за год; $K_{100}^{пр}$ – предельное значение глубины колеи, мм; $K_{100}(t)$ – глубина колеи в момент t, мм β – ежегодный прирост глубины колеи за год.

9.3 Коэффициенты α и β определяют на основе результатов мониторинга параметров продольной ровности и глубины колеи за предшествующий период.

9.4 Учитывая, как было показано выше, случайный характер распределения показателей продольной и поперечной ровности по длине

автомобильной дороги, следует принимать во внимание тот факт, что участки с более высокими показателями IRI_{100} и $К_{100}$ будут разрушаться быстрее и соответственно иметь меньший остаточный срок службы, чем участки с более низкими начальными значениями. В связи с этим общей характеристикой всего объекта будет график распределения остаточного срока службы, показывающий какая доля общей протяженности имеет тот или иной срок службы и соответственно через сколько лет будет необходимо делать ремонт покрытия на тех или иных участках. Примеры таких графиков представлены на рисунках 30 и 31.

9.5 Определение остаточного срока службы может быть выполнено по каждому варианту стратегии, Выбор оптимального варианта стратегии ремонтных работ следует выполнять на основе сопоставления планируемых затрат на ремонтные работы и ожидаемых расходов пользователей.

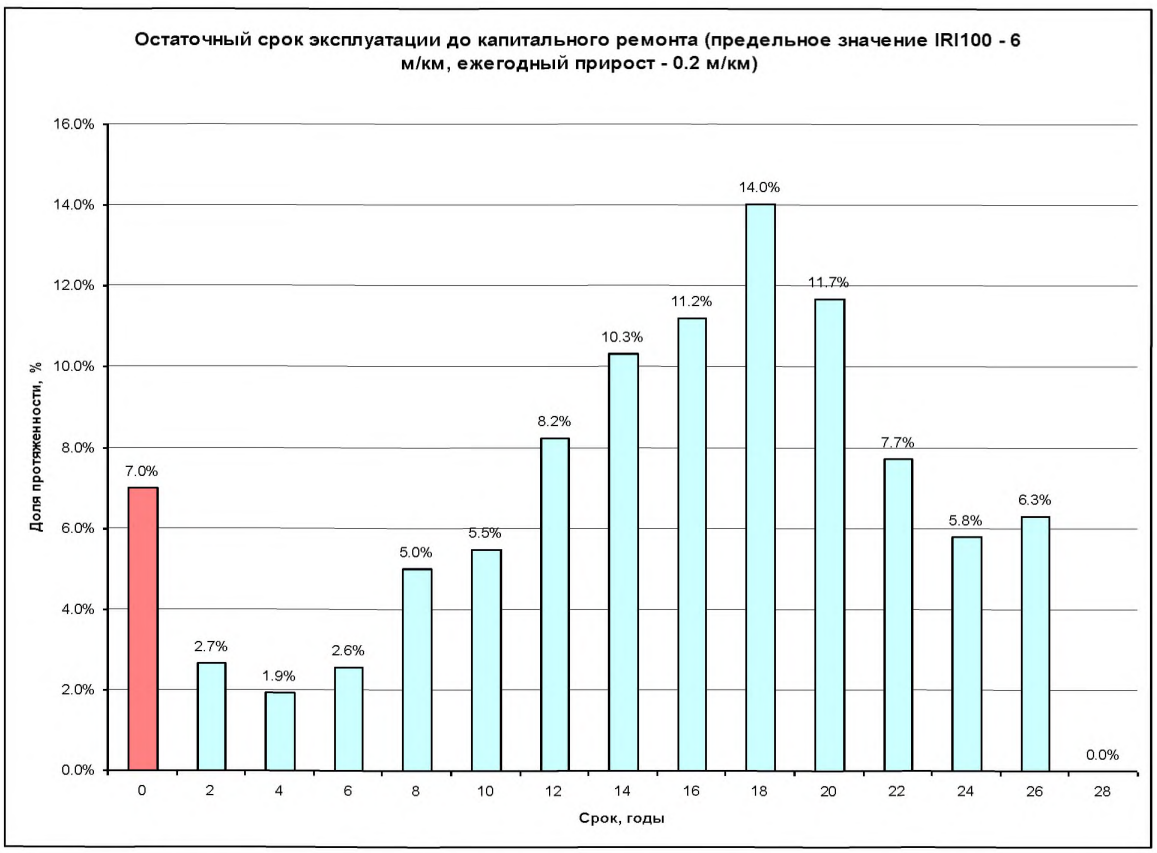


Рисунок 30 – Распределение протяженности по остаточному сроку службы по показателю IRI

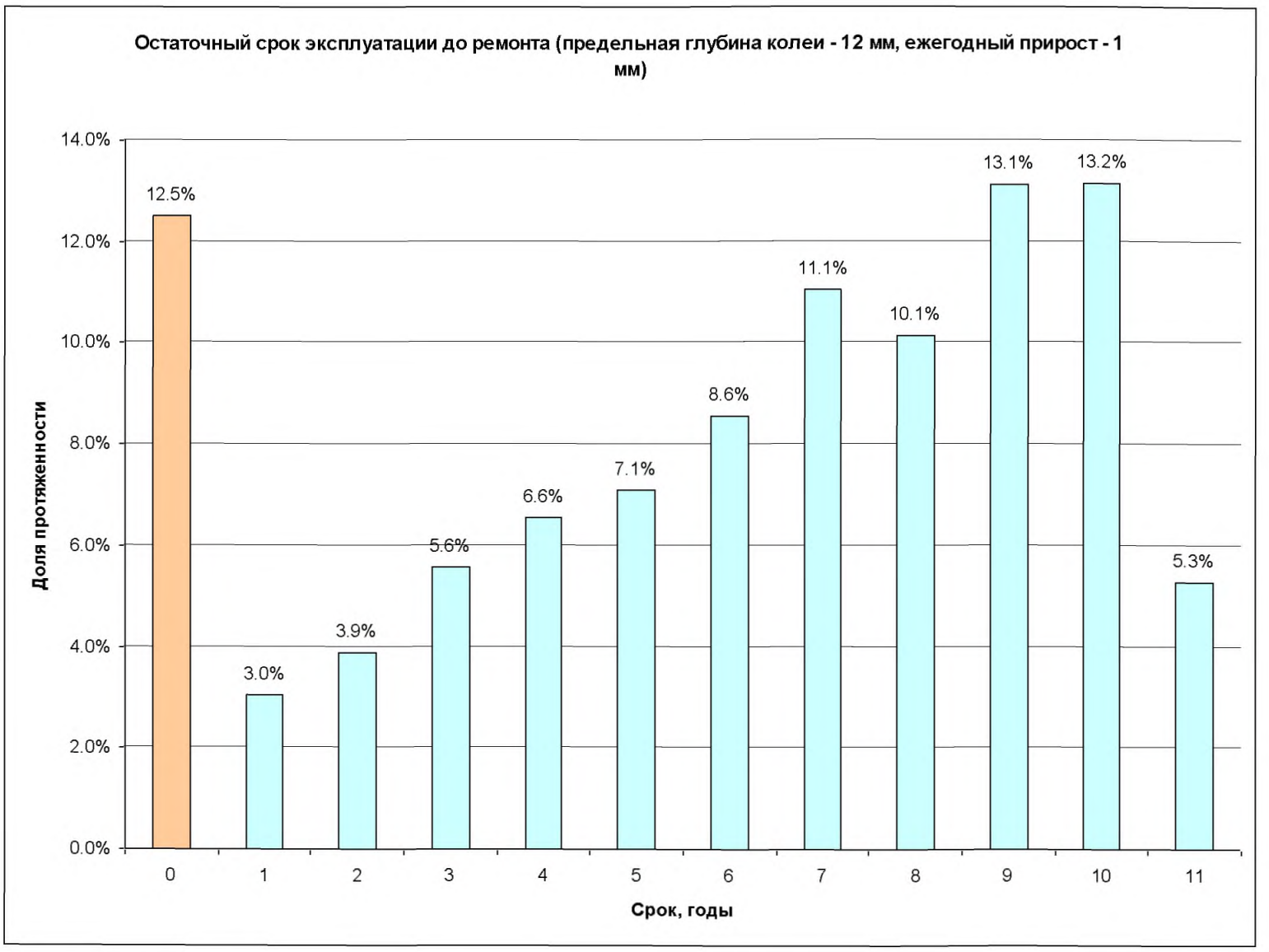


Рисунок 31 – Распределение протяженности по остаточному сроку службы по критерию глубины колеи

Приложение А

Пример разработки программы ремонтных мероприятий по обеспечению требуемого состояния проезжей части

1. Структура программы ремонтных мероприятий

Улучшение состояния проезжей части достигается в результате выполнения ремонтных мероприятий в составе работ по: реконструкции автомобильной дороги, капитальному ремонту дорожной одежды, ремонту покрытия или содержания проезжей части автомобильной дороги. В каждом из этих случаев выделяется определенный объем финансирования в соответствии с действующими нормативами. Сложившаяся практика предполагает выделение средств, в зависимости от принадлежности автомобильной дороги, из федерального, территориального (субъекта федерации) или муниципального бюджета. Объём финансирования зависит от категории автомобильной дороги и региональных особенностей территории. Учитывая незащищенность статьи бюджета на дорожные расходы, большая часть организаций, ответственных за состояние дорог, получает лишь некоторую долю средств, необходимых на выполнение требований действующих стандартов. Поэтому достаточно часто возникает задача – каким образом в пределах выделенных средств добиться необходимого улучшения состояния проезжей части и создать условия для безопасного и комфортного движения. При этом в условиях недостаточного финансирования для достижения необходимого уровня требований может понадобиться несколько лет.

Денежные средства выделяются по соответствующим статьям: реконструкция автомобильной дороги, капитальный ремонт дорожной одежды, ремонт покрытия и содержание проезжей части.

В примере не рассматриваются участки автомобильных дорог, требующие реконструкции, так как основным критерием, указывающим на необходимость реконструкции, является пропускная способность и соответственно перевод автомобильной дороги в более высокую категорию, увеличение числа полос движения и ширины проезжей части и существенное увеличение прочности конструкции дорожной одежды. Обоснование реконструкции требует специального анализа пропускной способности и прогнозирования роста интенсивности движения.

Указанные обстоятельства предопределяют круг задач практических решаемых в данном случае, а именно выделить в составе рассматриваемого объекта участки, требующие капитального ремонта дорожной одежды, участки, требующие ремонта

покрытия и участки, улучшение состояния которых может быть достигнуто средствами, выделяемыми на содержание.

Основой для выработки решений являются результаты мониторинга и оценки состояния проезжей части, а также действующие требования к эксплуатационному состоянию.

2. Общая характеристика объекта

Рассматривается участок федеральной автомобильной дороги М-6 «Каспий» км 184+745 – км 296+000 общей протяженностью 111,3 км.

Строительство данного участка федеральной автомобильной дороги осуществлялось в период 1962-1976 гг. и первоначально была построена по нормативам II категории с конструкцией дорожной одежды из цементобетонного покрытия толщиной 20 см. Конструкция дорожных одежд представлена на рисунке А.1.

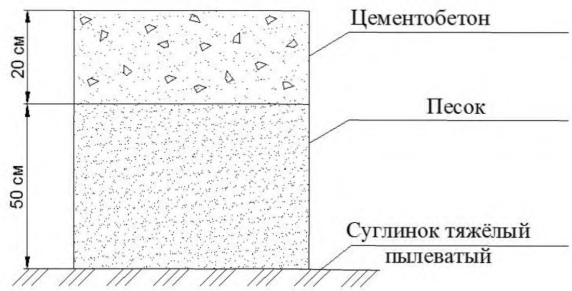


Рисунок А.1. Первоначальная конструкция дорожной одежды

В последующие годы на объекте были проведены работы по капитальному ремонту дорожной одежды и ремонту покрытия, главным образом посредством укладки от одного до трёх слоёв асфальтобетона.

Интенсивность движения характеризуется данными, представленными в таблице А.1.

Таблица А.1 – Интенсивность движения на участке 184+745 – км 296+000

Год наблюдения	Среднесуточная годовая интенсивность движения, авт/сут							
	Ле1гковые	Грузовые от 1 до 2 т	Грузовые от 2 до 5 т	Грузовые от 5 до 8 т	Грузовые более 8 т	Тягачи с прицепом	Автобусы	Всего
км 185+000								
2004	3612	795	677	844	1247	н.д.	594	7769
2005	3071	676	622	693	1112	н.д.	598	6772
2006	3618	0	1132	284	717	н.д.	0	5751
2008	5711	0	1518	365	1073	н.д.	0	8667
	Легковые	Грузовые до 2 т	Грузовые от 2 до 5 т	Грузовые от 5 до 12 т	Грузовые от 12 до 20 т	Грузовые более 20 т	Автобусы	Всего

2009	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
2010	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
	Легковые	Грузовые от 1 до 2 т	Грузовые от 2 до 5 т	Грузовые от 5 до 8 т	Грузовые более 8 т	Тягачи с прицепом	Автобусы	Всего
2011	3702	668	290	291	1576	н.д.	239	6766
км 209+000								
2004	3612	795	677	844	1247	н.д.	594	7769
2005	3071	676	622	693	1112	н.д.	598	6772
2006	3618	0	1132	284	717	н.д.	0	5751
2008	5711	0	1518	365	1073	н.д.	0	8667
	Легковые	Грузовые до 2 т	Грузовые от 2 до 5 т	Грузовые от 5 до 12 т	Грузовые от 12 до 20 т	Грузовые более 20 т	Автобусы	Всего
2009	н.д.	5342	1067	888	307	392	н.д.	8497
2010	н.д.	7496	394	244	283	452	н.д.	9314
	Легковые	Грузовые от 1 до 2 т	Грузовые от 2 до 5 т	Грузовые от 5 до 8 т	Грузовые более 8 т	Тягачи с прицепом	Автобусы	Всего
2011	3702	668	290	291	1576	н.д.	239	6766
км 269+000								
2004	3708	772	693	811	1292	н.д.	597	7873
2005	3708	772	693	811	1292	н.д.	597	7873
2006	2793	0	1335	342	466	н.д.	0	4936
2008	4855	0	1433	375	966	н.д.	0	7629
	Легковые	Грузовые до 2 т	Грузовые от 2 до 5 т	Грузовые от 5 до 12 т	Грузовые от 12 до 20 т	Грузовые более 20 т	Автобусы	Всего
2009	н.д.	4808	960	799	276	353	н.д.	7647
2010	н.д.	3732	1086	969	315	460	н.д.	6878
	Легковые	Грузовые от 1 до 2 т	Грузовые от 2 до 5 т	Грузовые от 5 до 8 т	Грузовые более 8 т	Тягачи с прицепом	Автобусы	Всего
2011	3902	627	299	298	1765	н.д.	231	7122

3. Параметры текущего состояния проезжей части

Основными параметрами текущего состояния проезжей части, обеспечивающими безопасное, комфортное и экономичное движение являются коэффициент сцепления, продольная и поперечная ровность. Требования по этим параметрам содержатся в стандартах и других методических документах. Особенно жестко регламентируются требования к коэффициенту сцепления, посредством ограничения сроков восстановления сцепления на опасных участках. Как правило эти работы выполняют за счет средств текущего содержания.

В качестве примера использованы результаты трехлетнего мониторинга рассматриваемого участка автомобильной дороги М6 «Каспий».

В таблице А.2 приведены обобщенные показатели продольной ровности, из которых можно заключить, что в результате ремонтных мероприятий удалось улучшить среднее значение показателя продольной ровности IRI_{100} с августа 2011 г. по апрель 2014 г. с 5,42 м/км до 3,45 м/км. Однако при этом существенно возрос коэффициент вариации с

0,35 до 0,65. В результате, как следует из рисунка А.2, доля протяженности участка, не отвечающая требованиям всё ещё составляет более 17% общей протяженности.

Таблица А.2 – Значения основных характеристик продольной ровности

Дата обследования	Среднее арифметическое значение	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
	В двух направлениях		
Август 2011 г.	5,42	1,89	0,35
Май 2012 г.	5,29	2,09	0,39
Октябрь 2012 г.	4,28	2,07	0,48
Июнь 2013 г	4,10	2,07	0,51
Сентябрь 2013 г.	3,64	2,24	0,62
Апрель 2014 г.	3,45	2,27	0,65

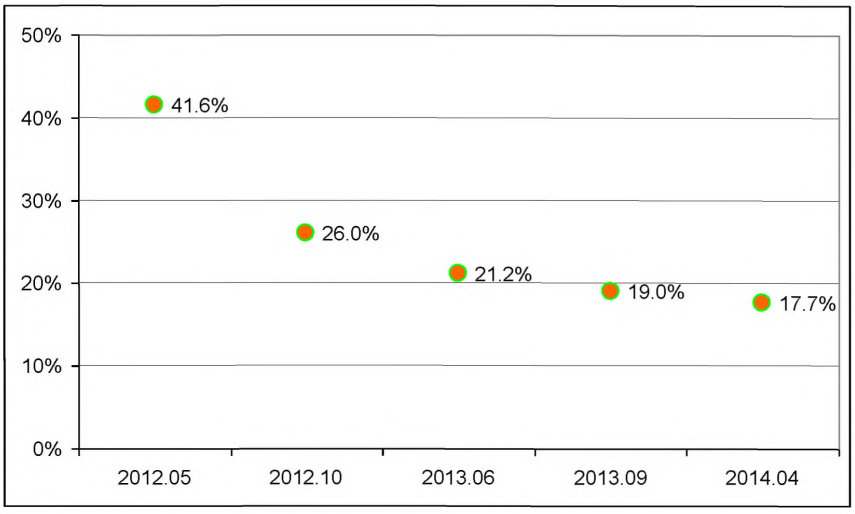


Рисунок А.2. Изменение доли протяженности участка с показателем IRI_{100} более 6,0 м/км

В таблице А.3 приведены параметры, характеризующие поперечную ровность рассматриваемого участка дороги. Из приведенного следует, что за время наблюдений с мая 2012 г. по апрель 2014 г. среднее значение глубины колеи уменьшилось с 6,23 до 5,5 мм. Важно обратить внимание на значительный разброс – коэффициент вариации показателя превышает 70%. В результате, как следует из рисунка А.3, доля протяженности участка, не отвечающая требованиям составляет более 11,3% общей протяженности. Максимальное значение достигает 30 мм.

Таблица А.3 – Параметры распределения глубины колеи

Статистическая характеристика	Среднее арифметическое значение	Среднеквадратическое отклонение	Коэффициент вариации
Дата обследования	**В двух направлениях**		
Май 2012 г.	6,23	4,60	0,74
Октябрь 2012 г.	5,72	4,06	0,71
Июнь 2013 г	5,49	4,15	0,76
Сентябрь 2013 г.	5,22	3,97	0,76
Апрель 2014 г.	5,50	4,15	0,76



Рисунок А.3. Изменение доли протяженности участка с глубиной колеи более 12 мм

4. Целевые индикаторы состояния проезжей части

Основное назначение ремонтных мероприятий состоит в улучшении состояния проезжей части. В результате ремонта должны быть достигнуты некоторые целевые показатели, имеющие количественную оценку, часто называемые индикаторами. Основной целью систем управления состоянием проезжей части является условие, чтобы на всём протяжении автомобильной дороги не было участков с продольной ровностью больше предельно допустимых значений. Очевидно, что в повышении требований к продольной ровности заинтересованы пользователи автомобильных дорог, чем более ровной является проезжая часть, тем меньше транспортные расходы. С другой стороны, чем выше требования к предельным значениям, тем большие средства требуются на ремонтные мероприятия.

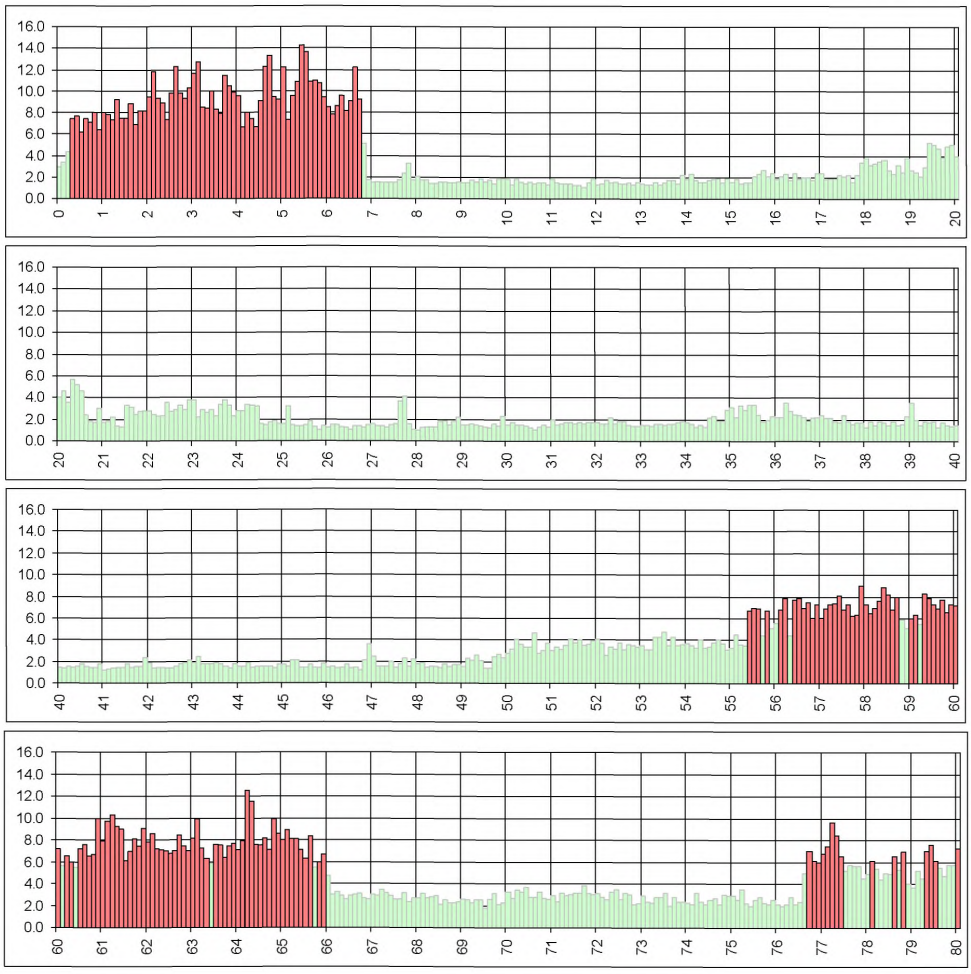
Для рассматриваемого примера принято в качестве целевого индикатора продольной ровности предельное значение международного показателя ровности IRI_{100}=6,0 м/км.

Для обеспечения безопасности движения требуется контролировать поперечную ровность и ограничивать предельное значение глубины колеи.

Для примера в качестве целевого индикатора принято допустимое значение глубины колеи 12 мм.

5. Капитальный ремонт дорожной одежды

На основе проведенного анализа в данном примере, с некоторым приближением было принято, что покрытия с показателем продольной ровности IRI более 6,0 м/км требуют капитального ремонта дорожной одежды. Учитывая, что такие участки неравномерно распределены по длине дороги, задача состоит в том, чтобы выбрать участки, на которых значение IRI превышает 6,0 м/км. На рисунке А.4 показано, как изменяется показатель продольной ровности IRI по длине рассматриваемого участка автомобильной дороги. Красным цветом показаны участки где IRI_{100} превышает 6,0 м/км.



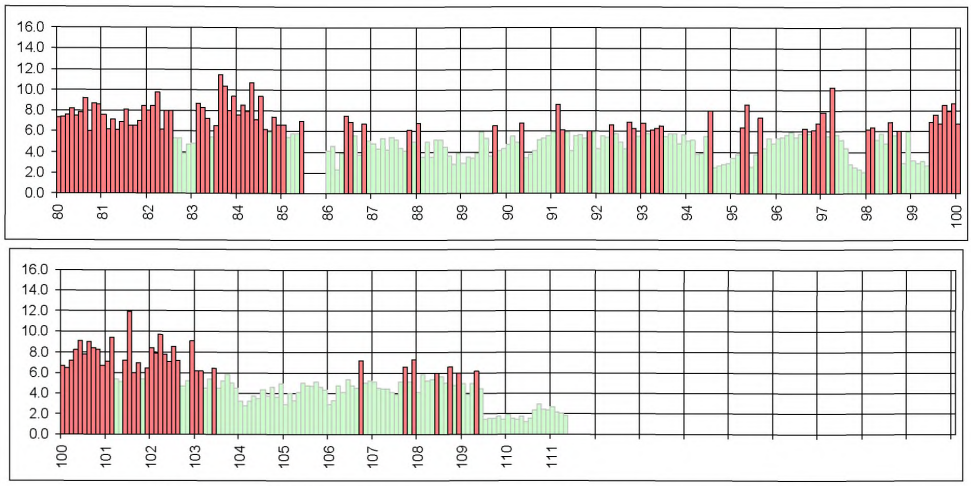


Рисунок А.4. Изменение показателя IRI_{100} по длине участка

В целях укрупнения участков для капитального ремонта, было принято условие – длина выделенного для ремонта участка не должна быть меньше 1000 м. Разделение может быть произведено визуально по виду графиков IRI_{100} (как правило, границы характерных участков совпадают с границами ранее произведенных в разные сроки ремонтных мероприятий).

Для определения границ характерных участков была выполнена процедура вычисления среднего километрового значения IRI методом скользящего среднего, с помощью программ табличных редакторов (например, Microsoft Office Excel) и получить график, показанный на рисунке А.5.

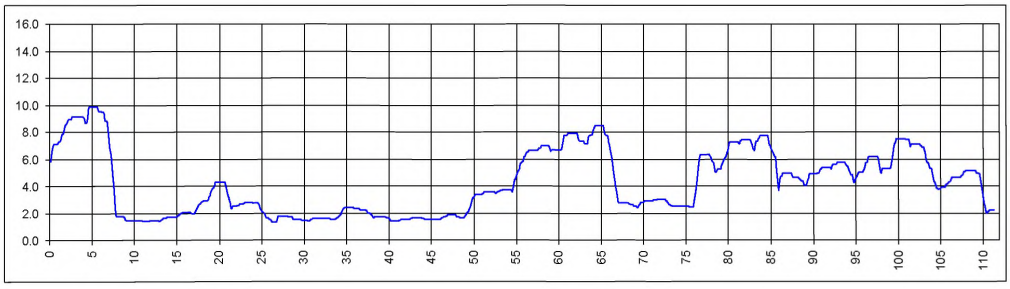


Рисунок А.5. Изменение международного показателя продольной ровности IRI_{1000} с усреднением для километровых участков

Используя график определяют участки, на которых показатель продольной ровности превышает принятое предельное значение IRI_{100}>6,0 м/км. В результате, как показано на рисунке А.6 установлены границы участков, требующих проведения работ по капитальному ремонту дорожной одежды.

Очерёдность проведения работ по капитальному ремонту на рассматриваемом участке определяется по среднеарифметическому значению международного показателя ровности IRI_{100}. В таблице А.4 представлена очерёдность проведения работ по капитальному ремонту на рассматриваемом участке.

Таблица А.4 – Очерёдность проведения работ по капитальному ремонту на участке км 184+745 – км 296+000 на период 2015-2017 гг.

Очередность	Год	Адрес участка км – км	Протяженность, м	Среднее арифметическое значение IRI, м/км
1	2015	239+300 – 250+000	10600	6.7
2	2016	283+900 – 288+400	3600	6.3
3	2017	260+000 – 269+400	8300	5.8

6. Ремонт покрытия

Как было отмечено ранее, вторым по значимости целевым индикатором является глубина колеи Устранение колеи является необходимым для обеспечения безопасности движения. В качестве принципиальной основы для назначения ремонта покрытия было условно принято, что ремонту подлежат участки с глубиной колеи более 12 мм, при этом не рассматриваются участки предназначенные для капитального ремонта в ближайшие годы. Для примера рассмотрен участок с границами км 269+400 - км 283+900, который расположен между двумя участками, выделенными для капитального ремонта.

Поставленная цель состоит в том, чтобы в результате на объекте не осталось участков с глубиной колеи более 12 мм. Программа ремонта покрытия разрабатывается на основании данных о поперечной ровности дорожного покрытия, представленных значениями глубины колеи К для 100-метровых отрезков, как показано на рисунке А.7. Красным цветом выделены 100-метровые отрезки с глубиной колеи более 12 мм.

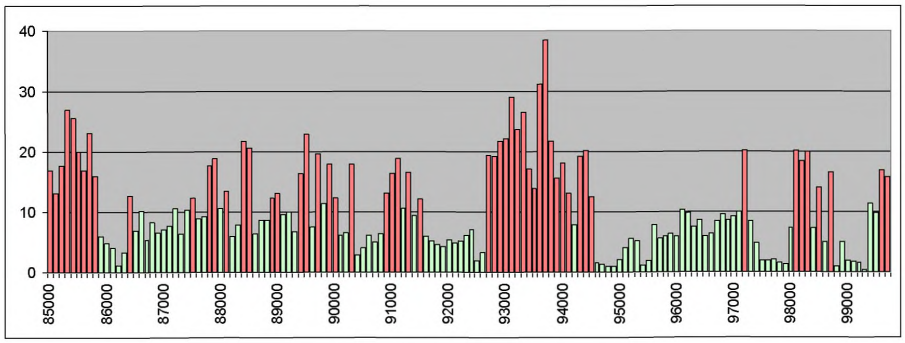


Рисунок А.7. Результаты поперечной ровности проезжей части на рассматриваемом участке

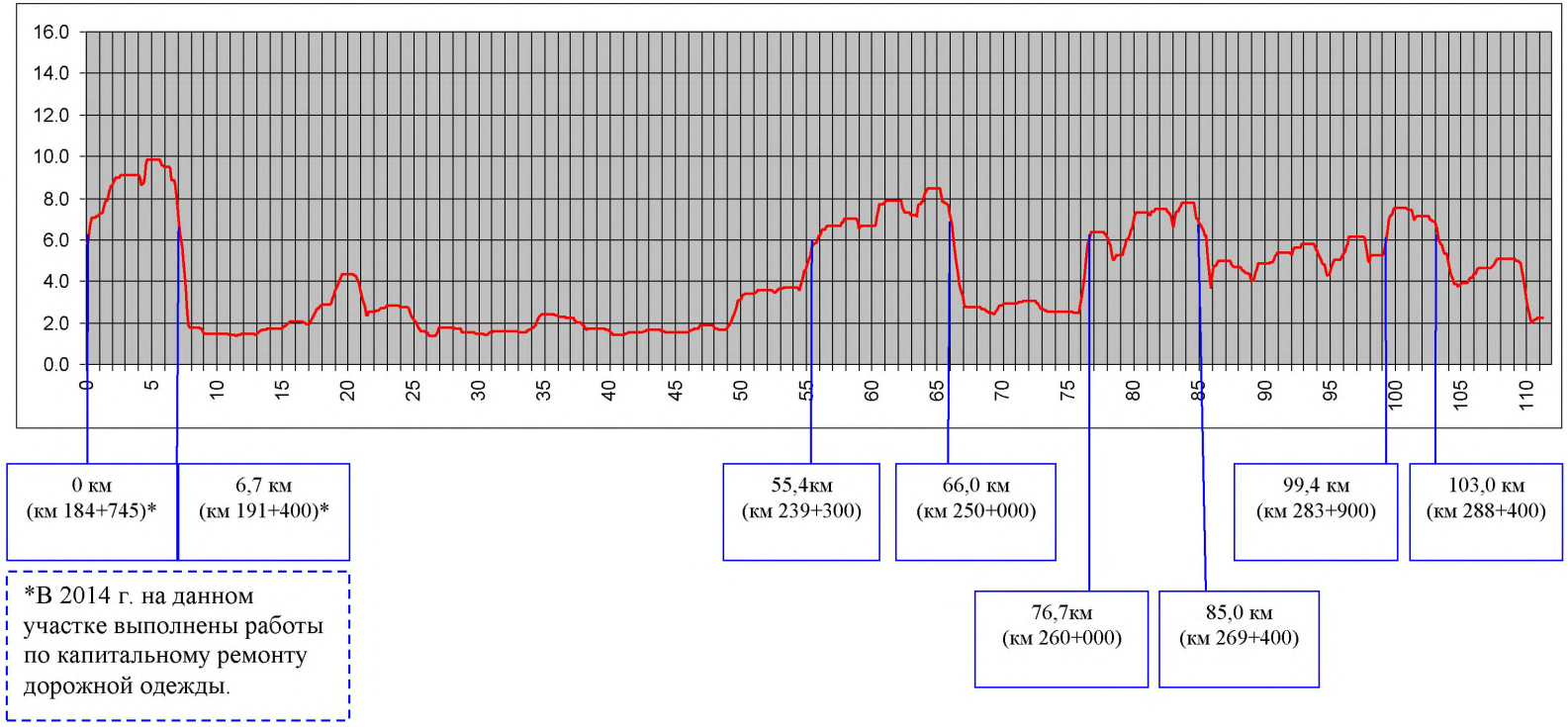


Рисунок А.6. Участки, требующие капитального ремонта дорожной одежды

Аналогично с вышеописанной обработкой продольной ровности строится график скользящего среднего для глубины колеи, рисунок А.8.

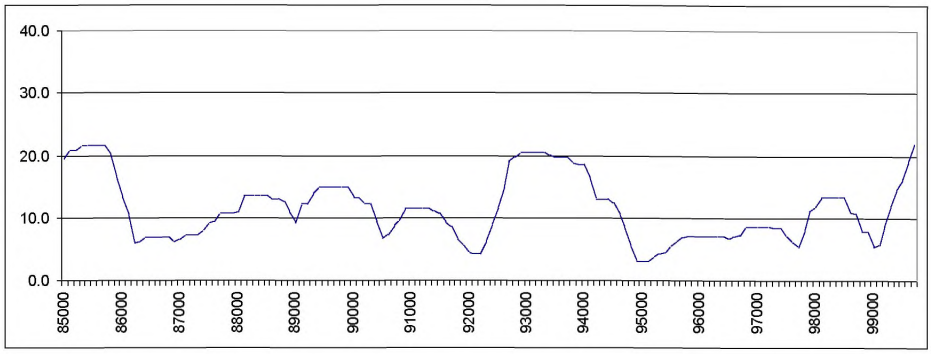


Рисунок А.8. Изменение глубины коле $К_{1000}$ по длине участка автомобильной дороги

Границы выбранных участков с привязкой к километровым знакам отображены на рисунке А.9.

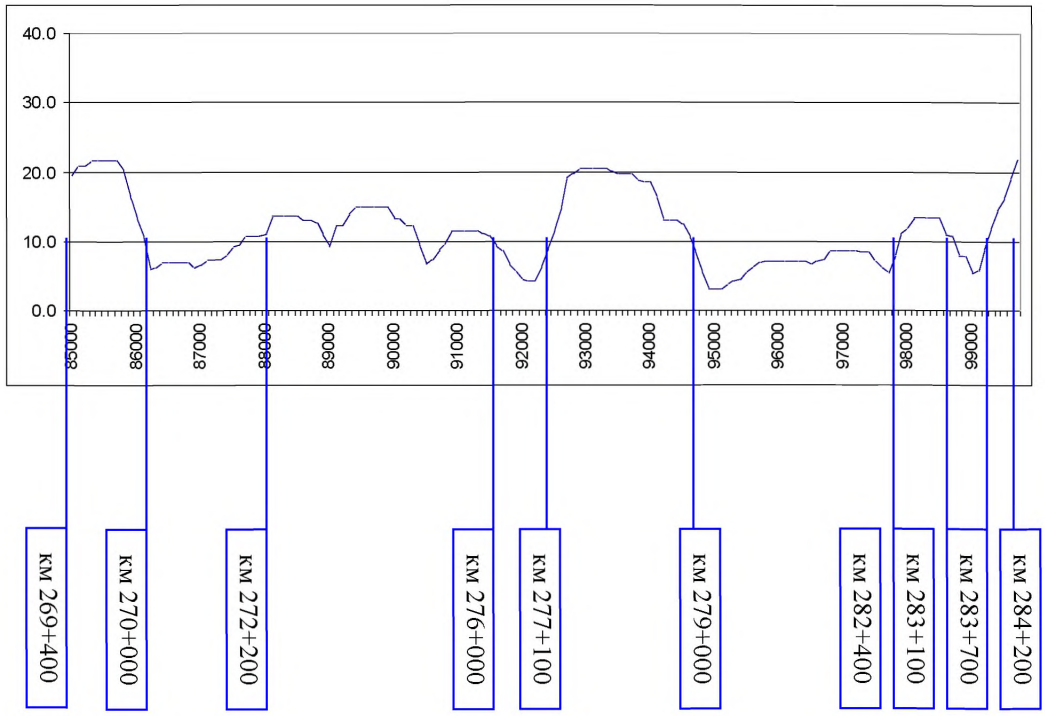


Рисунок А.9. Участки требующие ремонта покрытия

Очерёдность проведения работ по ремонту покрытия определяется по среднеарифметическому значению глубины колена $К_{100}$ из требующих ремонта участков.

В таблице А.5 представлена очерёдность проведения работ по капитальному ремонту на рассматриваемом участке.

Таблица А.5 – Очерёдность проведения работ по ремонту покрытия 2015-2016 гг.

Очередность	Год	Адрес участка км – км	Протяженность, м	Среднее арифметическое значение К, мм
1	2015	269+400 – 270+000	600	18
		277+100 – 279+000	1800	17
		283+700 – 284+200	400	16
		282+400 – 283+100	700	13
2	2016	272+200 – 276+000	3800	13

7. Содержание

После назначения участков капитального ремонта дорожной одежды и ремонта покрытия на всем протяжении дороги за исключением участков, назначенных в ремонт, необходимо составить список отрезков, на которых продольная или поперечная ровность не соответствует принятым предельным значениям. Список таких отрезков со значениями показателя IRI_{100}>6 м/км и глубины колеи более $К_{100}$>12 мм представлен в таблице А.6 и А.7, на которых необходимо провести работы в рамках содержания для ликвидации неровностей.

Таблица А.6 – Адреса участков для ликвидации неровностей IRI_{100}>6,0 м/км проводимых в рамках содержания

Адрес участка км+м	Длина участка, м	Направление	Среднее арифметическое значение IRI, м/км
292+400	100	в Москву	6,6
292+600	100	из Москвы	6,5
293+100	100	в Москву	6,0
293+600	100	из Москвы	6,0

Таблица А.7 – Адреса участков для ликвидации неровностей $К_{100}$>12 мм проводимых в рамках содержания

Адрес участка км+м	Длина участка, м	Направление	Среднее арифметическое значение К, мм
204+100	100	в Москву	34
288+100	100	в Москву	13
288+300	100	в Москву	13
288+500	100	в Москву	15
289+200	100	в Москву	12
291+200	100	в Москву	15
291+700	100	в Москву	12
293+200	100	в Москву	13

Библиография

[1] СТО МАДИ 02066517.1-2006. Дорог автомобильные общего пользования. Диагностика. Определение продольного микропрофиля дорожной поверхности международного показателя ровности IRI. – Введ. 14.08.2006. – Москва : МАДИ(ГТУ), 2006. – 39 с.

[2] Постановление РФ от 23 августа 2007 г. № 539 «О нормативных денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения и правил их расчета».

ОКС

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожная одежда, система управления состоянием дорожных одежд, ремонтные мероприятия

Руководитель организации-разработчика

Московский автомобильно-дорожный
государственный технический университет (МАДИ)

Проректор по научной работе _____ А.М. Иванов

gost.e-ecolog.ru