

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ
«РОССИЙСКИЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»
(ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «АВТОДОР»)**

П Р И К А З

01 июня 2013г.

Москва

№ 127

**Об утверждении и введении в действие стандарта Государственной компании
«Российские автомобильные дороги» СТО АВТОДОР 2.4-2013
«Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций
автомобильных дорог Государственной компании
«Российские автомобильные дороги»»**

В целях обеспечения расчета остаточного ресурса эксплуатируемых автомобильных дорог Государственной компании «Российские автомобильные дороги», краткосрочного и среднесрочного планирования ремонтных работ ПРИКАЗЫВАЮ:

1. Утвердить и ввести в действие с даты утверждения настоящего приказа стандарт Государственной компании «Российские автомобильные дороги» СТО АВТОДОР 2.4-2013 «Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог Государственной компании «Российские автомобильные дороги»».

2. Утвердить прилагаемый План мероприятий по внедрению стандарта Государственной компании «Российские автомобильные дороги» СТО АВТОДОР 2.4-2013 «Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог Государственной компании «Российские автомобильные дороги»».

3. Руководителям структурных подразделений Государственной компании «Российские автомобильные дороги» обеспечить реализацию мероприятий в соответствии с п. 2 настоящего приказа.

4. Контроль за исполнением настоящего приказа возложить на члена правления – первого заместителя председателя правления по технической политике И.А. Урманова.

Председатель правления



С.В. Кельбах

УТВЕРЖДЕН

приказом Государственной компании
«Российские автомобильные дороги»
от «01» марта 2013 г. № 127

ПЛАН МЕРОПРИЯТИЙ

по внедрению стандарта Государственной компании «Российские автомобильные дороги» СТО АВТОДОР 2.4-2013
«Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог
Государственной компании «Российские автомобильные дороги»

Подразделение-заказчик разработки Стандарта: Департамент проектирования, технической политики и инновационных технологий (ДПТПИИТ).

Разработчик Стандарта: Ростовский государственный строительный университет (РГСУ).

№ п/п	Наименование мероприятия	Ответственное подразделение	Участники работ	Сроки проведения	Отметка о выполнении
1	Информирование структурных подразделений об утверждении СТО АВТОДОР 2.4-2013 «Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (далее – Стандарт)	ДПТПИИТ	Структурные подразделения	3 дня с даты утверждения	
2	Публикация на сайте Государственной компании: - информации об утверждении Стандарта - текста утвержденного Стандарта	ДПТПИИТ	Отдел по связям с общественностью	5 дней с даты утверждения	
3	Сбор данных и мониторинг организационно-технических мероприятий, предусмотренных Стандартом	ДПТПИИТ	Структурные подразделения, ответственные за исполнение соответствующих договоров, подрядные организации	1 год с даты утверждения	

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к проекту стандарта организации СТО АВТОДОР 2.4-2013 «Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог Государственной компании «Российские автомобильные дороги»

1. Основание для разработки стандарта: План научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ Государственной компании «Российские автомобильные дороги» на 2012-2013 гг.

2. Цели и задачи разработки стандарта: Формирование в Государственной компании нового подхода к управлению жизненным циклом автомобильных дорог на основе оценки состояния дорожных конструкций на текущем этапе эксплуатации, определении их остаточного ресурса и разработки стратегии сохранности и ремонта дорожных конструкций

3. Характеристика объекта стандартизации: Для разработки экономически рациональной стратегии сохранности, содержания и ремонта дорог необходима оценка их остаточного ресурса на текущем этапе эксплуатации. Эффективность любой системы управления состоянием дорог определяется достоверностью прогнозирования изменений состояния и процесса разрушения дорожных одежд. Неадекватность моделей и расчетных формул, заложенных в системе управления, реальным процессам, происходящим в ходе эксплуатации, может привести к принятию неверных технических решений и к значительному снижению практической значимости разработанных стратегий сохранности дорог. Именно поэтому совершенствование методов оценки остаточного ресурса асфальтобетонных покрытий является актуальной задачей дорожной отрасли.

Необходимость в настоящее время разработки СТО «Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог государственной компании «Российские автомобильные дороги» обусловлена следующими факторами:

- изменением параметров транспортного потока в процессе эксплуатации относительно проектных значений;
- формированием нового подхода к управлению жизненного цикла дорожных конструкций;
- необходимостью повышения эффективности ремонтных работ.

4. Данные о стандартизации объекта к началу разработки проекта стандарта: Стандарт Государственной компании по данному направлению предлагается впервые.

5. Научно-технический уровень объекта стандартизации: Стандарт разработан на основе инновационных научно-технических разработок в сфере дорожного хозяйства в области проектирования и эксплуатации автомобильных дорог. В нем применен опыт научных разработок российских и зарубежных ученых в области планирования ремонтных мероприятий. В стандарте учтен передовой опыт исследований в области динамики дорожных конструкций.

6. Информация об инновационных разработках в рассматриваемой области: Стандарт базируется на инновационных результатах исследований динамического воздействия грузовых транспортных средств на дорожную конструкцию в процессе эксплуатации, а так же на современных методах оценки состояния элементов дорожной конструкции.

7. Эффективность от внедрения стандарта: Внедрение Стандарта позволит обеспечить разработку эффективных ремонтных мероприятий по продлению жизненного цикла дорожной конструкции на основе оценки остаточного ресурса, а также создание методической и технической базы для внедрения инновационных подходов при реализации целей и задач деятельности Государственной компании, определенных Федеральным законом Российской Федерации от 17 июля 2009 г. № 145-ФЗ "О Государственной компании "Российские автомобильные дороги" и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации" и Программой деятельности Государственной компании "Российские автомобильные дороги" на долгосрочный период (2010 - 2019 годы), по следующим направлениям:

- поддержание в надлежащем состоянии автомобильных дорог Государственной компании;
- обеспечение соответствия состояния автомобильных дорог Государственной компании установленным правилам, стандартам, техническим нормам, требованиям технических регламентов и других нормативных технических документов, в том числе в части обеспечения требований безопасности дорожного движения;
- осуществление мероприятий по контролю сохранности автомобильных дорог Государственной компании,
- осуществление мероприятий по оценке соответствия транспортно-эксплуатационных характеристик автомобильных дорог Государственной компании требованиям технических регламентов.

8. Введение стандарта в действие: Главной задачей, обеспечивающей возможность введения стандарта в действие, является:

- организация мониторинга характеристик транспортного потока в процессе эксплуатации автомобильной дороги;
- использование дифференцированного подхода к учету движения грузовых транспортных средств, позволяющего выявлять состав многоосных транспортных средств для расчета числа приложений расчетной нагрузки на текущем этапе эксплуатации;
- систематизация и хранение информации, содержащейся в проектной документации по расчету дорожной одежды, в паспорте автомобильной дороги;
- расчетный срок службы дорожной конструкции, годы;
- расчетный ресурс дорожной конструкции, млн. приложений расчетной нагрузки;
- требуемый коэффициент прочности по упругому прогибу;
- требуемый уровень надежности;
- предельный коэффициент разрушения (на последний год срока службы);

- конструкция дорожной одежды.
- организация детальной оценки состояния элементов дорожной конструкции на текущем этапе эксплуатации.

Предполагаемый срок введения стандарта в действие: после подписания соответствующего приказа об утверждении Стандарта.

9. Взаимосвязь с другими стандартами: настоящий Стандарт взаимосвязан с национальными стандартами, отраслевыми дорожными методическими документами.

10. Сведения о рассылке на отзыв: проект Стандарта рассылался структурным подразделениям, членам Технического совета Государственной компании и Научно-технического совета Государственной компании, подрядным строительным организациям.



УТВЕРЖДЕН

приказом Государственной компании
«Российские автомобильные дороги»

от «01» июня 2013 г. № 127

**Стандарт
Государственной
компании «Автодор»**

**СТО АВТОДОР
2.4-2013**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, СТРОИТЕЛЬСТВО И
ЭКСПЛУАТАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

**ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА
НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ КОМПАНИИ
«РОССИЙСКИЕ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ»**

Москва 2013

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН: Институт проблем дорожно-транспортного комплекса Ростовского Государственного строительного университета («ДорТрансНИИ» РГСУ).

2 ВНЕСЕН: Департаментом проектирования, технической политики и инновационных технологий Государственной компании «Автодор».

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом Государственной компании «Российские автомобильные дороги» от «01» июня 2013 г. № 127 с 01.07.13.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ.

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без письменного разрешения Государственной компании «Российские автомобильные дороги».

Содержание

1 Область применения	4
2 Нормативные ссылки.....	5
3 Термины, определения и сокращения.....	5
4 Общие положения	7
5 Рекомендации по организации мониторинга характеристик транспортного потока в процессе эксплуатации автомобильной дороги	10
5.1 Основные положения.....	10
5.2 Пункты учета движения	11
5.3 Приборы учета движения	12
6 Расчет остаточного ресурса дорожных конструкций на текущем этапе эксплуатации.....	13
7 Рекомендации по обоснованию проектных решений на стадии разработки проекта реконструкции с учетом остаточного ресурса дорожных конструкций... ..	18
8 Планирование работ по капитальному ремонту, ремонту дорожных одежд с учетом прогнозирования их остаточного срока службы.	20
Приложение А	25
Приложение Б.....	27
Приложение В.....	28
Приложение Г	31
Приложение Д.....	32
Библиография	43

Стандарт Государственной компании «Автодор»

ОЦЕНКА ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Evaluation of residual life flexible pavements of the State Company «Russian Highways»

1 Область применения

1.1 Действие настоящего стандарта распространяется на оценку остаточного ресурса нежестких дорожных одежд (далее – оценка остаточного ресурса) автомобильных дорог, находящихся в доверительном управлении Государственной компании «Российские автомобильные дороги» (далее - Государственная компания «Автодор»).

1.2 Стандарт определяет методологию расчета и оценки остаточного ресурса, регламентирует порядок мониторинга характеристик транспортного потока в процессе эксплуатации автомобильных дорог для целей оценки остаточного ресурса, устанавливает общие требования к организации работ по оценке состояния элементов эксплуатируемых дорожных конструкций, определяет алгоритм принятия решений по управлению состоянием автомобильных дорог.

1.3 Стандарт предназначен для применения:

- структурными подразделениями Государственной компании «Автодор», уполномоченными эксплуатирующими организациями и концессионерами для принятия управленческих решений при средне- и долгосрочном планировании ремонтных работ;
- проектными организациями для обоснования и принятия решений при разработке проектов реконструкции, капитального ремонта и ремонтов, в том числе на объектах, реализуемых в рамках концессионных, инвестиционных и иных соглашений, реализуемых в рамках государственно-частного партнерства.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы:

СНиП 2.05.02 -85 Автомобильные дороги

ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд

ОДН 218.0.006-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог

ОДН 218.1.052-2002 Оценка прочности нежестких дорожных одежд

Примечание - При пользовании настоящим стандартом необходимо проверить действие ссылочных документов. Если ссылочный документ заменён (изменён), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться заменённым (изменённым) документом. Если ссылочный документ отменён без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины, определения и сокращения

В настоящем стандарте применены термины с соответствующими определениями:

Расчетный ресурс дорожной конструкции - суммарное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности дорожной конструкции за расчетный срок службы.

Расчетный срок службы дорожной конструкции - принимаемый на стадии проектирования (расчета) период эксплуатации дорожной конструкции от ввода в эксплуатацию объекта до достижения предельного состояния (отказа) дорожной конструкции.

Остаточный ресурс дорожной конструкции – число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности дорожной конструкции от текущего момента эксплуатации до достижения дорожной конструкцией предельного состояния (отказа).

Отказ дорожной конструкции по прочности физически может характеризоваться образованием продольной и поперечной неровности поверхности дорожной одежды, связанной с прочностью конструкции (поперечные

неровности, колея, усталостные трещины), с последующим развитием других видов деформаций и разрушений (частые трещины, сетка трещин, выбоины, просадки, проломы и т.д.).

Количественный показатель отказа дорожной одежды – предельный коэффициент разрушения, представляющий собой отношение суммарной протяженности (или суммарной площади) участков дороги, требующих ремонта из-за недостаточной прочности дорожной одежды, к общей протяженности дороги.

Коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба - отношение общего модуля упругости дорожной одежды к минимальному требуемому общему модулю упругости, определяемому на стадии проектирования в зависимости от расчетного ресурса дорожной конструкции

Требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба - коэффициент прочности дорожной одежды, назначаемый на стадии проектирования в зависимости от требуемого уровня надежности.

Требуемый уровень надежности – вероятность безотказной работы дорожной конструкции в течение расчетного срока службы.

Системы учета интенсивности движения транспортных средств - пункты автоматизированного учета, состоящие из технических средств передачи, приема и хранения информации, а также программных средств управления и обработки данных интенсивности и состава движения транспортных потоков

Системы «вес в движении» – пункты автоматизированного учета, предназначенные для определения и записи осевых и полных нагрузок транспортных средств, определения вида транспортного средства в транспортном потоке без его остановки. Данные системы обладают высокими показателями производительности.

Нормативный межремонтный период дорожной одежды - установленный действующими нормами временной период от момента строительства до капитального ремонта или между капитальными ремонтами.

4 Общие положения

4.1 Основные цели оценки остаточного ресурса нежестких дорожных одежд:

- определение времени эффективного проведения упредительных ремонтных работ;
- назначение необходимых организационно-технических и диагностических мероприятий;
- разработка стратегии принятия решений по управлению состоянием автомобильных дорог для обеспечения расчетного срока службы и эксплуатационной надежности дорожных конструкций.

4.2 Расчетный ресурс дорожной конструкции, определяемый на стадии проектирования для расчетного срока службы, соответствует заданным (проектным) параметрам транспортного потока, расчетным (нормативным) характеристикам материалов конструктивных слоев и грунта земляного полотна.

4.3 Фактический срок службы эксплуатируемых дорожных конструкций может отличаться от расчетных значений вследствие действия комплекса факторов, определяемых особенностями условий нагружения (интенсивность, состав и скорость движения транспортных потоков), изменением показателей транспортно-эксплуатационного состояния (рисунок 4.1).

4.4 Факторы, влияющие на изменение расчетного срока службы дорожных конструкций:

- увеличение (снижение) среднегодовой суточной интенсивности движения;
- увеличение (снижение) доли многоосных транспортных средств;
- увеличение (снижение) динамического воздействия транспортных средств, вследствие изменений скоростных режимов движения и (или) развития неровностей на поверхности покрытий.

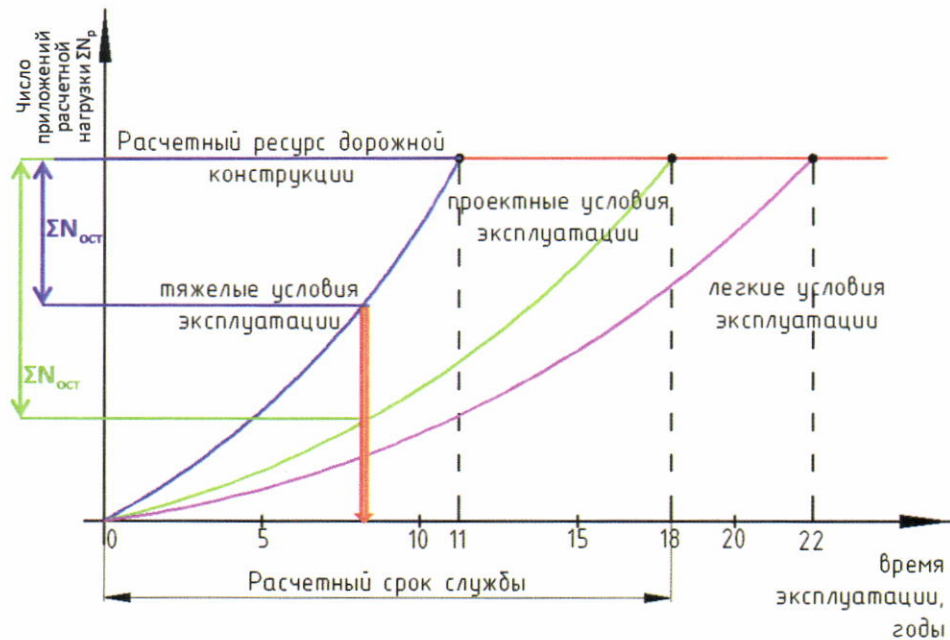


Рисунок 4.1 - Изменение срока службы дорожной конструкции в зависимости от условий нагружения и прогнозирования их остаточного ресурса

4.4 Оценка остаточного ресурса на текущем этапе эксплуатации позволяет прогнозировать остаточный срок службы дорожной конструкции и разрабатывать стратегии ее ремонта с целью обеспечения расчетного срока службы.

4.5 В качестве исходных параметров данных для оценки остаточного ресурса дорожных конструкций являются, содержащиеся в проектной документации:

- расчетный срок службы дорожной конструкции, годы;
- расчетный ресурс дорожной конструкции, млн. приложений расчетной нагрузки;
- требуемый коэффициент прочности по упругому прогибу;
- требуемый уровень надежности;
- предельный коэффициент разрушения (на последний год срока службы).

4.6 Для расчета числа приложений расчетной нагрузки, воздействующего на дорожную конструкцию с момента завершения строительства до текущего момента эксплуатации, используют информацию о параметрах транспортного потока за данный период эксплуатации.

4.7 Оценка остаточного ресурса нежестких дорожных конструкций применяется:

- при разработке проектов реконструкции автомобильных дорог для обоснования технической возможности дальнейшей эксплуатации дорожной конструкции и разработки эффективных методов восстановления элементов существующей дорожной конструкции, обеспечивающих требуемый уровень надежности дорожной конструкции на заданный межремонтный период;

- при средне- и долгосрочном планировании ремонтных работ для своевременного выявления ослабления дорожной конструкции (или ее элементов) и разработки эффективных ремонтных мероприятий по обеспечению расчетного срока службы.

4.8 Разработка методов восстановления существующей дорожной конструкции на стадии проектирования реконструкции дороги, разработка ремонтных мероприятий по обеспечению расчетного срока службы дорожной конструкции на текущем этапе эксплуатации базируются на результатах детальной оценки состояния дорожной конструкции.

4.9 Для решения перечисленных задач необходимо обеспечить:

- мониторинг транспортно-эксплуатационного состояния дорожных конструкций;

- мониторинг характеристик транспортного потока в процессе эксплуатации автомобильной дороги;

- дифференцированный подход к учету движения грузовых транспортных средств, позволяющий выявлять состав многоосных транспортных средств для расчета числа приложений расчетной нагрузки на текущем этапе эксплуатации;

- систематизацию и хранение информации, содержащейся в проектной документации по расчету дорожной одежды (п. 4.5.), в паспорте автомобильной дороги, в ГИС;

- детальную оценку состояния элементов дорожной конструкции на текущем этапе эксплуатации.

4.10 Оценку остаточного ресурса дорожных конструкций выполняют проектные организации при разработке проектов реконструкции автомобильных

дорог, структурные подразделения Государственной компании «Автодор» или специализированные организации, занимающиеся диагностикой автомобильных дорог, при средне- и долгосрочном планировании ремонтных работ.

4.11 Оценку остаточного ресурса дорожных конструкций проводят в соответствии со схемой, представленной на рисунке 4.2.

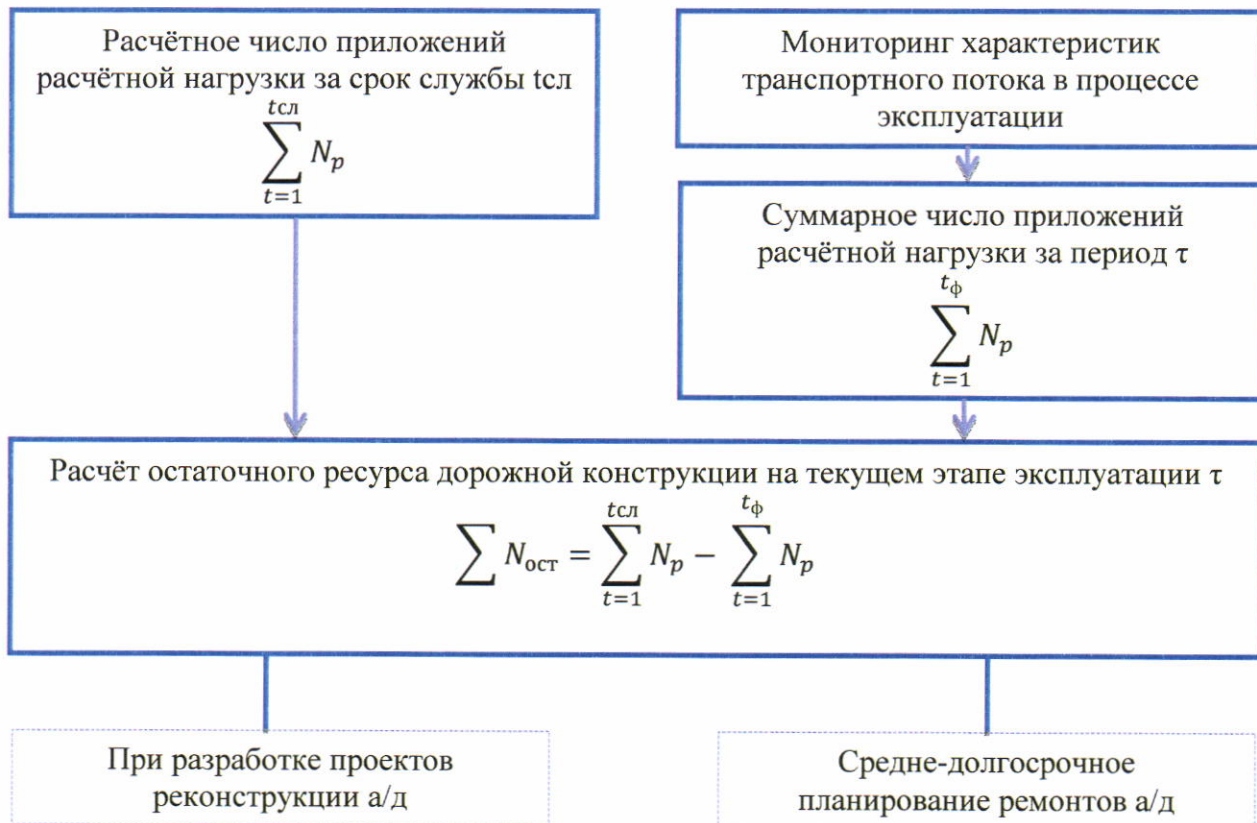


Рисунок 4.2 - Схема оценки остаточного ресурса дорожных конструкций

5 Рекомендации по организации мониторинга характеристик транспортного потока в процессе эксплуатации автомобильной дороги

5.1 Основные положения

5.1.1 Мониторинг характеристик транспортного потока (далее мониторинг потока) проводится с целью получения объективных данных об интенсивности движения транспортных средств и числе приложений расчетной нагрузки при движении транспортных потоков по автомобильным дорогам, находящимся в доверительном управлении Государственной компании «Автодор».

5.1.2 Данные о суммарном числе приложений расчетной нагрузки за период эксплуатации являются исходной информацией, необходимой для решения задач, связанных с оценкой прочности и остаточного ресурса дорожных конструкций:

- оценка соответствие состояния нежестких дорожных конструкций автомобильных дорог проектным прогнозным значениям и разработка стратегий обеспечения расчетного срока службы дорожных конструкций;

- обоснование технической возможности дальнейшей эксплуатации дорожной конструкции и разработка эффективных методов восстановления элементов существующей дорожной конструкции при разработке проектов реконструкции автомобильных дорог.

Учет движения транспортных средств для решения указанных задач осуществляется в соответствии с положениями ОДМ 218.3.024-2012 [6] и Европейскими рекомендациями ЕЭК ООН EUR 13 [7], в которых используется дифференцированный подход к учету движения грузовых транспортных средств, позволяющий выявлять состав многоосных транспортных средств.

5.2 Пункты учета движения

5.2.1 Автоматизированные пункты учета движения должны обеспечивать круглосуточный учет интенсивности, нагрузок и состава движения в течение года на автомобильных дорогах ГК «Автодор». Пункты учета могут быть стационарными или передвижными.

5.2.2 Автоматизированные пункты учета движения разделяются на пункты учета интенсивности, способные регистрировать интенсивность движения транспортных средств, и на пункты учета движения (далее - системы «вес в движении»), способные регистрировать интенсивность движения транспортных средств и осевые нагрузки.

5.2.3 Расположение пункта учета на автомобильной дороге и его оборудование должно обеспечивать учет всех транспортных средств, проходящих в прямом и обратном направлениях, проведение учета в любое время года и суток независимо от погодных условий при бесперебойном движении транспортных средств.

5.2.4 Пункты автоматизированного учета должны соответствовать требованиям предъявляемым к ним в [6].

5.2.5 Передвижные пункты учета движения используют при отсутствии постоянно действующих пунктов автоматизированного учета движения для периодического кратковременного сбора данных по интенсивности, составу и нагрузкам движения на автомобильных дорогах Государственной компании «Автодор».

5.3 Приборы учета движения

5.3.1 Пункты учета интенсивности и состава движения оборудуют приборами, основанными на различных методах контроля прохождения автотранспортных средств через участок автомобильной дороги (приложение А).

Приборы учета интенсивности движения и Системы «вес в движении» состоят из детекторов транспорта, регистрирующей аппаратуры, накопителей информации и оборудования передачи данных.

5.3.2 Приборы учета интенсивности движения должны разделять транспортный поток в автоматическом режиме на всех полосах движения (не менее 8) и распознавать следующие типы транспортных средств:

- легковые автомобили;
- грузовые автомобили, грузоподъемностью до 5,0 т;
- грузовые автомобили и автопоезда, грузоподъемностью от 5,0 до 12,0 т;
- грузовые автомобили и автопоезда, грузоподъемностью от 12,0 до 20,0 т;
- автопоезда, грузоподъемностью свыше 20,0 т;
- автобусы.

Приборы учета интенсивности движения должны разделять транспортный поток и распознавать типы транспортных средств в соответствии с Европейскими рекомендациями ЕЭК ООН EUR 6 [7] (таблица Г.1 – EUR 6, приложение Б.

5.3.3 Системы «вес в движении» должны разделять транспортный поток в автоматическом режиме на типы транспортных средств, в соответствии с Европейскими рекомендациями ЕЭК ООН EUR 13 [7] (таблица Г.2 – EUR 13,

приложение Б), определять осевые нагрузки автомобилей. Получаемая информация позволяет решать задачи, указанных в п.5.1.2.

5.3.4 При необходимости получения данных об осевых нагрузках и типах транспортных средств (в соответствии с классификацией EUR 13), на основании результатов, полученных с использованием приборов учета интенсивности движения, необходимо данные учета интенсивности движения разделить на: легковые автомобили, грузовые автомобили, грузоподъемностью до 5,0 т, грузовые автомобили и автопоезда, грузоподъемностью более 5,0 т и автобусы. Поток грузовых автомобилей и автопоездов, грузоподъемностью более 5,0 т, разделить в соответствии с распределением грузовых типов транспортных средств, полученных на ближайшей Системе «вес в движении». При отсутствии данных рекомендуется воспользоваться передвижными Системами «вес в движении».

5.3.5 Требования к приборам учета движения по стойкости, надежности, конструкции, безопасности и эксплуатации должны соответствовать техническим требованиям национальных стандартов, предъявляемым к данному типу приборов.

5.3.6 Приборы учета интенсивности движения и Систем «вес в движении» должны снабжаться специальным программным обеспечением для приема и преобразования информации, позволяющем:

- выполнять почасовой учет интенсивности движения и разделять транспортный поток на требуемый состав движения (для систем «вес в движении» - с определением осевых нагрузок каждого типа транспортного средства);

- формирование, хранение и передачу первичных данных интенсивности и состава движения.

6 Расчет остаточного ресурса дорожных конструкций на текущем этапе эксплуатации

6.1 Расчетный ресурс дорожной конструкции ($\sum N_p$) – суммарное расчетное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности за расчетный срок

службы ($t_{\text{сл}}$) определяется в соответствии с ОДН 218.046-01 [2], в следующей последовательности:

- по формуле 6.1 определяется суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды

$$\sum_{t=1}^{t_{\text{сл}}} N_p = f_{\text{пол}} \cdot \sum_{m=1}^n (N_m \cdot K_c \cdot T_{\text{рдг}} \cdot 0.7) \cdot S_{m \text{ сум}} \cdot k_n \quad (6.1)$$

где, $f_{\text{пол}}$ – коэффициент учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяемый по таблице 3.2 [2];

n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока;

$S_{m \text{ сум}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$;

N_{im} – суточная интенсивность движения автомобилей m -й марки заданной степени загрузки в первый год службы (в обоих направлениях), авт/сут;

K_c – коэффициент суммирования, определяют по формуле 3.8 [2];

$T_{\text{рдг}}$ – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции, (определяемое в соответствии с приложением 6 [2]);

k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого, определяемый по таблице 3.3 [2].

$t_{\text{сл}}$ – расчетный срок службы дорожной конструкции.

6.2 Коэффициент приведения транспортного средства к расчётной нагрузке определяется по формуле 6.2.

$$S_{m \text{ сум}} = \sum_{1}^n S_n \quad (6.2)$$

где, n – число осей у данного транспортного средства, для приведения которого к расчетной нагрузке определяется коэффициент;

S_n - коэффициент приведения номинальной динамической нагрузки от колеса каждой из n осей транспортного средства к расчетной динамической нагрузке, определяемый по формуле 6.3.

$$S_n = \left(\frac{Q_{дн}}{Q_{д\text{ расч}}} \right)^p \quad (6.3)$$

где, $Q_{дн}$ - номинальная динамическая нагрузка от колеса на покрытие (6.4).

$Q_{д\text{ расч}}$ - расчетная динамическая нагрузка от колеса на покрытие (6.5);

p - показатель степени, принимаемый равным:

4,4 - для капитальных дорожных одежд,

3,0 - для облегченных дорожных одежд,

2,0 - для переходных дорожных одежд.

$$Q_{дн} = K_{дин} \cdot Q_n \quad (6.4)$$

$$Q_{д\text{ расч}} = K_{дин} \cdot Q_{расч} \quad (6.5)$$

где, $K_{дин}$ - динамический коэффициент, принимаемый равным 1,3;

Q_n - номинальная статическая нагрузка на колесо данной оси;

$Q_{расч}$ - расчетная нагрузка.

При определении расчетного значения номинальной статической нагрузки для многоосных автомобилей фактическую номинальную нагрузку на колесо, определяемую по паспортным данным, следует умножать на коэффициент K_c , вычисляемый по формуле 6.6.

$$K_c = a - b\sqrt{Bm - c} \quad (6.6)$$

где, Bm - расстояние в метрах между крайними осями автотранспортного средства;

a, b, c - параметры, определяемые в зависимости от капитальности дорожной одежды и числа осей тележки.

6.3 Допускается не осуществлять расчёт суммарного коэффициента приведения транспортных средств к расчетной нагрузке, а принимать его согласно таблице 6.1, в которой представлены значения, полученные на основе анализа

статистических данных. При этом все коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке делятся на 3 типа, для автомобилей со снаряженной массой (без груза), для транспортных средств с нагрузкой, не превышающей допустимого значения и для транспортных средств с нагрузкой, превышающей допустимые значения.

Процентное распределение видов загруженных транспортных средств следует брать на основе анализа учета Систем «вес в движении». При отсутствии данных состав грузового транспортного потока допускается разделять в следующем соотношении: 30% транспортных средств движутся со снаряженной массой (без груза); 60% - с грузом, (но с осевыми и полными нагрузками, не превышающими допустимые значения); 10% транспортных средств движутся с превышением допустимых нагрузок (перегрузом).

6.4 На текущем этапе эксплуатации дорожной конструкции остаточный ресурс определяется по формуле 6.7:

$$\sum N_{\text{ост}} = \sum_{t=1}^{t_{\text{сл}}} N_p - \sum_{t=1}^{t_{\text{ф}}} N_p \quad (6.7)$$

где, $\sum N_{\text{ост}}$ – остаточный ресурс дорожной конструкции, млн. расч. авт.;

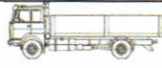
$\sum_{t=1}^{t_{\text{сл}}} N_p$ - суммарное расчетное число приложения расчетной нагрузки к расчетной точке на поверхности конструкции за срок службы $t_{\text{сл}}$, млн. расч. авт.;

$\sum_{t=1}^{t_{\text{ф}}} N_p$ - фактическое суммарное число приложения расчетной нагрузки к расчетной точке на поверхности конструкции за период $t_{\text{ф}}$, млн. расч. авт.;

$t_{\text{сл}}$ - расчетный срок службы;

6.5 Для расчета остаточного ресурса дорожной конструкции на текущем этапе эксплуатации необходимо установить суммарное число приложений расчётной нагрузки с момента начала её эксплуатации, с учётом фактических условий нагружения (интенсивности движения и характеристик транспортного потока).

Таблица 6.1 - Суммарные коэффициенты приведения транспортных средств к расчетной нагрузке 115 кН.

Вид транспортного средства	Sm сум (пуст)	Sm сум (груз)	Sm сум (перегр)
1. Легковой автомобиль	0.0015		
2. Грузовые автомобили:			
2.1. Легкие (грузоподъемность 1-2т)	0.005		
2.2. Средние (грузоподъемность 2-5т)	0.002	0.067	0.356
2.3. Тяжелые (грузоподъемность 5-8т):			
2.3.1 	0.003	0.716	1.597
2.3.2 	0.032	1.495	3.334
2.3.3 	0.076	2.011	4.485
3. Автопоезда с полуприцепом:			
3.1 	0.001	0.968	2.159
3.2 	0.024	1.879	4.192
3.3 	0.073	2.329	5.195
3.4 	0.040	2.523	5.627
3.5 	0.043	2.436	5.434
4. Автопоезда с прицепом:			
4.1 	0.004	0.828	1.848
4.2 	0.070	2.496	5.567
4.3 	0.040	1.653	3.688
4.4 	0.075	3.623	8.080
5. Автобусы			
5.1  (микроавтобусы)	0.0027		
5.2 	0.051	0.314	0.700

6.5 Для учета изменения ровности в процессе эксплуатации для определения значения суммарного коэффициента приведения транспортного средства к расчетной нагрузке следует применять следующую формулу

$$S_{m \text{ сум}} = b \cdot (c_1^V) \cdot (c_2^M) \quad (6.8)$$

где, V - скорость транспортного средства, км/ч;

M – общая масса транспортного средства, тонн;

b, c1, c2 –эмпирически полученные коэффициенты, зависящие от IRI (таблица В.1-В.3 Приложения В).

Для определения промежуточных значений коэффициентов c₁, c₂, b пользуются методом интерполяции.

7 Рекомендации по обоснованию проектных решений на стадии разработки проекта реконструкции с учетом остаточного ресурса дорожных конструкций.

7.1 Порядок принятия проектных решений на стадии разработки проекта реконструкции автомобильной дороги с учетом остаточного ресурса дорожных конструкций представлен на рисунке 7.1.

7.2 Для принятия проектных решений на стадии разработки проекта реконструкции необходимы данные о величине остаточного ресурса рассматриваемого участка автомобильной дороги, определяемого в соответствии с п.6.

7.3 Оценка визуального состояния выполняется по ОДН 218.0.006-2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог» [3] п. 4.8 .

7.4 Расчет балльной оценки выполняется на основе результатов визуальной оценки по ОДН 218.0.006-2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог» [3] табл. 5.16.

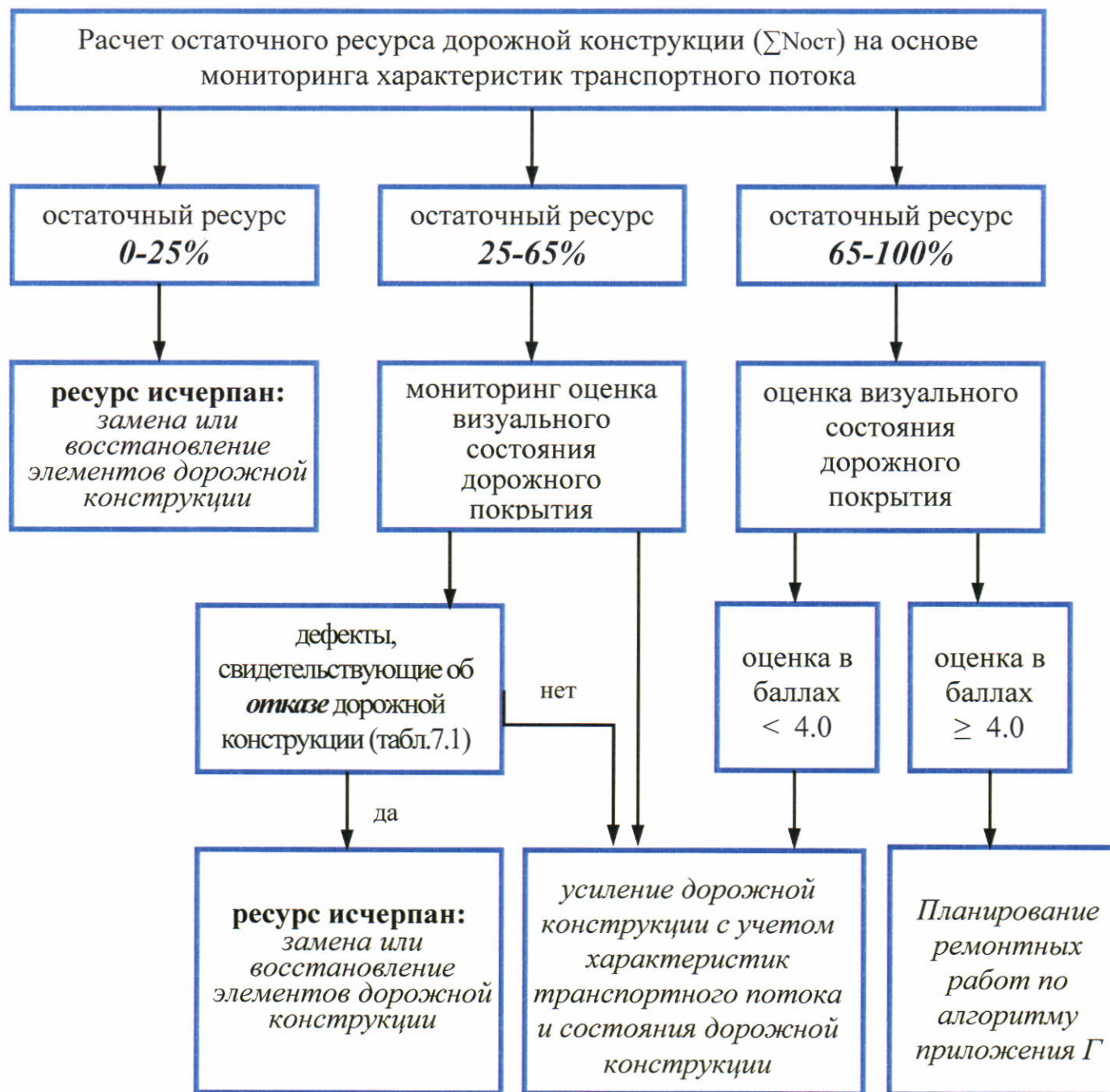


Рисунок 7.1 - Алгоритм принятия проектных решений на стадии разработки проекта реконструкции с учетом остаточного ресурса дорожных конструкций

7.5 Перечень дефектов, свидетельствующий об отказе дорожной конструкции, разработан с учетом положений ОДН 218.046-01 [2] и ОДН 218.0.006-2002 [3] (таблица 7.1).

Таблица 7.1 – Дефекты свидетельствующие об отказе дорожной конструкции

1	Частые поперечные трещины на расстоянии между соседними трещинами 8 и менее метров;
2	Одиночная сетка трещин на площади до 10 м ² с крупными ячейками (сторона ячейки более 0,5 м) на площади более 5% от общей
3	Одиночная сетка трещин на площади до 10 м ² с мелкими ячейками (сторона ячейки менее 0,5 м)) на площади более 5% от общей
4	Густая сетка трещин на площади до 10 м ²
5	Сетка трещин на площади более 10 м ²
6	Колейность при средней глубине колеи от 40 мм и выше
7	Просадки (пучины)
8	Проломы дорожной одежды
9	Выбоины на покрытиях, содержащих органическое вяжущее (расстояние между выбоинами 1-10 м)
10	Карты заделанных выбоин, залитые трещины

7.6 Детальная оценка состояния элементов дорожной конструкции осуществляется в соответствии с п. 8.

8 Планирование работ по капитальному ремонту, ремонту дорожных одежд с учетом прогнозирования их остаточного срока службы.

8.1 Для прогнозирования остаточного срока службы дорожной конструкции применяют два подхода. При малом сроке эксплуатации (относительно нормативного) и хорошем (требуемом) состоянии покрытия (оценка в баллах согласно ОДН 218.0.006-2002 [3] – не менее 4,5) для прогнозирования ее остаточного срока службы используют только информацию о нагруженности. При сроке эксплуатации близком к нормативному или наличие дефектов на покрытии дополнительно проводят детальное обследование состояния элементов дорожной конструкции с выявлением причин дефектообразования. Преимуществом первого подхода является его меньшая трудоемкость, второго - более точный прогноз.

8.2 Прогнозирование остаточного срока службы (первый подход) выполняют на основе прогноза роста интенсивности движения транспортных средств на участке автомобильной дороге в последующий период эксплуатации. При этом остаточный срок службы дорожной конструкции (формула 8.1) определяют исходя из ее остаточного ресурса по формуле:

$$\sum N_{\text{ост}} = f_{\text{пол}} \sum_{t=1}^{t_{\text{ост}}} \sum_{m=1}^n (N_{tm} \cdot T_{\text{рдг}} \cdot 0,7) S_{m\text{сум}} \cdot k_n \quad (8.1)$$

где, t – остаточный срок службы;

N_{tm} – суточная интенсивность движения автомобилей m -й марки в t -й год эксплуатации;

$T_{\text{рдг}}$ – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции;

$S_{m\text{сум}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$;

8.3 Прогнозирование остаточного срока службы с учетом состояния дорожной конструкции (второй подход) осуществляется согласно закономерностям изменения определяющих параметров состояния дорожной конструкции – общего модуля упругости и визуальной оценки состояния покрытия.

8.4 Закономерность снижения общего модуля упругости в течение расчетного срока службы определяется зависимостью (формула 8.2):

$$E_t = A + B \cdot \left[\log \left(\gamma \cdot \omega^0 \cdot N_1 \frac{q^{t_{\text{сл}}} - q^t}{q - 1} \right) - 1 \right] \quad (8.2)$$

где, A, B, γ – эмпирические параметры, характеризующие закономерность изменения требуемых модулей упругости от перспективной интенсивности движения;

ω^0 – коэффициент, учитывающий влияние погодно-климатических факторов на агрессивность воздействия расчетных автомобилей;

N_1 – интенсивность движения расчетных нагрузок на полосу в первый год эксплуатации, авт/сут;

$t_{\text{сл}}$ – расчетный (межремонтный) срок службы дорожной одежды.

На рисунок 8.1 представлена проектная кривая снижения коэффициента прочности дорожной конструкции по упругому прогибу в зависимости от ее остаточного ресурса при расчетном уровне надежности 0,95.

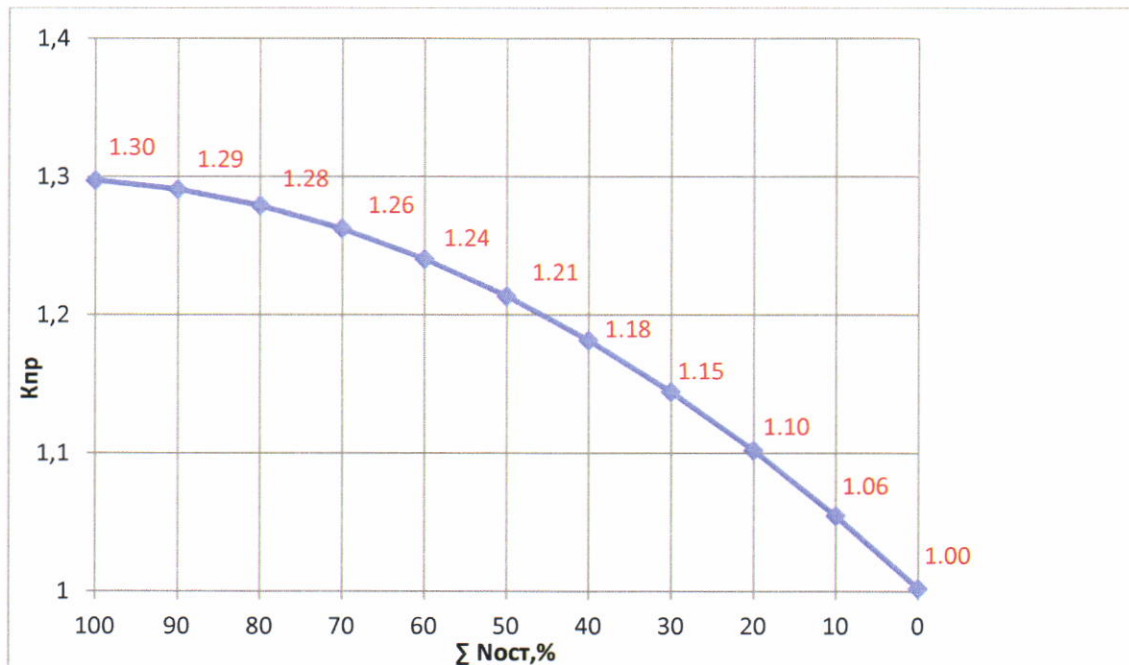


Рисунок 8.1 – Проектная кривая снижения коэффициента прочности дорожной конструкции

8.5 На основе сопоставления коэффициента прочности дорожной конструкции по упругому прогибу на текущем этапе эксплуатации со значениями, соответствующими проектной кривой снижения коэффициента прочности (рисунок 8.1), принимается решение о проведении детального обследования состояния элементов дорожной конструкции с целью выяснения причин преждевременного ослабления ее прочности и разработки мероприятий по своевременному усилению (восстановлению) дорожной конструкции.

8.6 Образование дефектов, связанных со снижением прочности дорожной конструкции, обусловлено накоплением повреждений в элементах дорожной конструкции при многократном воздействии транспортных средств. Остаточный ресурс дорожной конструкции, соответствующий моменту образования различных дефектов и балльной оценке визуального состояния дорожного покрытия, представлен на рис. 8.2.

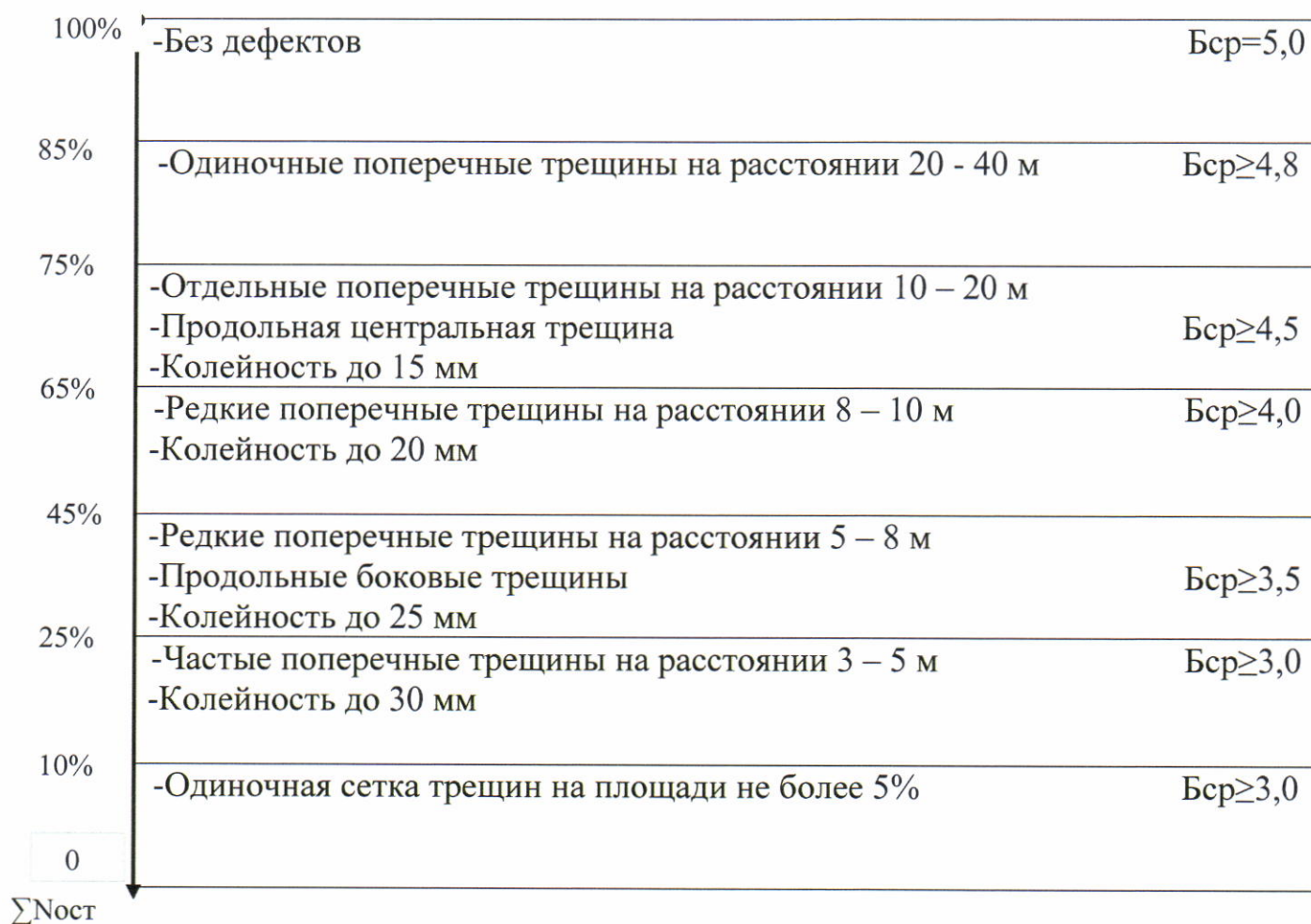


Рисунок 8.2 – Образование дефектов, связанных со снижением прочности дорожной конструкции, в зависимости от ее остаточного ресурса

8.7 Обеспечение требуемого эксплуатационного состояния дорожных одежд ($B_{ср} \geq 4,5$) достигается путем проведения работ по ремонту покрытия.

8.8 На основе сопоставления выявленных в ходе диагностики дефектов дорожного покрытия и балльной оценки визуального состояния с дефектами, соответствующими остаточному ресурсу дорожной конструкции (рисунок 8.2), принимается решение о проведении детального обследования состояния элементов дорожной конструкции с целью выяснения причин преждевременного образования дефектов и разработки мероприятий по обеспечению расчетного срока службы дорожной конструкции.

8.9 Для средне- и долгосрочного планирования ремонтных работ рекомендуется через 3 года эксплуатации автомобильной дороги:

- проводить оценку остаточного ресурса дорожной конструкции;

- в случае отклонения параметров состояния дорожной конструкции – коэффициента прочности по упругому прогибу и балльной оценки состояния дорожного покрытия от проектных значений на основе результатов детальной оценки состояния элементов дорожной конструкции разрабатывать стратегии ее ремонта с целью обеспечения расчетного срока службы.

Таблица А.1 – Методы контроля прохождения автотранспортных средств на пунктах учета движения

	Датчики (детекторы)	Основной принцип действия
Приборы учета интенсивности движения		
1	Магнитно-индуктивные детекторы (петлевые)	Основаны на измерении изменения параметров элетромагнитных колебаний, генерируемых в индуктивных детекторах, расположенных в покрытие автомобильной дороги.
2	Радиолокационные (СВЧ) детекторы	Основаны на эффекте Доплера и состоят из излучателя и приемника высокочастотного излучения в диапазоне дециметровых $2,5 \cdot 10^9$ Гц и сантиметровых $9,5 \cdot 10^9$ Гц волн. Параметры отраженного от покрытия дороги сигнала, улавливаемые приемником, изменяются при проезде транспортного средства в зоне действия детектора. Чувствительны к изменению погодноклиматических условий.
3	Ультразвуковые детекторы	Основаны на эффекте Доплера и состоят из излучателя и приемника ультразвукового излучения в диапазоне $(2-3) \cdot 10^4$ Гц. Ультразвуковые детекторы являются всепогодными.
4	Инфракрасные детекторы	
	Активные	Основаны на регистрации изменения интенсивности инфракрасного излучения, возникающего при движении транспортного средства, и состоят из излучателя с частотой $(2-3) \cdot 10^{12}$ Гц и приемника излучения.
	Пассивные	Детекторы не имеют излучателя и реагируют на появление транспортного средства.
5	Магнитные детекторы	Основаны на воздействии магнитного поля Земли и реагируют на его изменение при проезде транспортного средства. Делятся на активные (магнитометры) и пассивные (феррозонды).
6	Видеодетекторы	Основаны на фиксации видеоизображения транспортного средства и последующего преобразования его в электрический сигнал, анализируемый с помощью специального программного обеспечения.
Системы «вес в движении»		
1	Тензодетекторы	Основу составляет упругий элемент, изготавливаемый, как правило, из стали или алюминия с наклеенными на

		них тензорезисторами. Тензорезисторы преобразуют деформацию упругого элемента, вызванную прикладываемым усилием от транспортного средства в изменение выходного сопротивления мостовой схемы включения резисторов. Силовой модуль располагается в покрытии автомобильной дороги. Тензодетекторы позволяют определять число осей транспортного средства и нагрузки на его оси.
2	Пневматические детекторы	Основаны на определении изменения давления при проезде транспортного средства. Возникающий при этом импульс воздушного давления распространяется вдоль трубки и воздействует на преобразователь электрических сигналов.
3	Кварцевые датчики	Основу составляет металлический профиль вдоль оси которого смонтирован ряд предварительно механически нагруженных кварцевых датчиков. Кварцевые датчики функционирует за счет пьезоэлектрического эффекта кристалла кварца. Сенсор изолирован от боковых сил специальным эластичным материалом, который исключает ошибки, вызываемые объемным эффектом. При движения автотранспорта по дорожному полотну и наезде осью колес на датчик веса, кварцевый элемент под действием нагрузки (сжатия) вырабатывает величину заряда, пропорциональную приложенному усилию, далее сигнал заряда поступает на вторичный преобразователь, который преобразует величину заряда в сигнал напряжения, идентичный нагрузке на датчике.

Европейская классификация транспортного потока

Таблица Б.1 – EUR 6

1	Мотоциклы
2	Легковые автомобили и небольшие грузовики (фургоны)
3	Легковые автомобили с прицепом
4	Грузовики, небольшие тяжелые грузовики, малые автобусы
5	Автопоезда (тягач с прицепом или полуприцепом)
6	Автобусы

Таблица Б.2 – EUR 13

1	Легковые автомобили, небольшие грузовики (фургоны), другие небольшие автомобили с прицепом и без него
2	Двухосный грузовик
3	Трехосный грузовик
4	Четырехосный грузовик
5	Двухосный грузовик с прицепом
6	Трехосный грузовик с прицепом
7	Автопоезд, 2-х осный тягач с одноосным полуприцепом
8	Автопоезд, 2-х осный тягач с 2-х осным полуприцепом
9	Автопоезд, 2-х осный тягач с 3-х осным полуприцепом
10	Автопоезд, 3-х осный тягач с 1 или 2-х осным полуприцепом
11	Автопоезд, 3-х осный тягач с 3-х осным полуприцепом
12	Автобус
13	Автомобиль с 7-ю и более осями и другие не классифицируемые транспортные средства

Таблица В.2.— Значение коэффициентов c_1 , c_2 , b , при приведении транспортного средства к расчетной нагрузке 115 кН

Тип трансп. средства	Значение коэффициентов c_1 , c_2 , b при различном показателе ровности IRI, м/км														
	IRI = 1.8			IRI = 3.0			IRI = 3.75			IRI = 4.5			IRI = 6.0		
	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b
	1.0071	1.4571	0.0015	1.0103	1.4488	0.0019	1.0123	1.4438	0.0021	1.0142	1.4388	0.0024	1.0178	1.4295	0.0028
	1.0067	1.2626	0.0073	1.0108	1.2559	0.0086	1.0133	1.2519	0.0094	1.0159	1.2478	0.0102	1.0205	1.2403	0.0116
	1.0060	1.2771	0.0028	1.0102	1.2695	0.0034	1.0128	1.2649	0.0037	1.0154	1.2603	0.0041	1.0202	1.2518	0.0047
	1.0112	1.1911	0.0043	1.0150	1.1834	0.0059	1.0173	1.1787	0.0069	1.0196	1.1740	0.0078	1.0238	1.1653	0.0096
	1.0071	1.1696	0.0056	1.0118	1.1514	0.0137	1.0147	1.1404	0.0186	1.0175	1.1293	0.0235	1.0228	1.1089	0.0325
	1.0076	1.1366	0.0169	1.0124	1.1302	0.0197	1.0153	1.1262	0.0214	1.0182	1.1223	0.0231	1.0236	1.1151	0.0263
	1.0060	1.1145	0.0236	1.0116	1.1044	0.0323	1.0151	1.0982	0.0376	1.0185	1.0920	0.0429	1.0248	1.0806	0.0527
	1.0095	1.1694	0.0066	1.0121	1.1580	0.0136	1.0137	1.1511	0.0178	1.0153	1.1442	0.0221	1.0182	1.1314	0.0299
	1.0071	1.1550	0.0078	1.0113	1.1413	0.0160	1.0138	1.1330	0.0210	1.0163	1.1246	0.0261	1.0210	1.1093	0.0353
	1.0067	1.1101	0.0287	1.0105	1.1032	0.0423	1.0128	1.0989	0.0506	1.0151	1.0947	0.0589	1.0193	1.0869	0.0742
	1.0068	1.1027	0.0284	1.0108	1.0967	0.0400	1.0133	1.0931	0.0470	1.0158	1.0895	0.0540	1.0203	1.0828	0.0670

Таблица В.3 – Значение коэффициентов c_1 , c_2 , b , при приведении транспортного средства к расчетной нагрузке 130 кН

Тип трансп. средства	Значение коэффициентов c_1 , c_2 , b при различном показателе ровности IRI, м/км														
	IRI = 1.8			IRI=3.0			IRI=3.75			IRI=4.5			IRI=6.0		
	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b
	1.0078	1.3020	0.0054	1.0086	1.2648	0.0355	1.0092	1.2416	0.0543	1.0097	1.2183	0.0731	1.0107	1.1749	0.1082
	1.0065	1.1840	0.0150	1.0095	1.1634	0.0578	1.0114	1.1505	0.0846	1.0133	1.1376	0.1113	1.0169	1.1136	0.1613
	1.0053	1.2739	0.0018	1.0086	1.2402	0.0136	1.0107	1.2191	0.0209	1.0127	1.1980	0.0283	1.0166	1.1587	0.0420
	1.0115	1.1925	0.0023	1.0144	1.1705	0.0150	1.0163	1.1567	0.0230	1.0181	1.1430	0.0309	1.0215	1.1173	0.0458
	1.0073	1.1688	0.0033	1.0106	1.1454	0.0408	1.0126	1.1308	0.0642	1.0147	1.1162	0.0877	1.0185	1.0889	0.1314
	1.0076	1.1362	0.0098	1.0117	1.1217	0.0363	1.0143	1.1127	0.0529	1.0169	1.1036	0.0695	1.0217	1.0867	0.1004
	1.0060	1.1152	0.0133	1.0096	1.1033	0.0735	1.0119	1.0959	0.1111	1.0142	1.0885	0.1487	1.0184	1.0747	0.2189
	1.0089	1.1671	0.0043	1.0098	1.1368	0.1023	1.0103	1.1179	0.1636	1.0109	1.0990	0.2249	1.0119	1.0637	0.3393
	1.0071	1.1547	0.0045	1.0087	1.1292	0.0919	1.0097	1.1133	0.1465	1.0107	1.0973	0.2011	1.0125	1.0676	0.3031
	1.0068	1.1108	0.0160	1.0087	1.0956	0.1222	1.0099	1.0862	0.1886	1.0111	1.0767	0.2550	1.0133	1.0590	0.3789
	1.0064	1.1024	0.0171	1.0097	1.0916	0.0776	1.0117	1.0849	0.1154	1.0138	1.0782	0.1532	1.0176	1.0656	0.2237

Приложение Г

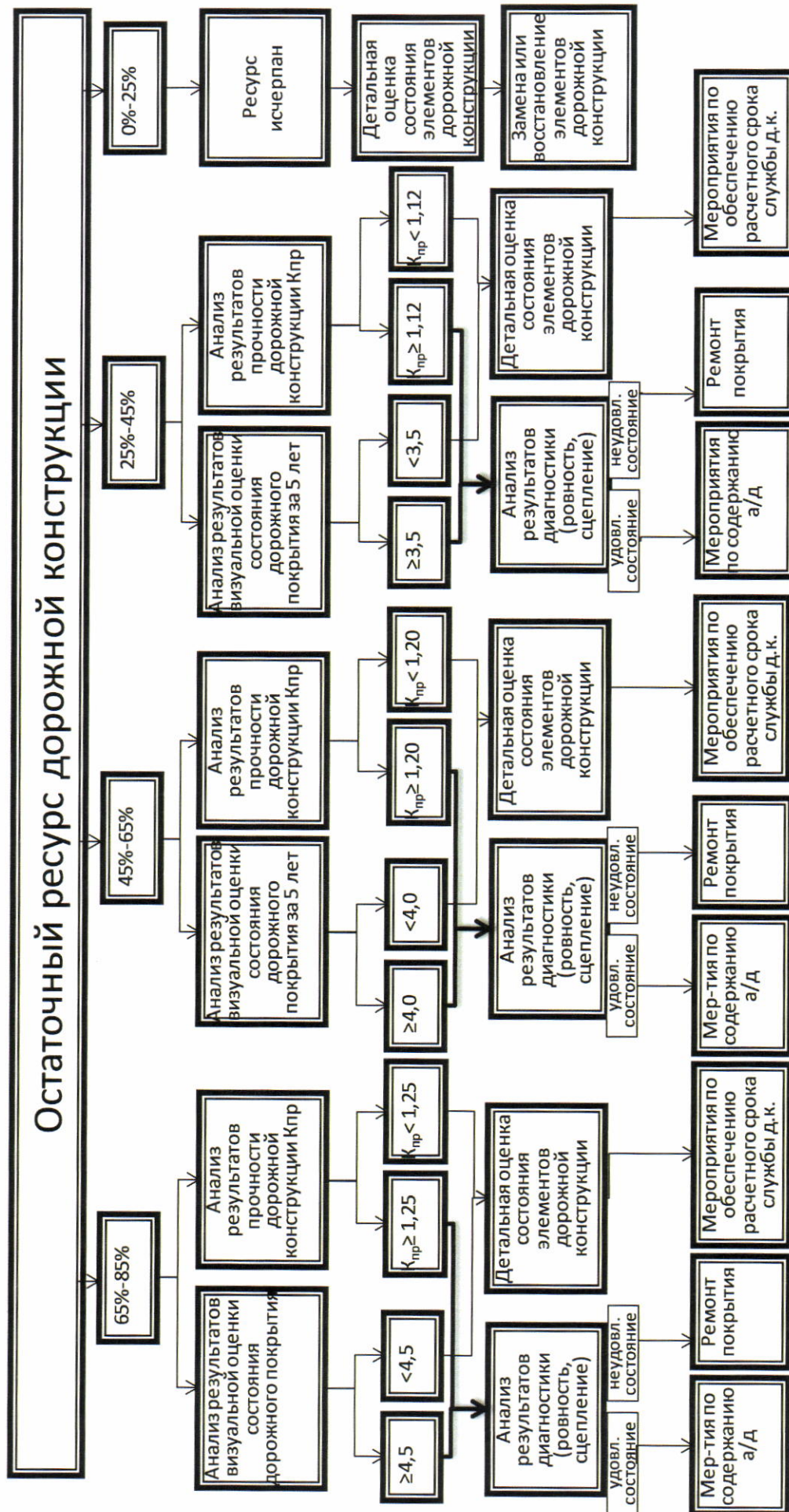


Рисунок Г.1- Алгоритм принятия проектных решений на стадии работ по капитальному ремонту, ремонту дорожных одежд с учетом прогнозирования их остаточного срока службы

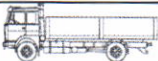
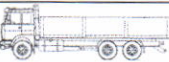
**Пример расчета остаточного ресурса дорожных конструкций
на текущем этапе эксплуатации.**

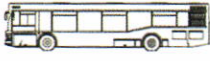
Требуется рассчитать остаточный ресурс дорожной конструкции через 8 лет эксплуатации автомобильной дороги. Проектные параметры дорожной конструкции представлены в таблице Д.1. Проектные параметры транспортного потока на первый год эксплуатации представлены в таблице Д.2.

Таблица Д.1 –Параметры автомобильной дороги

Показатели	Значение
Категория автомобильной дороги	Ia
Дорожно-климатическая зона	IV
Местоположение	Ростовская область
Тип дорожной одежды	Капитальный
Расчётная нагрузка	115 кН
Расчётное количество дней в году	205
Расчетный срок службы дорожной одежды	18 лет
Количество полос движения	4
Годовой прирост интенсивности движения, %	3

**Таблица Д.2 – Среднегодовая суточная интенсивность движения
транспортных средств на первый год эксплуатации**

Вид транспортного средства	Количество, авт/сут
1. Легковой автомобиль	27529
2. Грузовые автомобили:	
2.1. Легкие (грузоподъемность 1-2т)	717
2.2. Средние (грузоподъемность 2-5т)	717
2.3. Тяжелые (грузоподъемность 5-8т):	
2.3.1 	348
2.3.2 	379
2.3.3 	
3. Автопоезда с полуприцепом:	
3.1 	85
3.2 	374

3.3		2740
3.4		195
3.5		521
4.Автопоезда с прицепом:		
4.1		184
4.2		51
4.3		482
4.4		69
5.Автобусы		
5.1	 (микроавтобусы)	354
5.2		288

1. Определяем остаточный ресурс дорожной конструкции при проектных условиях эксплуатации автомобильной дороги

1.1.Вычисляем суммарное число приложений расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции (формула 6.1) за срок службы 18 лет:

$$\sum_{t=1}^{18} N_p = 16\,424\,324$$

1.2.Рассчитываем суммарное число приложений расчетной нагрузки, которое испытает дорожная конструкция за 8 лет при проектных условиях эксплуатации:

$$\sum_{t=1}^8 N_p = 6\,237\,836$$

1.3.Определяем остаточный ресурс дорожной конструкции после 8 лет эксплуатации (формула 6.7):

$$\sum N_{\text{ост}}^{\text{проект}} = \sum_{t=1}^{18} N_p - \sum_{t=1}^8 N_p = 16\,424\,324 - 6\,237\,836 = 10\,186\,488 \quad (6.7)$$

Следовательно, после 8 лет эксплуатации проектный остаточный ресурс дорожной конструкции составляет 62%

2. Определяем остаточный ресурс дорожной конструкции при фактических условиях эксплуатации автомобильной дороги

В процессе эксплуатации автомобильной дороги параметры транспортного потока, показатель ровности покрытия проезжей части отличались от проектных значений.

Рассмотрим два возможных варианта: **первый вариант** - ежегодный прирост интенсивности движения составляет 1%, изменение показателя ровности покрытия проезжей части представлено в таблице Д.3; **второй вариант** - ежегодный прирост интенсивности движения составляет 6%, изменение показателя ровности покрытия проезжей части представлено в таблице Д.4.

Для расчета остаточного ресурса дорожной конструкции с учетом фактических условий эксплуатации проводим следующие расчеты.

2.1. Задаём основные характеристики транспортного потока:

- а. скорость движения транспортных средств 90 км/ч;
- б. процентное содержание пустых, груженых и перегруженных автомобилей в транспортном потоке 30,60,10% соответственно.

2.2. Массы транспортных средств приняты в соответствии со значениями, полученными в результате статистической обработки данных, полученных с постов весового контроля.

2.3. Задаем изменение ровности покрытия проезжей части по международному индексу IRI (таблицы Д.3, Д.4).

Таблица Д.3 – Изменение ровности покрытия автомобильной дороги в процессе эксплуатации (первый вариант)

Год эксплуатации	Значение показателя ровности IRI, м/км
1	1,1
2	1,2
3	1,3
4	1,4
5	1,5
6	1,6
7	1,7
8	1,8

Таблица Д.4 – Изменение ровности покрытия автомобильной дороги в процессе эксплуатации (второй вариант)

Год эксплуатации	Значение показателя ровности IRI, м/км
1	1,10
2	1,30
3	1,50
4	1,70
5	1,90
6	2,10
7	2,30
8	2,50

2.4. Для каждого типа грузовых транспортных средств (кроме легких и средних грузовых) вычисляем коэффициент приведения транспортных средств к расчетной нагрузке $S_{т\ сум}$ с учетом скорости движения, массы транспортного средства и ровности покрытия проезжей части по формуле 6.8, (коэффициенты c_1 , c_2 , b представлены в таблице Д.5).

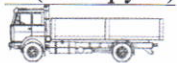
Например: для двухосного тяжелого грузового автомобиля с грузоподъемностью 8-т, при ровности покрытия проезжей части $IRI = 1.1$ м/км:

$$c_1=1,005273; c_2=1,461812; b=0,001278$$



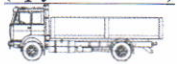
(без груза)

$$S_{т\ сум} = 0,001278 \cdot (1,005273^{90}) \cdot (1,461812^{4.6}) = 0,01$$



(груженный)

$$S_{т\ сум} = 0,001278 \cdot (1,005273^{90}) \cdot (1,461812^{14.7}) = 0,54$$



(с перегрузом)

$$S_{т\ сум} = 0,001278 \cdot (1,005273^{90}) \cdot (1,461812^{18.4}) = 2,22$$

Аналогично рассчитываем коэффициенты приведения для остальных транспортных средств (суммарные коэффициенты приведения представлены в таблице Д.6).

Таблица Д.5 – Значение коэффициентов c_1 , c_2 , b , при приведении транспортного средства к расчетной нагрузке 115 кН

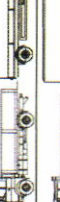
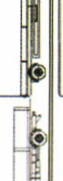
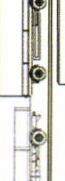
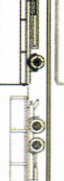
Тип трансп. средства	Значение коэффициентов c_1 , c_2 , b при различном показателе ровности IRI, м/км																	
	IRI = 1.1			IRI = 1.2			IRI = 1.3			IRI = 1.4			IRI = 1.5			IRI = 1.6		
	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b	c_1	c_2	b
	1,005	1,462	0,001	1,006	1,461	0,001	1,006	1,460	0,001	1,006	1,460	0,001	1,006	1,459	0,001	1,007	1,458	0,001
	1,004	1,266	0,007	1,005	1,266	0,007	1,005	1,265	0,007	1,005	1,265	0,007	1,006	1,264	0,007	1,006	1,263	0,007
	1,004	1,281	0,002	1,004	1,281	0,003	1,004	1,280	0,003	1,005	1,280	0,003	1,005	1,279	0,003	1,005	1,278	0,003
	1,009	1,196	0,003	1,009	1,195	0,004	1,010	1,194	0,004	1,010	1,194	0,004	1,010	1,193	0,004	1,011	1,192	0,004
	1,004	1,180	0,001	1,005	1,178	0,002	1,005	1,177	0,002	1,006	1,176	0,003	1,006	1,174	0,004	1,007	1,171	0,005
	1,005	1,140	0,015	1,005	1,140	0,016	1,006	1,139	0,016	1,006	1,139	0,016	1,006	1,138	0,016	1,007	1,137	0,017
	1,003	1,120	0,019	1,003	1,119	0,019	1,004	1,119	0,020	1,004	1,118	0,021	1,005	1,117	0,021	1,005	1,116	0,022
	1,008	1,176	0,003	1,008	1,175	0,003	1,008	1,174	0,004	1,009	1,173	0,004	1,009	1,172	0,005	1,009	1,171	0,005
	1,005	1,163	0,003	1,005	1,162	0,004	1,005	1,161	0,004	1,006	1,159	0,005	1,006	1,158	0,006	1,007	1,156	0,007
	1,005	1,114	0,021	1,005	1,113	0,022	1,005	1,113	0,023	1,005	1,112	0,024	1,006	1,112	0,025	1,006	1,111	0,028
	1,004	1,106	0,022	1,005	1,106	0,023	1,005	1,105	0,024	1,005	1,105	0,025	1,006	1,104	0,026	1,006	1,103	0,027

Таблица Д.6 – Значение суммарных коэффициентов приведения транспортных средств к расчетной нагрузке 115 кН

Тип трансп. средства		Значение коэффициентов S_m сум при различном показателе ровности IRI, м/км																											
		IRI = 1.1				IRI=1.2				IRI=1.3				IRI=,14				IRI=1.5				IRI=1.6				IRI=1.7			
		пст	гр.	прг	пст	пст	гр.	прг	пст	пст	гр.	прг	пст	пст	гр.	прг	пст	пст	гр.	прг	пст	пст	гр.	прг	пст	пст	гр.	прг	
	0,01	0,54	2,22	0,01	0,57	2,31	0,01	0,59	2,40	0,01	0,61	2,49	0,01	0,64	2,59	0,01	0,66	2,69	0,02	0,69	2,79								
	0,11	2,22	2,18	0,12	2,30	2,26	0,12	2,38	2,34	0,13	2,47	2,42	0,13	2,56	2,51	0,14	2,65	2,60	0,14	2,74	2,69								
	0,01	0,49	1,64	0,01	0,51	1,70	0,01	0,53	1,77	0,01	0,55	1,83	0,02	0,57	1,90	0,02	0,59	1,97	0,02	0,62	2,04								
	0,08	1,94	3,19	0,09	2,03	3,35	0,09	2,13	3,50	0,10	2,23	3,66	0,10	2,33	3,82	0,11	2,44	3,99	0,11	2,54	4,15								
	0,02	0,68	0,67	0,04	1,11	1,10	0,05	1,54	1,51	0,07	1,95	1,91	0,08	2,35	2,31	0,10	2,74	2,69	0,11	3,11	3,07								
	0,18	1,92	3,25	0,19	1,99	3,36	0,20	2,06	3,47	0,21	2,13	3,58	0,22	2,20	3,70	0,23	2,28	3,82	0,24	2,36	3,94								
	0,15	1,37	2,86	0,16	1,44	3,00	0,18	1,51	3,14	0,19	1,59	3,28	0,20	1,67	3,43	0,21	1,75	3,58	0,23	1,83	3,73								
	0,02	0,41	1,51	0,03	0,49	1,82	0,03	0,58	2,13	0,04	0,67	2,43	0,04	0,75	2,73	0,05	0,84	3,02	0,05	0,92	3,30								
	0,08	0,75	1,58	0,09	0,92	1,91	0,11	1,08	2,23	0,13	1,24	2,55	0,15	1,39	2,87	0,17	1,55	3,18	0,19	1,71	3,48								
	0,18	1,55	2,32	0,20	1,65	2,46	0,21	1,75	2,60	0,22	1,85	2,75	0,24	1,95	2,89	0,26	2,06	3,04	0,27	2,16	3,19								
	0,25	1,79	2,30	0,26	1,89	2,43	0,28	1,99	2,56	0,30	2,09	2,69	0,32	2,20	2,82	0,33	2,31	2,96	0,35	2,42	3,09								

Продолжение таблицы Д.6

Тип трансп. средства	Значение коэффициентов Sm сум при различном показателе ровности IRI, м/км														
	IRI=1.8			IRI=1.9			IRI=2.1			IRI=2.3			IRI=2.5		
	пст	гр.	прг	пст	гр.	прг	пст	гр.	прг	пст	гр.	прг	пст	гр.	прг
	0,02	0,72	2,89	0,02	0,75	2,99	0,02	0,80	3,21	0,02	0,86	3,44	0,02	0,92	3,68
	0,15	2,84	2,79	0,16	2,94	2,89	0,17	3,15	3,09	0,18	3,37	3,31	0,20	3,60	3,53
	0,02	0,64	2,12	0,02	0,66	2,19	0,02	0,71	2,35	0,02	0,77	2,52	0,02	0,83	2,70
	0,12	2,65	4,32	0,12	2,76	4,50	0,14	2,99	4,85	0,15	3,22	5,21	0,16	3,46	5,59
	0,13	3,48	3,43	0,15	3,84	3,78	0,18	4,53	4,46	0,22	5,18	5,11	0,26	5,80	5,71
	0,25	2,44	4,07	0,26	2,52	4,19	0,28	2,69	4,46	0,30	2,87	4,74	0,33	3,05	5,03
	0,24	1,92	3,88	0,25	2,00	4,04	0,28	2,18	4,36	0,32	2,37	4,68	0,35	2,57	5,02
	0,06	1,01	3,58	0,06	1,09	3,86	0,08	1,26	4,39	0,09	1,43	4,91	0,10	1,59	5,40
	0,21	1,87	3,78	0,23	2,02	4,08	0,27	2,33	4,66	0,31	2,64	5,23	0,36	2,95	5,77
	0,29	2,27	3,34	0,30	2,38	3,50	0,34	2,61	3,81	0,38	2,84	4,14	0,42	3,08	4,47
	0,37	2,53	3,24	0,39	2,65	3,38	0,44	2,89	3,67	0,48	3,14	3,98	0,53	3,39	4,30

2.5. Определяем остаточный ресурс дорожной конструкции после 8 лет эксплуатации (первый вариант).

Вычисляем фактическое суммарное число приложений расчетной нагрузки, которое испытает дорожная конструкция за каждый год эксплуатации, в течение 8 лет (формула 6.1) по первому варианту (таблица Д.7).

Для примера рассчитаем суммарное число приложений расчетной нагрузки, которое испытает дорожная конструкция от проезда транспортного потока за первый год эксплуатации.

$$f_{пол}=0.35; K_c=1; T_{под}=205; k_n=1,49; IRI=1.1\text{ м/км}; V=90\text{ км/ч}.$$

$$\begin{aligned} \sum N_p^{пуст} &= 0,35 \cdot ((27529 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,015 \cdot 1,49) \\ &+ (717 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,007 \cdot 1,49) \\ &+ (717 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,1 \cdot 1,49) \\ &+ (348 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,012 \cdot 1,49) \\ &+ (379 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,113 \cdot 1,49) \\ &+ (85 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,013 \cdot 1,49) \\ &+ (374 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,081 \cdot 1,49) \\ &+ (2740 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,021 \cdot 1,49) \\ &+ (195 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,184 \cdot 1,49) \\ &+ (521 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,154 \cdot 1,49) \\ &+ (184 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,021 \cdot 1,49) \\ &+ (51 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,075 \cdot 1,49) \\ &+ (482 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,183 \cdot 1,49) \\ &+ (69 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,248 \cdot 1,49) \\ &+ (354 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 0,0027 \cdot 1,49) \\ &+ (288 \cdot 1 \cdot 205 \cdot 0,7 \cdot 1,00 \cdot 1,49)) = 360\,343 \end{aligned}$$

Аналогичным способом рассчитывается суммарное число приложений расчетной нагрузки, которое испытает дорожная конструкция за последующие годы эксплуатации.

Таблица Д.7 – Суммарное число приложений расчетной нагрузки за каждый год эксплуатации автомобильной дороги

1	360 343
2	439 837
3	519 595
4	599 620
5	679 918
6	760 494
7	841 354
8	922 507
$\sum N_p$ 8лет=	5 123 667

Рассчитаем остаточный ресурс после 8 лет эксплуатации по формуле 6.7

$$\sum N_{\text{ост}}^{1 \text{ вар}} = \sum_{t=1}^{18} N_p - \sum_{t=1}^8 N_p = 16\,424\,324 - 5\,123\,667 = 11\,300\,657$$

Следовательно, после 8 лет эксплуатации фактический остаточный ресурс дорожной конструкции (1 вариант) составит 69% .

2.6. Определяем остаточный ресурс дорожной конструкции после 8 лет эксплуатации по второму варианту.

Вычисляем суммарное число приложений расчетной нагрузки, которое испытает дорожная конструкция за каждый год эксплуатации, в течение 8 лет (формула 6.1) по второму варианту (таблица Д.8).

Таблица Д.8 – Суммарное число приложений расчетной нагрузки за каждый год эксплуатации автомобильной дороги

1	360 343
2	539 918
3	734 146
4	943 992
5	1 170 492
6	1 414 758
7	1 677 986
8	1 961 465
$\sum N_p$ 8лет=	8 803 100

Рассчитаем остаточный ресурс после 8 лет эксплуатации по формуле 6.7

$$\sum N_{\text{ост}}^{\text{2 вар}} = \sum_{t=1}^{18} N_p - \sum_{t=1}^8 N_p = 16\,424\,324 - 8\,803\,100 = 7\,621\,224$$

Следовательно, после 8 лет эксплуатации фактический остаточный ресурс дорожной конструкции составит 46% .

Библиография

- [1] СП 34.13330.2012 Автомобильные дороги. Минрегион России. М.: ЗАО «СоюздорНИИ», 2012.
- [2] ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд. Гос. служба дор. хоз-ва Минтранса России. М.: ГП «Информавтодор», 2001.
- [3] ОДН 218.006-2002 «Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог» (Взамен ВСН 6-90). Гос. служба дор. хоз-ва Минтранса России. М.: ГП «Информавтодор», 2002.
- [4] ОДН 218.1.052 - 2002 «Оценка прочности нежестких дорожных одежд». Росавтодор, Гос. служба дор. хоз-ва Минтранса России. М.: ГП «Информавтодор», 2002.
- [5] СТО АВТОДОР 1.1-2011 «Система стандартизации Государственной компании «Автодор». Порядок разработки, утверждения, учета, обновления и отмены Стандартов Государственной компании «Автодор» Государственной компании «Российские автомобильные дороги». М.: ООО «Новые технологии», 2011.
- [6] ОДМ 218.3.024-2012 «Методические рекомендации по учету движения транспортных средств на автомобильных дорогах». Федеральное дорожное агентство. М.: ФГУП «РОСДОРНИИ»), 2012.
- [7] ЕЭК ООН Рекомендации для правительств по совместному обследованию дорожного движения и подготовке перечня стандартов и параметров на международных автомагистралях в Европе в 2000 году (TRANS/WP.6/AC.2/14 Add.1.26 April 1999)