МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ   
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Автомобильные дороги»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ   
К ПРАКТИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПО ПРЕДМЕТУ

«МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ДОРОЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ»

Ростов-на-Дону

ДГТУ

2020

УДК 625.855.32

Составители: Е.В. Углова, А.Н.Тиратурян,

Методические указания к практическим работам по предмету «Мониторинг состояния дорожной конструкции». – Ростов-на-Дону: Донской гос. техн. ун-т, 2018. – 16 с.

Предназначено для обучающихся по направлению 08.04.01 Строительство по программам «Автомобильные дороги» и «Проектирование, строительство автомагистралей и управление их состоянием».

Печатается по решению редакционно-издательского совета   
Донского государственного технического университета

Ответственный за выпуск зав. кафедрой «Автомобильные дороги»

д-р техн. наук, профессор Е. В. Углова

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Формат 60×84/16.

Тираж 50 экз.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Издательский центр ДГТУ

Адрес университета и полиграфического предприятия:

344000, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1

© Донской государственный технический университет, 2020

**Содержание**

|  |  |
| --- | --- |
| **ВВЕДЕНИЕ** | 4 |
| **Введение** |  |
| **1. Современные тенденции развития систем управления состоянием нежестких дорожных одежд** | 4 |
| **2. Система стандартов Государственной компании «Российские автомобильные дороги» в части управления состоянием автомобильных дорог.** | 7 |
| **3. Современное оборудование для создания комплексных цифровых дефектных ведомостей.** | 11 |
| 1. **Реализация риск-ориентированного подхода** | 12 |

**Введение**

Методические указания используются студентами при изучении курса «Системы управления состоянием автомобильных дорог»

Непрерывный рост интенсивности движения и увеличение грузоподъемности современных транспортных средств, а также необходимость создания разветвленной сети благоустроенных автомобильных дорог требует разработки и внедрения новых механизмов управления состоянием автомобильных дорог.

Методические указания направлены на освещение узкоспециализированных вопросов, практически отсутствующих в учебной и справочной литературе.

1. **Современные тенденции развития систем управления состоянием нежестких дорожных одежд**

Ключевыми понятиями системы управления являются расчетный ресурс дорожной конструкции и остаточный рабочий ресурс дорожной конструкции. Под расчетным ресурсом понимают суммарное число приложений расчетной нагрузки (осевая нагрузка 115 кН) на дорожную конструкцию за расчетный (межремонтный) срок службы, а под остаточным ресурсом – суммарное число приложений расчетной нагрузки от текущего момента эксплуатации до достижения дорожной конструкцией предельного состояния (требующего проведения капитального ремонта).

Оценка остаточного ресурса дорожной одежды по данным о ее фактическом состоянии заключается в следующем: фактический остаточный ресурс нежесткой дорожной одежды определяется исходя из **структурных показателей** (параметров, характеризующих общее состояние всей конструкции): коэффициента прочности (Кпр=Eф/Етр[[1]](#footnote-1)), продольной ровности и визуальной оценки состояния покрытия дорожной одежды. Данные показатели позволяют рассчитать **комплексный показатель уровня сохранности дорожных одежд** и разделить участки на группы по степени капитальности ремонта (рисунок 1): I группа – восстановление нормативного состояния покрытия; II группа – ремонт, III группа – капитальный ремонт.



**Специализированная диагностика**



**Оценка уровня сохранности дорожных одежд**

* актуализация технических паспортов дорог и ИССО
* анализ проектной документации
* анализ истории ремонтов
* расчет комплексного показателя Pсохр = Pпр Pвиз.оц Pровн.



**Классификация участков дорог по уровню сохранности дорожных одежд на группы**

*(I – восстановление нормативного состояния покрытия, II – ремонт, III – кап. ремонт)*



**Диагностика сети автомобильных дорог по показателям:**

* продольная ровность IRI (расчет индикатора Pровн)
* дефекты покрытия с расчетом Бср (расчет индикатора Pвиз.оц с применением лабораторий с системой цифровой видеодефектовки)
* общий модуль упругости Eоб *(расчет индикатора* Pпр *с применением установки FWD)*



**I группа**

Создание комплексных цифровых дефектных ведомостей



**II группа**

Комплексные цифровые дефектные ведомости и участки локальной замены нижних слоев дорожной одежды

* Комплексные циф.дефектные ведомости
* Варианты конструкции дорожных одежд
* Сметы



**III группа**

Проектирование капитального ремонта

Результаты КДМ – изыскания и раздел ПИР

* Варианты конструкции дорожных одежд
* Проект на капитальный ремонт



**Актуализация**

**базы дорожных данных ГИС**



Комплексные цифровые дефектные ведомости, сметы

*Проект в формате автомат. 3D систем управления дорожной техникой*



**Программа ремонтов и капитальных ремонтов автомобильных дорог на 3-летний период**

***Рисунок 1 – Система управления состоянием дорожных конструкций автомобильных дорог***

***Итоговый вывод об уровне сохранности дорожной конструкции принимается на основе анализа проектных показателей, структурных показателей состояния (коэффициент прочности и бальная визуальная оценка) и продольной ровности покрытия (рисунок 2).***



Определение комплексного показателя сохранности дорожной одежды

Pсохр. = Pпр. Pвиз.оц Pров.

Pсохр.<0,5 – требуется проведение комплексного динамического мониторинга и выполнение капитального ремонта

Pсохр.<0,7 – требуется проведение комплексного динамического мониторинга и выполнение работ по ремонту

Pсохр.>0,7 – устранение дефектов дорожного покрытия в рамках содержания



СБОР ДАННЫХ ОБ ОБЪЕКТЕ

ДИАГНОСТИКА СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ

ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

(фактический общий модуль упругости)

ВИЗУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПОКРЫТИЯ

(средний балл по визуальной оценке)

ОЦЕНКА ПРОДОЛЬНОЙ РОВНОСТИ

(показатель IRI)

Доля протяженности участка с удовлетворительной прочностью – Pпр

Eобщ>Emin

Доля протяженности участка с удовлетворительным визуальным состоянием – Pвиз.оц

Бср<3 неудовл.;

3<Бср<4.5 удовл.;

Бср>4.5 норм.

Доля протяженности участка с удовлетворительной ровностью Pровн

IRI>IRIпред



***Рисунок 2 – Оценка уровня сохранности дорожных одежд***

Для участков I группы, характеризующихся нормативным уровнем сохранности, при значениях интегрального уровня сохранности выше 0,7 выполняется прогнозирование ТЭП (продольной и поперечной ровности, коэффициента сцепления) с целью формирования планируемых интервалов проведения работ по устройству слоев износа и ремонтов покрытий, уточняемых впоследствии на основе данных диагностики. На участках, имеющих уровень сохранности ниже 0,7, выполняется специализированная диагностика с целью определения ослабленных элементов дорожной одежды, классификации участков на II и III группы, и разработки рекомендаций по усилению дорожных одежд. Все проектные решения в настоящее время направлены на устранение возникающих в теле автомобильной дороги проблем на стадии их зарождения в любом элементе дорожных одежд, а не в виде регулярной ликвидации последствий (Рисунок 3).

Подобный подход к анализу состояния участков, находящихся в удовлетворительном состоянии, позволяет рассмотреть комплекс сценариев, направленных на обеспечение их сохранности, сочетающих в себе, выполнение работ по ремонту или устройству слоев износа существующей дорожной одежды, так и капитальных ремонтов.

На участках III группы, находящихся в неудовлетворительном состоянии, при значениях интегрального уровня сохранности ниже 0,5 выполняются только работы по специализированной диагностике, направленные на разработку вариантов капитального ремонта, оптимальных как с позиций обеспечения дальнейшей работоспособности дорожной конструкции, так и экономических затрат.

***Рисунок 3 – Выполнение работ по комплексному динамическому мониторингу состояния нежестких дорожных конструкций***

Регистрация чаш прогиба на поверхности дорожной конструкции

при ее ударном нагружении

Определение модулей упругости слоев дорожной конструкции

на текущем этапе эксплуатации по СТО АВТОДОР 10.1-2013

Отбор проб материала конструктивных слоев дорожной одежды, грунта земляного полотна, и лабораторные испытания отобранных проб

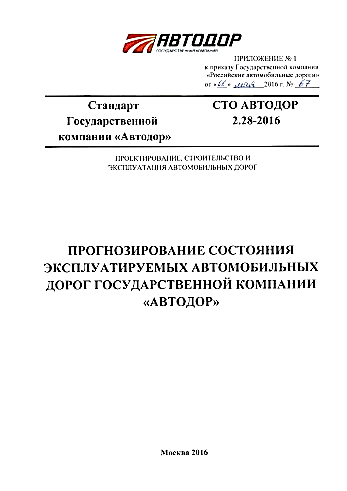
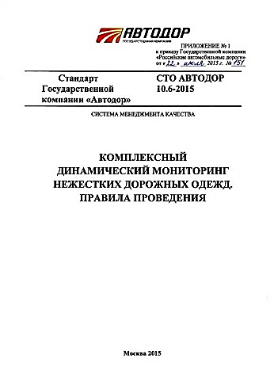
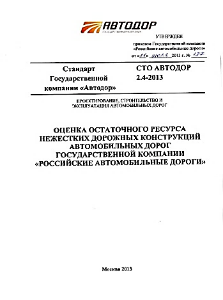
Выявление причин ухудшения состояния дорожной одежды и разработка рекомендаций по ремонтным мероприятиям

Визуальная оценка состояния обследованного участка

1. **Система стандартов Государственной компании «Российские автомобильные дороги» в части управления состоянием автомобильных дорог.**

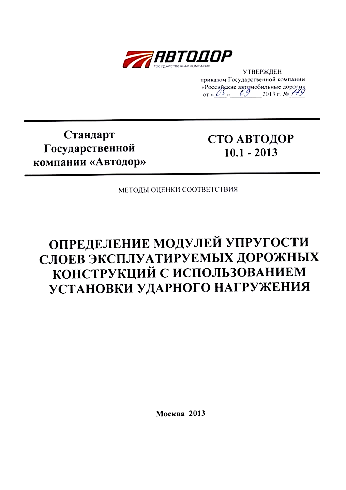
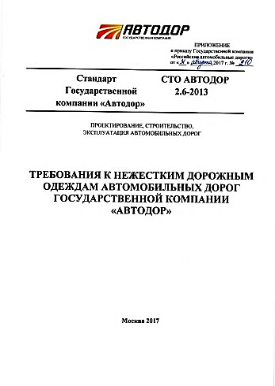
Нормативное обеспечение, регламентирующее реализацию Инновационной системы управления состоянием нежестких дорожных конструкций, разрабатывалось Государственной компанией «Автодор» в течение 2012 – 2016 годов, и представляет собой систему Стандартов организации СТО «АВТОДОР» (рисунок 4).

Оценка состояния слоев эксплуатируемых дорожных конструкций



**СТО АВТОДОР**

**10.6-2015**



**СТО АВТОДОР**

**2.28-2016**

**СТО АВТОДОР**

**2.4-2013**

Определен **порядок расчета остаточного ресурса дорожных конструкций** на текущем этапе эксплуатации, рекомендации по обоснованию проектных решений с учетом остаточного ресурса дорожных конструкций

**СТО АВТОДОР**

**2.6-2013**

**СТО АВТОДОР**

**10.1-2013**

Проектирование реконструкции и кап. ремонтов по результатам

КДМ

Проектирование ремонтов по прогнозированию ТЭС АД

***Рисунок 4 – Комплекс стандартов Государственной компании «Автодор»***

На участках I и II групп, характеризуемых удовлетворительным уровнем сохранности (при значениях интегрального уровня сохранности 0,5–0,7), выполняются ***работы по формированию комплексных цифровых дефектных ведомостей***.

С 2018 года осуществлен переход на формирование комплексных цифровых дефектных ведомостей и разработку сметных расчетов для всех объектов ремонта ее автомобильных дорог. Реализует эту систему технология мобильного лазерного сканирования с автоматизированной подготовкой данных, необходимых для реализации проектных решений механизмами, оборудованными 3D-системами автоматического управления дорожно-строительной техникой. Данная технология позволяет вдвое снизить объём проектной документации и кратно сократить время ее подготовки при не сопоставимо более высоком уровне достоверности. Комплексные цифровые дефектные ведомости разрабатываются в два этапа ­– проведение необходимых инженерных изысканий и построение цифровой модели покрытия (Рисунок 5). Основным преимуществом применения комплексных цифровых дефектных ведомостей является возможность выполнения строительно-монтажных работ с использованием системы автоматизированного управления дорожно-строительной техникой (3D САУ ДСТ).

4. Ведомость объемов работ, комплексная цифровая дефектная ведомость

5. Сводный сметный расчет

Автомобильная дорога

Мостовые сооружения

1. Основные дефекты и повреждения ИССО, оценка влияния дефектов на грузоподъёмность, долговечность, безопасность ИССО

3. Элементы конструкций мостовых сооружений, виды ремонтных работ в рамках предстоящего ремонта дороги

2. Распределение дефектов по видам работ: Профилактические; Планово-предупредительные ремонты; Ремонты

1. Основные дефекты покрытия и средняя бальная оценка на обследованном участке

2. Комплексный динамический мониторинг

3. Цифровая модель покрытия

***Рисунок 5 – Формирование сводного сметного расчета на основе комплексной цифровой дефектной ведомости***

1. **Современное оборудование для создания комплексных цифровых дефектных ведомостей.**

При создании комплексных цифровых дефектных ведомостей применяется отечественная диагностическая лаборатория «Трасса-ЦМП», обеспечивающая построение цифровой модели покрытия с помощью 12 измерительных систем (включая профилометр и систему измерения колейности) и фиксацию дефектов от 1 мм (Рисунок 6).



***Рисунок 6 – Передвижная лаборатория «Трасса-ЦМП»***

Передвижная лаборатория «Трасса – ЦМП» дополнительно к комплекту диагностического оборудования оснащается (Рисунок 7):

- приемником (1) и базовой станцией ГЛОНАСС ГНСС (2),

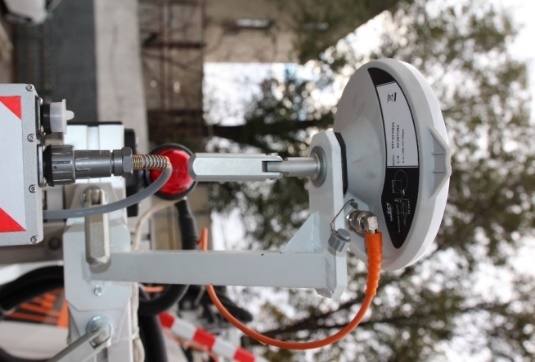
- панорамные видеокамеры (3) (прототип системы машинного зрения).



**3**



**2**



**1**

***Рисунок 7 – Оборудование лаборатории «Трасса-ЦМП» для построения цифровой модели покрытия***

Таким образом, новый подход к планированию ремонтов на основе оценки уровня сохранности автомобильных дорог более чем вдвое повысил эффективность и обоснованность принимаемых управленческих решений минимизировав «человеческий фактор» в оперативном управлении состоянием автомобильных дорог. Все технологические процессы нормированы комплектом стандартов компании и осуществляются комплексом собственных современных передвижных лабораторий.

1. **Реализация риск-ориентированного подхода**

В целях внедрения риск-ориентированного подхода при осуществлении дорожной деятельности в рамках плана мероприятий Правительства Российской Федерации по совершенствованию нормативных документов, регулирующих технические требования и стоимостные параметры строительства и эксплуатации автомобильных дорог и искусственных сооружений на них от 17.06.2017 № 4155п-П9 разработан ГОСТ Р «Дороги автомобильные общего пользования. Руководство по оценке риска в течение жизненного цикла».

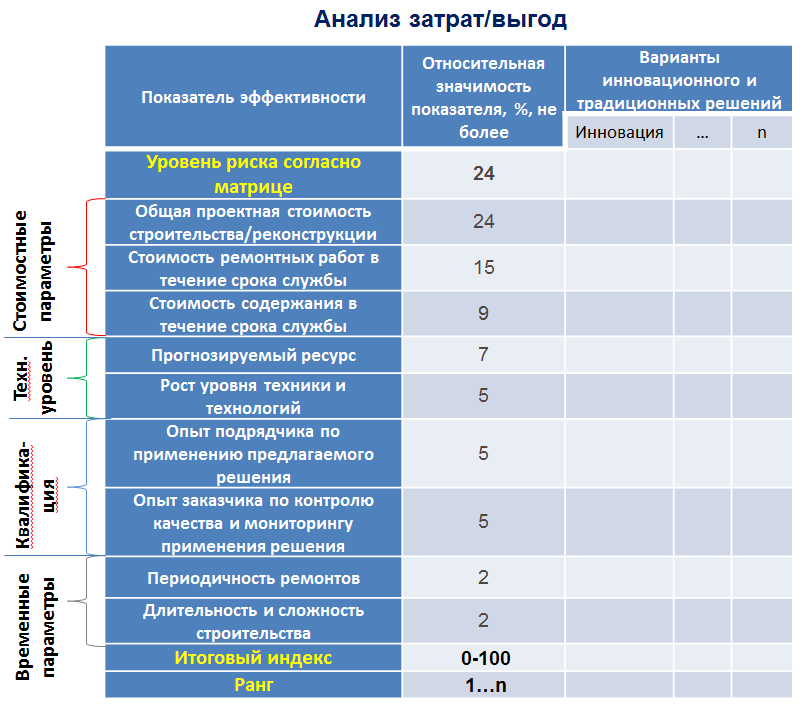
Стандарт предназначен для:

* обеспечения соблюдения требований технических регламентов в течение жизненного цикла дорог, в том числе при:

- внедрении инноваций и нетиповых строительных конструкций в условиях ускоренного развития технологий и мировых практик

- выборе решений на основе нормативно-технических документов, зачастую более актуальных и передовых в сравнении с национальными стандартами и сводами правил, но ограниченно учитываемых органами экспертизы (СТО, нормы и правила иностранных государств и др.);

* проведения публичного технологического и ценового аудита дорожных проектов – экспертной оценки выбора проектируемых технологических и стоимостных решений, соответствия решений рыночной практике и международным аналогам;
* анализа недостижения целей проектов документов по стандартизации;
* внедрения (развития) системы менеджмента качества по ГОСТ Р ИСО 9001 в организациях дорожной отрасли;
* страхования риска, в том числе при модификации проектной документации.



***Рисунок 8 - Обоснование применения инновационных дорожно-строительных материалов и изделий на основе оценки риска***

Источники информации для оценки риска при разработке проектной документации:

- результаты инженерных изысканий;

- сведения по объектам-аналогам, опубликованные данные;

- аналитические материалы научно-исследовательских организаций;

- сведения, приведенные в автоматизированных информационных системах и базах данных в сфере дорожного хозяйства, рейтинговых агентств, страховых компаний;

- статистическая отчетность государственных органов;

- реестры риска дорожных организаций;

- результаты заводских измерений и испытаний;

- инженерные, имитационные и другие модели;

- требования, методы проектирования и испытаний, содержащиеся в нормативных документах иностранных государств;

- экспертные оценки;

- нормативные значения допусков, предельных отклонений параметров, размеров и др.;

- результаты анализа правоприменения и судебно-технических экспертиз.



***Рисунок 9 - Управление состоянием дорожных конструкций на стадии эксплуатации на основе оценки риска***

Уровни риска разрушения дорожной конструкции (таблица 1):

- оптимальный – дорожная одежда в нормативном состоянии. Прогноз усталостной долговечности соответствует проектному сроку службы;

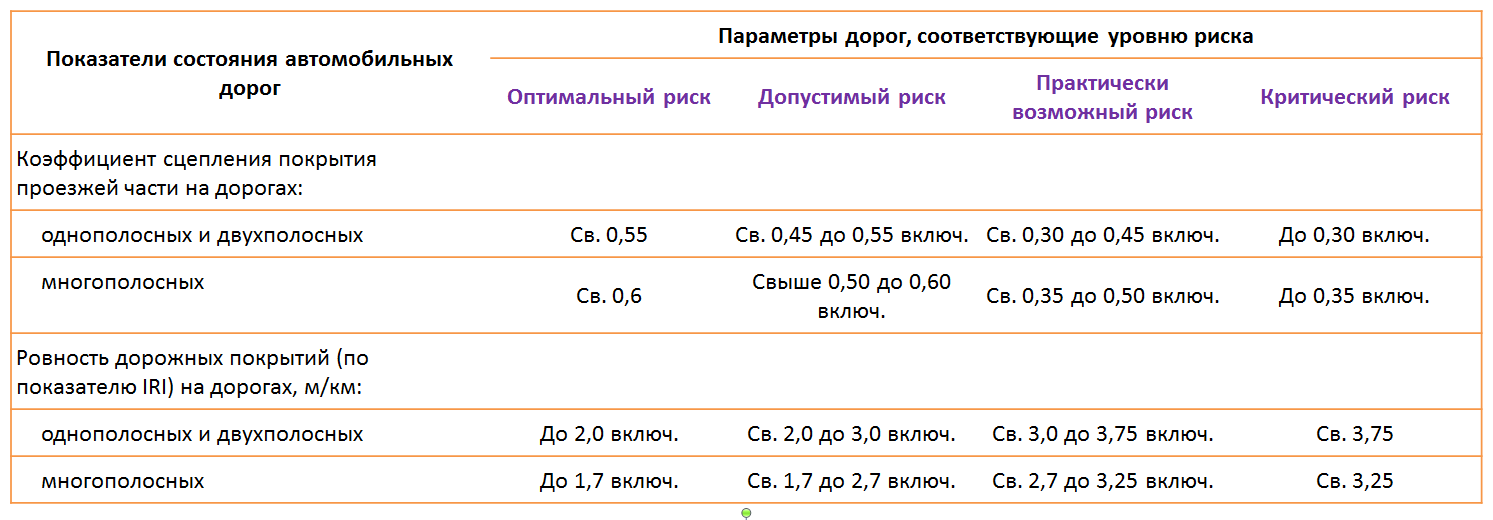
- допустимый – дорожная одежда характеризуется показателями состояния для указанного уровня. Разрушения возможны только в случае воздействия, превышающего проектные значения. Рассматривают мероприятия по восстановлению продольной ровности;

- практически возможный – дорожная одежда характеризуется показателями состояния для указанного уровня. Риск разрушения характерен для периодов снижения несущей способности в весенний и летний период. Рассматривают мероприятия по восстановлению продольной ровности, усилению конструкции, ограничению осевых нагрузок;

- критический – дорожная одежда в неудовлетворительном состоянии. На участке присутствуют значительные разрушения и деформации. Необходимо выполнение мероприятий по капитальному ремонту.

Таблица 1

**Показатели состояния автомобильных дорог, соответствующие отдельным уровням риска, задаваемые при проектировании**



Примечание. Для каждого уровня риска в ГОСТ Р установлен диапазон значений прогнозируемого количества ДТП с пострадавшими на 1 млн авт.-км. Таким образом, задание требований к ТЭП (в том числе, повышенных) при проектировании напрямую увязано с безопасностью дорожного движения

1. Еф – фактический общий модуль упругости дорожной одежды, МПа

   Етр – требуемый общий модуль упругости дорожной одежды, МПа [↑](#footnote-ref-1)