

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» / Russian Journal of Transport Engineering <https://t-s.today>

2023, Том 10, № 2 / 2023, Vol. 10, Iss. 2 <https://t-s.today/issue-2-2023.html>

URL: <https://t-s.today/PDF/05SATS223.pdf>

DOI: 10.15862/05SATS223 (<https://doi.org/10.15862/05SATS223>)

Обоснование дорожных конструкций при восстановлении разрушенного участка дороги

Цаль А.Ю.

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия

Автор, ответственный за переписку: Цаль Андрей Юрьевич, e-mail: alisa2010.11@mail.ru

Аннотация. В статье рассматриваются современное состояние и перспективы развития дорожной сети Российской Федерации, ход реализации национального проекта «Безопасные качественные дороги», призванного выйти на новые качественные показатели строительства и эксплуатации автомобильной дорожной сети страны.

Автором анализируются элементы содержания и эксплуатации дорог. Приводится сравнительный анализ понимания содержания и эксплуатации дорог в регламентирующих документах Российской Федерации и Всемирного банка, критерий выделения последним такого понятия как восстановление (реабилитация) дорог. При этом установлено, что отечественный опыт при выборе содержания ремонта основывается на временных критериях эксплуатации дороги, а Всемирный банк — на специфике работы и объеме финансовых затрат на ремонт и восстановление дороги.

Автором осуществлено рассмотрение содержательных элементов при проведении различного рода ремонтных работ, проводимых на автомобильных дорогах. Проанализированы группы причин, приводящих к разрушению дорожных одежд. Наиболее общими причинами являются внешние, включающие в себя климато-географические, геологические, эксплуатационные факторы, влияющие на состояние дороги. К внутренним — устаревшие технологии, некачественные материалы, ошибки на этапе расчета и возведения дороги.

Автор приводит характеристику и разграничение различных видов разрушений дорожного покрытия, приводящих при ненадлежащей эксплуатации к полному разрушению дороги и необходимости ее полного восстановления. Исходя из этого утверждается, что повышение качественных эксплуатационных показателей возможно при постоянном контроле состояния дорожного покрытия и своевременном его ремонте.

Автором показано, что средством значительного снижения временных и финансовых затрат при проведении контроля состояния дорожного полотна могут явиться комплексные мобильные диагностические лаборатории, оснащенные определенным набором инструментальных средств и информационно-вычислительной системой, в основе которых лежит специализированная информационно-статистическая модель.

Приведен пример расчета оценки показателя упругости дорожной одежды в зависимости от интенсивности движения и типа транспортных средств, движущихся по ней.

Рассмотрены основные исходные требования для обоснования дорожной конструкции.

Ключевые слова: дорожные конструкции; содержание дорог; эксплуатация дорог; разрушение дорожных конструкций; ремонт дорог; восстановление дорог; диагностика дорожных конструкций

Justification of road structures during the restoration of the disrupted section of the road

Andrei Yu. Tsal

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Corresponding author: Andrei Yu. Tsal, e-mail: alisa2010.11@mail.ru

Abstract. This article examines the current state and future prospects for the development of the road network in the Russian Federation. It focuses on the implementation of the national project «Safe High-Quality Roads», which aims to achieve new qualitative standards in the construction and operation of the country's road network.

The author analyzes the elements of road maintenance and operation. A comparative analysis is provided, comparing the understanding of road maintenance and operation in the Russian Federation with regulatory documents from the World Bank. The concept of road restoration (rehabilitation) as an allocation criterion by the World Bank is discussed. The study reveals that the domestic approach to selecting repair strategies is based on temporary road operation criteria, while the World Bank's approach is based on the specific nature of the work and the financial costs associated with repair and road restoration.

The author considers various aspects related to repair work on highways. The analysis focuses on groups of factors that contribute to road pavement destruction. External causes, including climatic, geographical, geological, and operational factors that affect road conditions, are identified as the most common causes. Internal causes are also discussed, including outdated

technologies, low-quality materials, and errors made during the calculation and construction stages of the road.

Different types of pavement destruction leading to complete road damage and the necessity for complete restoration are described and distinguished. Based on this, the article argues that improving quality performance indicators is possible through continuous monitoring of road surface conditions and timely repairs.

The author suggests that the use of complex mobile diagnostic laboratories equipped with necessary tools and an information-computing system based on a specialized information-statistical model can significantly reduce the time and financial costs associated with monitoring the condition of roadways.

Furthermore, a calculation example is provided to estimate the pavement elasticity index based on traffic intensity and vehicle type.

Finally, the article discusses the main initial requirements for justifying road structures.

Keywords: road structures; road maintenance; road operation; destruction of road structures; road repair; road restoration; diagnostics of road structures

Данная статья доступна по лицензии Creative Commons “Attribution” («Атрибуция») 4.0 Всемирная

This article is available under the Creative Commons “Attribution” 4.0 Global License



Введение

Introduction

Россия является одной из стран с высоко развитой сетью автодорог. По данным Росстата, в 2021 году Россия располагала дорожной сетью, протяженностью 1 миллион 566 тысяч километров, объем грузовых перевозок составил 258,3 тонно-километров, пассажиров — 429,9 миллиардов пассажиро-километров¹. Данные цифры показывают не только степень развитости транспортной инфраструктуры, но и ее значимость как важнейшей составляющей экономики нашей страны.

Сложное и развитое дорожное и транспортное хозяйство требует постоянного внимания заинтересованных лиц как федерального, регионального, так и местного уровня управления к вопросам его поддержания в исправном состоянии, дальнейшему развитию и совершенствованию.

Ярким примером комплексного и масштабного подхода к процессу качественного совершенствования сети автомобильных дорог является реализация национального проекта «Безопасные качественные дороги», рассчитанного на 2019–2030 годы. Сегодня в его реализацию включились 84 субъекта Российской Федерации. Он является логическим продолжением приоритетного проекта «Безопасные и качественные дороги», реализованного в 2017–2018 годах в 36 регионах России.

В качестве приоритетных целей можно выделить две наиболее важные:

- доведение автомобильных дорог до современных требований в регионах до уровня не менее 60 %, городских агломерациях — до 85 %;
- снижение смертности на автомобильных дорогах по причине дорожно-транспортных происшествий в 3,5 раза по сравнению с 2017 годом.²

При этом на конец 2022 года достигнуты следующие целевые показатели:

- для регионов к современным стандартам приведены 46,8 % дорог;

¹ Транспорт // Федеральная служба государственной статистики: [сайт]. — URL: <https://rosstat.gov.ru/statistics/transport> (дата обращения: 20.10.2022).

² Безопасные качественные дороги. // О национальном проекте Безопасные качественные дороги: [сайт]. — URL: <https://bkdrf.ru/> (дата обращения: 13.11.2022).

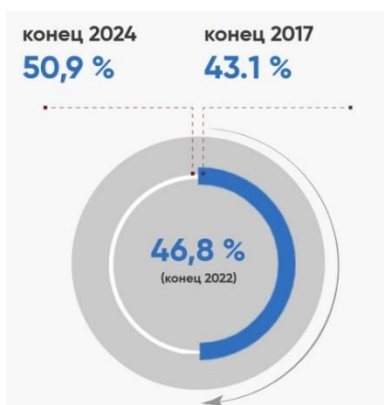


Рисунок 1. Доля автомобильных дорог современного уровня в регионах (источник: <https://bkdrf.ru/home/statistics>)

Figure 1. Amount of current state roads throughout the country (source: <https://bkdrf.ru/home/statistics>)

- в агломерациях современные дороги составляют 77 %;

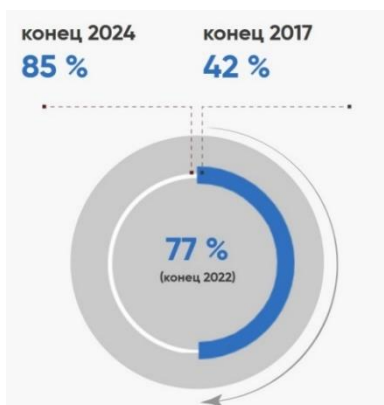


Рисунок 2. Доля автомобильных дорог современного уровня в агломерациях (источник: <https://bkdrf.ru/home/statistics>)

Figure 2. Amount of current state roads in agglomerations (source: <https://bkdrf.ru/home/statistics>)

- смертность на дорогах снижена с 13 % в 2017 году до 9,59 %.



Рисунок 3. Снижение смертности на дорогах в результате дорожно-транспортных происшествий (источник: <https://bkdrf.ru/home/statistics>)

Figure 3. Reduction in road traffic deaths source: <https://bkdrf.ru/home/statistics>)

Рассмотренные показатели достигнуты за счет строительства новых дорог, а также за счет капитальной реконструкции дорог, не отвечающих современным требованиям. Однако, сеть дорог, не попавшая в национальный проект, требует постоянного внимания.

Ремонт и восстановление дорожной конструкции: базовые подходы к пониманию

Road structure repair and restoration: basic approaches to understanding

Неотъемлемой частью эксплуатации автодорог являются постоянный контроль ее состояния, регулярное проведение ремонта, восстановления искусственных сооружений, дополнительных объектов и других элементов, являющихся составляющими частями единой инженерной структуры.

Весь комплекс работ по эксплуатации и содержанию дорог включает в себя четыре взаимно дополняющих друг друга элемента: содержание дороги, текущий, средний и капитальный ремонт. Схожий, но более детальный подход применяется в определении финансовых затрат при расчете расходов на содержание дорожного хозяйства Всемирным банком. Здесь комплекс мероприятий разделяется на текущее содержание, текущий ремонт и восстановление дороги, капитальный ремонт, реконструкция, реабилитация (восстановление), усиление, улучшение (перестройка дороги), новое строительство. В контексте нашего анализа интересно выделение этапа восстановления (реабилитации) дороги, который понимается как «большие работы, сочетающие элементы капитального ремонта и реконструкции, стоимостью от 30 000 до 200 000 долларов за один километр»³.

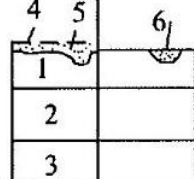
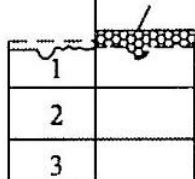
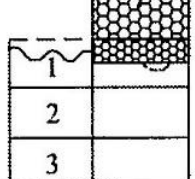
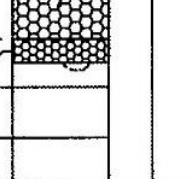
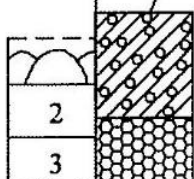
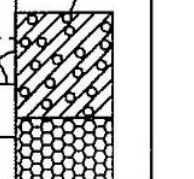
В отечественной практике выделение качественно различных комплексов мероприятий, проводимых на дорогах, основывалось на временных сроках ее эксплуатации и характере нарушений дорожного покрытия. Впервые в РСФСР требования к объему выполняемых работ на дороге, а также обоснование длительности межремонтных сроков были определены в 1950–1955 одах и утверждены постановлением Совета Министров РСФСР № 210 в 1961 году.

На сегодняшний день сложилась стройная взаимосвязанная система требований к содержанию и ремонту дорог. В зависимости от характера повреждений дороги, сложности объема работ по ее восстановлению, выполняются следующие виды ремонта:

³ Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника. Т. II / А.П. Васильев, Э.В. Дингес, М.С. Коганзон и др.; Под ред. А.П. Васильева. — М.: Информавтодор, 2004. С. 215.

- текущий ремонт, который предусматривает выполнение небольшого объема ремонтных мероприятий, не направленных на значительное изменение конструктивных параметров дороги;
- средний ремонт предполагает, как правило, удаление и восстановление изношенных верхних слоев покрытия, проводимый с целью поддержания их в заданных технико-эксплуатационных параметрах;
- капитальный ремонт, состоящий в проведении серьезных объемных, достаточно дорогих и масштабных ремонтных мероприятий и предусматривающий проведение работ по восстановлению не только дорожной конструкции, но и всех инженерных сооружений, являющихся частью автомобильной дороги.

Схематично вид и содержание работ на указанных этапах можно представить в следующей графической форме.

Содержание		Ремонт		Капитальный ремонт		Реконструкция	
до	после	до	после	до	после	до	после
							

1 — покрытие; 2 — основание; 3 — дополнительный слой; 4 — слой пыли; 5 — выбоины; 6 — ямочный ремонт; 7 — поверхностная обработка; 8 — слой усиления; 9 — новая дорожная одежда

1 — coating; 2 — formation; 3 — additional layer; 4 — layer of dust; 5 — potholes; 6 — patch work; 7 — surface treatment; 8 — reinforcement layers; 9 — new pavement

Рисунок 4. Вид и содержание работ на автомобильных дорогах (источник: Ремонт и содержание автомобильных дорог: Справочная энциклопедия дорожника. Т. II / А.П. Васильев, Э.В. Дингес, М.С. Коганзон и др.; Под ред. А.П. Васильева. — М.: Информавтодор, 2004. С. 228)

Figure 4. Type and content of work on roads (source: Repair and maintenance of roads: Reference encyclopedia of the road builder. Vol. II / A.P. Vasiliev, E.V. Dinges, M.S. Koganzon and others; Edited by A.P. Vasiliev. — M.: Informavtodor, 2004. P. 228)

Прежде, чем обратиться к вопросам восстановления дорожной конструкции, необходимо рассмотреть вопрос о типичных причинах разрушения дорог и видах разрушений, так как характер разрушений дорожного покрытия, его масштаб и объем диктует выбор того или иного способа восстановления дороги.

Изучение причин разрушения дорожной конструкции имеет давнюю и богатую историю. Как отмечается в специальной литературе, выделяются две основные группы причин разрушения дорожных конструкций: внутренние и внешние.

Внутренними причинами являются:

- ошибки на этапе проектирования, которые обусловлены недочетами при проведении геодезических работ, неправильной оценкой транспортного потока;
- использование устаревших методов строительства дороги или применения материалов, не соответствующих эксплуатационным требованиям к дороге;
- несоблюдение технологического процесса при строительстве дороги, наиболее типичными из которых являются отклонения от расчетных показателей при создании слоев дорожной одежды, неправильное устройство дренажного слоя, систем водоотвода, неправильное приготовление асфальтобетонной смеси, нарушение требований при ее хранении и укладке, недостаточное уплотнение, что является следствием нарушения норм контроля за производством работ.⁴

Внешние причины:

- разрушающее влияние на дорожное покрытие колебаний температуры, атмосферных осадков;
- превышение расчетной предельной нагрузки при эксплуатации дорожного покрытия.

Весь комплекс указанных причин приводит к разрушению дорожных конструкций, проявляющихся в разнообразных дефектах, прежде всего дорожных одежд.

В зависимости от степени разрушения выделяют следующие дефекты дорожных одежд и дорожных конструкций:

- силовые трещины, образующиеся в силу воздействия транспортного потока на дорожное полотно, особенно при его недостаточной несущей способности или малой прочности асфальтобетона на изгиб;

⁴ СП 78.13330.2012. Свод правил. Автомобильные дороги. Актуализированная редакция СНиП 3.06.03-85, утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012.

- поперечные или продольные трещины, возникающие из-за разрушения связей материала покрытия, при нарушении технологии укладки, а также при резких перепадах температур. В зависимости от их ширины и возникающих трещин принято выделять слабые (шириной менее 6 мм), средние (шириной до 19 мм) и сильные трещины (более 19 мм);
- проломы — дефекты дорожного полотна, проявляющиеся в виде достаточно длинных прорезей, которые формируются вследствие просадки участков грунта, а также нарушения прочностных характеристик дорожного полотна вследствие проезда по участку дороги сверх расчетных тяжелогруженных транспортных средств;
- колейность в виде углубленных продольных полос на отдельных участках дороги, главной причиной которых является недостаточное уплотнение слоев дорожного пирога и недостаточная упругая деформация дорожной конструкции;
- выбоины и ямы, образующиеся при несвоевременном ремонте дороги вследствие разрушения имеющихся трещин под воздействием на дорожное полотно транспортного потока или при использовании низкокачественных дорожных материалов в процессе строительных работ;
- шелушение, проявляющееся в разрушении поверхностного слоя глубиной до 10 миллиметров и площадью до 30 % на 100 метров участка дороги. Указанный дефект формируется вследствие нарушения прочности верхнего слоя дорожного покрытия из-за воздействия сильных морозов и воды. Непосредственной причиной шелушения часто оказывается агрессивное воздействие на дорожное полотно хлоридов, которыми обрабатывают дороги в условиях частого замораживания и оттаивания при резком колебании температур;
- выкрашивание проявляется в потере гравийно-щебеночного состава из-за потери связи между элементами слоя, а также другими компонентами дорожной конструкции, непосредственной причиной возникновения которого являются динамические нагрузки от движущегося транспортного потока, а также влияние атмосферных осадков;
- пластические деформации (сдвиги, наплывы, гребенка). Возникают в результате смещения верхнего слоя полотна в местах резкого торможения автомобиля в жаркую погоду.

В определенной степени улучшению эксплуатационных характеристик автомобильной дороги может способствовать постоянная работа по контролю ее состояния и своевременному проведению ремонта.

Контроль состояния дорог осуществляется постоянно. Содержание и порядок проведения диагностики и оценки технического состояния дорог изложены в нормативных документах.⁵ Данный вид деятельности требует больших затрат временных и материально-технических ресурсов. Они могут быть в значительной степени сокращены за счет внедрения мобильных дорожных лабораторий, оснащенных комплексом аппаратных средств и информационно-вычислительных систем, в основе которых лежат специализированные информационно-статистические модели. Нами было проведено специальное исследование, показавшее эффективность применения подобных мобильных диагностических средств и моделей [1]. Близкие подходы к диагностике состояния дорожных одежд обосновываются и другими авторами [2; 3].

Различный характер разрушений дорожной конструкции требует различного подхода по проектированию и организации рода работ по ее восстановлению [4].

Серьезные дефекты дороги с повреждением глубоких слоев могут потребовать капитального ремонта, частичное разрушение дороги требует полного восстановления разрушенного участка.

Порядок содержания, ремонта и капитального ремонта автомобильных дорог определяется национальным стандартом ГОСТ.⁶

Под капитальным ремонтом автодороги понимают комплекс работ, при котором производится полное восстановление и повышение работоспособности дорожной одежды и покрытия, земляного полотна и других дорожных сооружений, осуществляется смена изношенных конструкций и деталей или замена их на более прочные и долговечные. В необходимых случаях повышаются геометрические параметры дороги с учетом роста интенсивности движения и осевых нагрузок автомобилей в пределах норм, соответствующих категории, установленной для ремонтируемой дороги, без увеличения ширины земляного полотна на основном протяжении дороги.

⁵ Отраслевые дорожные нормативы. Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6-90) // Docs.cntd.ru: [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200030728>; Рекомендации по диагностике и оценке технического состояния автомобильных дорог // Федеральное дорожное агентство Росавтодор: [сайт]. — URL: <https://rosavtodor.gov.ru/storage/app/media/uploaded-files/237odm-2184039-2018.pdf>.

⁶ ГОСТ Р 59201-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила. Дата введения 01.01.2022 // Консорциум Кодекс. Электронный кодекс правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200181412>.

Усиление дорожной одежды выполняется при фактическом показателе упругости дорожной конструкции меньше требуемого. Оно осуществляется после предварительной оценки её состояния.

Пункт 2.2. ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» предусматривает исчерпывающий перечень работ при конструировании дорожной одежды. Рекомендуемый в нем порядок проектирования предстоящих работ включает следующие положения:

- выбор вида покрытия;
- назначение числа конструктивных слоев с выбором материалов для устройства слоев, размещение слоев в конструкции и назначение их ориентировочных толщин;
- предварительную оценку необходимости назначения дополнительных морозозащитных мер с учетом дорожно-климатической зоны, типа грунта рабочего слоя земляного полотна и схемы увлажнения рабочего слоя на различных участках;
- предварительную оценку необходимости назначения мер по осушению конструкции, а также по повышению трещиностойкости конструкции;
- оценку целесообразности укрепления или улучшения верхней части рабочего слоя земляного полотна;
- предварительный отбор конкурентоспособных вариантов с учетом местных природных и проектных условий работы.⁷

Выбор и обоснование объема работ на дороге, который определяет дорожную конструкцию, выступает в качестве компромисса при преодолении ряда ограничительных требований, среди которых:

- экономическая составляющая ремонта и восстановления дороги;
- интенсивность движения транспорта по ремонтируемой (восстанавливаемой) дороге;
- климатические и природно-географические характеристики в месте ремонта (восстановления) дороги;
- наличие необходимого объема дорожно-строительных материалов и их качественные характеристики, техническая оснащенность и уровень квалификации специалистов дорожно-строительных организаций;

⁷ Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд» // Гарант: [сайт]. — URL: <https://base.garant.ru/3923680/#friends>. С. 8.

- результаты анализа причин разрушения дорожной конструкции в каждом конкретном случае.

При этом, выбор и обоснование дорожной конструкции разрушенного, либо повреждённого участка дороги должны основываться, во-первых, на требованиях нормативной документации, и, во-вторых, на имеющемся проекте дороги.

Восстановление дорожной конструкции: анализ степени разработанности проблемы и подходы к выбору критериев

Road structure restoration: analysis of the problem development degree and approaches to the criteria selection

Анализ причин и видов разрушений, в контексте рассматриваемого нами вопроса, показывает, что они приводят к различного рода дефектам дорожного покрытия, требующим проведения ремонтных работ различной сложности и объема.

Данный перечень не охватывает тех случаев, когда дорожная конструкция на отдельных, иногда значительных, участках требует полного восстановления. Подобного рода разрушения дорожной конструкции происходят вследствие крупных природных катаклизмов, а так же в результате влияния антропогенного фактора — преднамеренного разрушения дорог в зонах вооруженных конфликтов.

Отдельные аспекты принятия инженерно-технических решений и проведения работ по восстановлению разрушенных дорожных конструкций и дорожных сооружений, основанные на конкретных примерах, рассмотрены в работе Д.М. Шапиро и А.П. Тютин [5], Беляева В.В., Ерофеева М.Н., Луговцева Е.А. [6].

Специфические аспекты восстановления дорог в зонах вооруженных конфликтов исследовались в работе Филипова Д.А., Уколова С.А. [7].

Ряд вопросов расчета дорожной конструкции, выбора эффективных способов ремонта и реконструкции дорог рассмотрены в специальных исследованиях [8–12].

Основным нормативным документом, определяющим дорожную конструкцию и технологию ее возведения, является ГОСТ 33100-2014.⁸

⁸ ГОСТ 33100-2014. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог. — Текст: электронный // Консорциум Кодекс. Электронный кодекс правовых и нормативно-технических документов: [сайт]. — URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200170767>.

Кроме нормативных требований, в обязательном порядке, необходимо учитывать конкретные транспортно-эксплуатационные требования, установленные для восстанавливаемой дороги, характер и интенсивность движения автомобильного транспорта, нормативный порядок содержания дороги и сроки ее ремонта.

Для определения требований к эксплуатационным показателям автомобильной дороги необходимо проанализировать комплекс динамических нагрузок на дорожную конструкцию [13].

При этом наиболее значимыми исходными требованиями являются:

- среднесуточный объём перемещения грузов, осуществляемых по автомобильной дороге или по ее отдельным участкам;
- среднесуточную интенсивность движения по дороге автомобильного транспорта;
- марочный состав парка колесных машин, перемещающихся по автомобильной дороге;
- срок использования дороги или ее отдельных участков, а также временной отрезок, в течение которого ведется их восстановление;
- требования документов к средней скорости движения и величине суточного оборота (перехода) как отдельных автомобилей, так и автомобильных колонн.

В качестве примера можно привести расчеты для оценки показателей упругости дорожной одежды для автодороги.

Здесь следует уточнить, содержание термина «модуль упругости». В ряде публикаций осуществлен специальный анализ понятий «модуль упругости материала», «модуль упругости конструкции», «относительной упругой деформации». В анализе делается вывод о том, что для расчета прочностных характеристик дорожных конструкций не всегда корректно применяется термин «модуль упругости», хотя в Справочнике дорожных терминов данный термин используется как в отношении материала, так и в отношении конструкции. В связи с дискуссионным характером указанного термина, мы будем его использовать согласно последнему содержательному смыслу.

При расчете показателей упругости одежды для автомобильной дороги, предназначенной для пропуска автомобилей группы А, требуемый общий модуль упругости может быть определен по эмпирической формуле:

$$E_T = (7,44 \ln Q_p 1,153^{\ln N_{pp}}) \times K_3, \quad (1)$$

где N_{pp} — требуемая работоспособность дорожной одежды для автомобилей группы А; Q_p — нагрузка на колесо расчетного автомобиля (для автомобиля группы А, Q_p составляет 50 кН); K_3 — коэффициент скорости движения автомобилей, определенный на момент завершения срока эксплуатации восстановленного участка дороги.

Для различного типа дорог к концу эксплуатации при скорости движения автомобилей 20–25 км/ч и среднем износе покрытия 0,5–1,5 см. K_3 составляет от 0,8 до 0,9.

На основании рассматриваемых исходных данных, модуль упругости дорожной одежды для участков с двухполосной проезжей частью составляет от 80–85 МПа, для участков с однополосной проезжей частью 90–95 МПа.

Выбор типа дорожной одежды основывается на стандарте ПНСТ 390-2020⁹ и Отраслевых дорожных нормах ОДН 218.046-01.¹⁰

Вместе с тем, важнейшим вопросом, оказывающим влияние на выбор конструкции дорожных одежд, является обеспечение износостойкости покрытия. Последний показатель во многом определяется видом и качеством используемых материалов при создании автомобильной дороги, либо ее восстановлении в случае частичного разрушения. В связи с усложнением дорожных конструкций, расширением номенклатуры материалов и технологий, применяемых при строительстве и восстановлении дорог, перспективным направлением при решении задачи выбора и обоснования дорожной конструкции является использование методов имитационного моделирования с применением математических моделей [14], а также специализированного программного обеспечения [15].

Следует отметить, что выбор и обоснование дорожной конструкции должен проводиться не только с учетом текущего автомобильного трафика, но и с перспективой его роста до расчетного периода новой реконструкции. Это позволит изготовить новое дорожное полотно с высокими эксплуатационными характеристиками, которые останутся актуальными на долгий срок. Следует учитывать актуальные нормативные требования и рост нагрузки транспортных средств на восстанавливаемый участок.

⁹ ПНСТ 390-2020. Предварительный национальный стандарт Российской Федерации. Дороги автомобильные общего пользования Нежесткие дорожные одежды. Типовые конструкции. // ГОСТы и стандарты: [сайт]. — URL: https://standartgost.ru/g/ПНСТ_390-2020.

¹⁰ Отраслевые дорожные нормы ОДН 218.046-01 «Проектирование нежестких дорожных одежд». — Текст: электронный // Гарант: [сайт]. — URL: <https://base.garant.ru/3923680/#friends>.

Проведение восстановления автомобильной дороги возможно как по всей ее протяженности, так и на отдельном участке. Чаще всего ремонту подвергаются участки площадью свыше 200 м². Количество необходимых шагов зависит от того, какая часть дорожного покрытия нуждается в ремонте и восстановлении. Более того, план работ может быть скорректирован в случае обнаружения значительных повреждений в более глубоких зонах.

Перечень производимых работ может включать в себя следующие этапы:

- процедуру согласования;
- проведение диагностики и подготовительных мероприятий;
- снятие имеющегося покрытия;
- демонтаж дорожного основания;
- реконструкцию дренажной системы;
- работу с грунтовым слоем;
- создание нового основания автодороги;
- нанесение асфальтобетонного покрытия;
- организацию дорожной инфраструктуры.

Исходя из объемов работы, возможностей заказчика и исполнителя работ, дорожного трафика, работы могут осуществляться по разной схеме.

Один из возможных вариантов предполагает, что работа осуществляется по всей длине дороги одним потоком. Скорость и направление потока определяются его технической целесообразностью и экономической эффективностью для строительной организации. Данный вариант целесообразен при небольшой протяженности дороги и сроке реконструкции 2–3 года.

В том случае, если протяжённость дороги значительна, подряд выполняется одной дорожно-строительной организацией, срок восстановления или реконструкции дороги рассчитан на несколько лет, работа может организовываться на нескольких участках с последовательным выполнением работ. В первую очередь реконструируются те участки, которые имеют наибольшую значимость для народного хозяйства.

Возможна стадийная организация работ по восстановлению и реконструкции работы. Недостатком данной организации является то, что дорога ремонтируется длительное время, по ее протяженности

располагаются участки с различными условиями эксплуатации и различными характеристиками безопасности движения.

В любом случае выбор организационного решения реконструкции в конечном счете определяют расчетами экономической эффективности возможных вариантов с учетом транспортно-эксплуатационной характеристики дороги, конкретных условий производства работ, а также объемов финансирования, наличия производственной базы и других материально-технических ресурсов.

Выводы

Conclusions

На сегодняшний день существует значительная научная и нормативная база, позволяющая осуществлять выбор и обоснование дорожных конструкций при ремонте дорог.

Вместе с тем наблюдается недостаточное рассмотрение и изучение проблем полного восстановления дорожной конструкции вследствие ее разрушения, что требует проведения серьезного анализа, как в теоретическом плане, так и на уровне практики дорожного строительства.

Выбор и обоснование дорожной конструкции — достаточно сложный и многоплановый процесс, основывающийся на геологических характеристиках, составляющих основу дорожной конструкции, особенностях климатических условий, влияющих на особенности эксплуатации дороги, технических характеристиках, предъявляемых к дороге, а также технико-экономических требованиях, задаваемых заказчиком.

Грамотный выбор дорожной конструкции при строительстве, ремонте и восстановлении дороги возможен только при учете всего комплекса нормативных требований и требований к условиям эксплуатации дороги.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Цаль, А.Ю.** Моделирование процесса диагностики автомобильных дорог / А.Ю. Цаль // Инженерный вестник Дона. — 2018. — № 1. — URL: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_9_8_tsal.pdf_df1288ddf3.pdf. — EDN XSMQFN. (дата обращения: 20.01.2023).
2. **Кычкин, В. И.** Технология вибродиагностики дорожных конструкций нежесткого типа / В.И. Кычкин, В. С. Юшков // Новые материалы и технологии в машиностроении. — 2010. — № 11. — С. 150–152. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22829748>. — EDN TFPEEH. (дата обращения: 20.01.2023).

3. **Тиратуриян, А.Н.** Оценка деградации прочности нежестких дорожных конструкций на основе натурных измерений на участке автомобильной дороги М4 "Дон" п. Тарасовский / А.Н. Тиратуриян, С.А. Ольховой // Инженерный вестник Дона. — 2017. — № 2. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29911788>. — EDN ZEOOBV. (дата обращения: 20.01.2023).
4. Современные методы прогнозирования остаточных деформаций в дорожных конструкциях / В.П. Матуа, Л.Н. Панасюк, Д.В. Чирва [и др.]. — Ростов-на-Дону Донской государственный технический университет, 2019. — 255 с. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42650643> (дата обращения: 20.01.2023). — EDN RPKFBR.
5. **Шапино, Д.М.** Геотехнические аварии дорожных сооружений и их ликвидация / Д.М. Шапино, А.П. Тютин. — DOI <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2020.3.08> // Construction and Geotechnics. — 2020. — Т 11. — № 3. — С. 89–101. — URL: <https://ered.pstu.ru/index.php/CG/article/view/949>. — EDN DOIFKH. (дата обращения: 20.01.2023).
6. **Беляев, М.Н.** Восстановление участков дорог и транспортных сооружений в зонах чрезвычайных ситуаций с применением металлических гофрированных конструкций / М.Н. Беляев, М. Н. Ерофеев, Е.А. Луговцев // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. — 2018. — № 4. — С. 96–107. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36575517>. — EDN YQHYJF. (дата обращения: 20.01.2023).
7. **Филиппов, Д.А.** К вопросу о выборе эффективных технологий скоростного восстановления автомобильных дорог / Д.А. Филиппов, С.А. Уколов // Наука и военная безопасность. — 2017. — № 1. — С. 106–110. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28995004>. — EDN YKMYEP. (дата обращения: 20.01.2023).
8. **Александров, А.С.** Анализ методов расчета дорожных конструкций по сопротивлению сдвигу в грунте / А.С. Александров. — DOI <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-576-613> // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. — 2021. — Т 18. — № 5. — С. 576–613. — URL: <https://vestnik.sibadi.org/jour/article/view/1351>. — EDN HILDNW. (дата обращения: 31.01.2023).
9. **Олехнович, В.П.** Разработка эффективных конструкций и технологий строительства, реконструкции и ремонта дорожных одежд под тяжелое и интенсивное движение / В.П. Олехнович // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. — 2008. — № 1. — С. 153–156. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11606342>. — EDN JTZNLR. (дата обращения: 31.01.2023).
10. **Александров, А.С.** Критерии расчета дорожных конструкций по ровности, допускаемые и предельные неровности / А.С. Александров, Н.П. Александрова, Т.В. Семенова // Вестник гражданских инженеров. — 2008. — № 4. — С. 97–104. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11675041>. — EDN JVMPJS. (дата обращения: 31.01.2023).
11. **Aleksandrova, N.P.** The usage of integral equations hereditary theories for calculating changes of measures of the theory of damage when exposed to repeated loads / N.P. Aleksandrova, V.V. Chysow. — DOI <https://doi.org/10.5862/MCE.62.7> // Magazine of Civil Engineering. — 2016. — № 2. — С. 69–82. — URL: <https://engstroy.spbstu.ru/en/article/2016.62.7/>. — EDN WMUUMD. (дата обращения: 31.01.2023).
12. **Тайлакова, А.А.** Оптимизационные модели расчета конструкции нежестких дорожных одежд / А.А. Тайлакова, А.Г. Пимонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2015. — № 3. — С. 149–156. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28963195>. — EDN YJUVQJ. (дата обращения: 31.01.2023).
13. **Шомин, И.И.** Аналитическое описание динамических процессов в дорожной конструкции автомобильных дорог / И.И. Шомин, И.Н. Кручинин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — 2016. — Т 1. — С. 307–310. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27202379>. — EDN WXHABL. (дата обращения: 12.02.2023).
14. **Матвеев, С.А.** Анализ сложившейся терминологии при расчете дорожных одежд на прочность / С.А. Матвеев, Ю.В. Краснощеков, Г.М. Кадисов [и др.] // Наука и техника в дорожной отрасли. — 2019. — № 3. — С. 37–39. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41142961>. — EDN OJOOXD. (дата обращения: 12.02.2023).

15. **Овчинников, И. Г.** Недостатки прочностной подготовки специалистов в дорожной отрасли / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. — 2020. — Т 1. — С. 320–324. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44290745>. — EDN FANHEF. (дата обращения: 12.02.2023).
16. **Овчинников, И.И.** О корректности применения некоторых терминов в дорожной отрасли и областях применения используемых формул / И.И. Овчинников, Е. Д. Ильченко, И.Г. Овчинников. — DOI // Транспорт: проблемы и перспективы: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию транспортного образования в Зауралье, Курган, 16 ноября 2016 года / Под общей редакцией В.В. Харина. Курган: Курганский институт железнодорожного транспорта — филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Уральский государственный университет путей сообщения" в г. Кургане, 2017. — С. 172–176. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29263747>. — EDN YQJVRH. (дата обращения: 12.02.2023).
17. Справочник дорожных терминов / В.В. Ушаков [и др.]. — под общ. ред. В.В. Ушакова. — М.: ЭКОН-ИНФОРМ, 2005. — 255 с.
18. **Аверьянов, Д.А.** Обоснование конструкции нежестких дорожных одежд с применением методов имитационного моделирования / Д.А. Аверьянов // Современные автомобильные материалы и технологии (САМИТ — 2021): Сборник статей XIII Международной научно-технической конференции, Курск, 20 ноября 2021 года / Отв. редактор Е.В. Агеев. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2021. — С. 9–13. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47287320&pff=1>. — EDN SKZMUO. (дата обращения: 12.02.2023).
19. **Михалев, И.Г.** Технико-экономическое обоснование выбора конструкции дорожной одежды нежесткого типа / И.Г. Михалев, А.А. Крюкова // Современная наука: теория, методология, практика: Материалы 1-ой Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Тамбов, 26–27 ноября 2019 года / Тамбов: Издательство Першина Р.В., 2019. — С. 188–190. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41740928&pff=1>. — EDN AEHBQC. (дата обращения: 12.02.2023).

Сведения об авторах:

Цаль Андрей Юрьевич — кандидат технических наук, начальник учебного центра, ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, Россия, e-mail: alisa2010.11@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5969-2337>

Статья получена: 01.03.2023. Принята к публикации: 14.05.2023. Опубликовано онлайн: 28.06.2023.

REFERENCES

1. Tsal' A.Yu. Process Modeling of Automobile Road Diagnostics. *Engineering Journal of Don*. 2018;(1). Available at: http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_98_tsal.pdf_df1288ddf3.pdf (accessed 20th January 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
2. Kychkin V.I., Yushkov V.S. [Vibrodiagnostics technology for non-rigid road structures]. *New materials and technologies in mechanical engineering*. 2010; (11): 150–152. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22829748> (accessed 20th January 2023). (In Russ.).
3. Tiraturjan A.N., Olkhovoy S.A. Evaluation of Strength Degradation of Non-Rigid Road Constructions on The Basis of Field Measurements at The Site of The Highway M4 "Don" p. Tarasovskiy. *Engineering Journal of Don*. 2017; (2). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29911788> (accessed 20th January 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
4. Matua V.P., Panasyuk L.N., Chirva D.V. et al. [Modern methods for predicting residual deformations in road structures]. Rostov-on-Don: Don State Technical University; 2019. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42650643> (accessed 20th January 2023). (In Russ.).

5. Shapiro D.M., Tyutin A.P. Geotechnical accidents of road structures and their liquidation. *Construction and Geotechnics*. 2020; 11(3): 89–101. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2020.3.08>.
6. Belyaev M.N., Erofeev M.N., Lugovtsev E.A. Restoration of Road Sections and Transport Facilities in Emergency Areas with The Use of Metal Corrugated Structures. *Nauchnyye i obrazovatel'nyye problemy grazhdanskoy zashchity [Scientific and educational problems of civil protection]*. 2018; (4): 96–107. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=36575517> (accessed 20th January 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
7. Filippov D.A., Ukolov S.A. Choice of Enabling Technologies for The Auto-Road Rapid Rebuilding. *Nauka i voyennaya bezopasnost' [Science and military security]*. 2017; (1): 106–110. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28995004> (accessed 20th January 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
8. Aleksandrov A.S. Analysis of Methods of Calculating Road Structures Based by Shear Resistance in The Soil. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2021; 18(5): 576–613. (In Russ., abstract in Eng.) DOI: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2021-18-5-576-613>.
9. Olekhovich V.P. Development of Effective Designs and Technologies of Construction, Reconstruction and Repairing of Road Surfacing Under Hard Traffic. *Vestnik of Tomsk State University of Architecture and Building*. 2008; (1): 153–156. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11606342> (accessed 31st January 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
10. Aleksandrov A.S. [Criteria for calculating road structures for evenness, permissible and limiting irregularities]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov — Bulletin of Civil Engineers*. 2008; (4): 97–104. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=11675041> (accessed 31st January 2023). (In Russ.).
11. Aleksandrova N.P., Chysow V.V. The usage of integral equations hereditary theories for calculating changes of measures of the theory of damage when exposed to repeated loads. *Magazine of Civil Engineering*. 2016; (2): 69–82. (In Eng., abstract in Russ.) DOI: <https://doi.org/10.5862/MCE.62.7>.
12. Tailakova A.A., Pimonov A.G. Optimising Models of Calculation of The Design of Nonrigid Road Clothes. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2015; (3): 149–156. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28963195> (accessed 31st January 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
13. Shomin I.I., Kruchinin I.N. [Analytical description of dynamic processes in road construction of highways]. *Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse [Modernization and scientific research in the transport complex]*. 2016; 1: 307–310. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=27202379> (accessed 12th February 2023). (In Russ.).
14. Matveev S.A., Krasnoshchekov Y.V., Kadisov G.M. et al. Analysis of Developed Terminology While Designing the Road Pavements for Strength. *Advanced Science and Technology for Highways*. 2019; (3): 37–39. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=ojooxd> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).
15. Ovchinnikov I.G., Ovchinnikov I.I. [Disadvantages of professional training of specialists in the road industry]. *Modernizatsiya i nauchnyye issledovaniya v transportnom komplekse [Modernization and scientific research in the transport complex]*. 2020; 1: 320–324. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44290745> (accessed 12th February 2023). (In Russ.).
16. Ovchinnikov I.I., Il'chenko E.D., Ovchinnikov I.G. [On the correctness of the use of certain terms in the road industry and the areas of application of the formulas used]. In: Kharin V.V. (ed.). *[Transport: problems and prospects: Collection of materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of transport education in the Trans-Urals, Kurgan, November 16, 2016]*. Kurgan: Kurgan Institute of Railway Transport; 2017. p. 172–176. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29263747> (accessed 12th February 2023). (In Russ.).
17. Ushakov V.V. ed. *Spravochnik dorozhnykh terminov [Directory of road terms]*. Moscow: EKON-INFORM; 2005. (In Russ.).
18. Averyanov D.A. Substantiation of the Construction of Non-Rigid Road Clothes Using Simulation Methods. In: Ageyev E.V. (ed.). *[Modern automotive materials and technologies (SAMIT — 2021): Collection of articles of the XIII International Scientific and Technical Conference, Kursk, November 20, 2021]*. Kursk: The Southwest State University; 2021. p. 9–13. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47287320&pff=1> (accessed 12th February 2023). (In Russ., abstract in Eng.).

19. Mikhalev I.G., Kryukova A.A. [Feasibility study for the choice of non-rigid pavement design]. In: [*Modern science: theory, methodology, practice: Proceedings of the 1st All-Russian (national) scientific and practical conference, Tambov, November 26–27, 2019*]. Tambov: Pershin R.V. publishing house; 2019. p. 188–190. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=41740928&pff=1> (accessed 12th February 2023). (In Russ.).
-

Information about the authors:

Andrei Yu. Tsal — Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia, e-mail: alisa2010.11@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5969-2337>

Submitted: 1st March 2023. Revised: 14th May 2023. Published online: 11th June 2023.