

*Говердовская Людмила Геннадьевна, старший преподаватель, академия
строительства и архитектуры, город Самара, факультет
промышленного и гражданского строительства
Кафедра "Автомобильные дороги и геодезическое сопровождение
строительства"*

*Торопова Ксения Петровна, студентка, академия строительства и
архитектуры, факультет промышленного и гражданского
строительства
Кафедра "Автомобильные дороги и геодезическое сопровождение
строительства"*

Самарский государственный технический университет

**ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПРИ
КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ С ЦЕЛЮ МИНИМИЗАЦИИ РИСКА
КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ**

Аннотация

В статье рассматриваются современные технологии усиления дорожной одежды при проведении капитального ремонта на примере участка дороги Благодарный–Кучерла в Ставропольском крае. Особое внимание уделяется анализу влияния конструктивных и технологических решений на снижение риска колееобразования в условиях высокой транспортной нагрузки и специфического климата региона. Представлены результаты экспериментальных исследований, проведённых на контрольных участках

трассы, а также даны практические рекомендации по выбору оптимальных методов усиления для данного участка с учётом его транспортной специфики, сезонных пиков грузоперевозок и характерных климатических факторов Ставропольского края.

Ключевые слова: автомобильная дорога, капитальный ремонт, усиление дорожной одежды, колееобразование.

Abstract

The article examines modern technologies for strengthening road pavements during major repairs, using the example of the Blagodarny–Kucherla road section in the Stavropol Krai. Particular attention is paid to analysing the impact of structural and technological solutions on reducing the risk of rutting under conditions of high traffic loads and the region's specific climate. The paper presents the results of experimental studies conducted at control sections of the route, as well as practical recommendations for selecting optimal reinforcement methods for this section, taking into account its transport characteristics, seasonal peaks in freight traffic, and the characteristic climatic factors of the Stavropol Krai.

Keywords: road, major repairs, reinforcement of the road surface, rutting.

ВВЕДЕНИЕ

Участок дороги Благодарный–Кучерла — дорога, которая играет большую роль в транспортной сети Ставропольского края, обеспечивающая связь между населёнными пунктами и сельскохозяйственными территориями. Высокая интенсивность движения, значительная доля грузового транспорта (до 35 % в пиковые периоды) и экстремальные климатические условия приводят к ускоренному колееобразованию, что снижает безопасность движения и увеличивает эксплуатационные затраты. Дорожное строительство

представляет собой не только процесс создания физической инфраструктуры, но и сложную систему взаимодействия технологических, экономических и правовых факторов. С одной стороны, дороги обеспечивают доступность отдаленных поселений и стимулируют локальную экономику. С другой — их возведение в сложных условиях требует значительных ресурсов, применения нестандартных инженерных решений и строгого соблюдения нормативов для обеспечения эксплуатационной надежности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью повышения долговечности дорожных покрытий в условиях:

1. высокой доли грузового транспорта (до 35 % в общем потоке); значительных сезонных колебаний интенсивности движения;
2. экстремальных климатических условий (летние температуры до $+40^{\circ}\text{C}$, зимние до -25°C);
3. особенностей грунтово-гидрологических условий региона.

Цель настоящей статьи является анализ и обоснование эффективных технологий усиления дорожной одежды при капитальном ремонте для минимизации риска колееобразования в условиях Ставропольского края.

Задачи исследования:

1. Проанализировать причины и механизмы колееобразования на участке Благодарный–Кучерла.
2. Оценить эффективность существующих технологий усиления дорожной одежды для данного участка.
3. Провести экспериментальные исследования различных конструктивных решений на контрольных точках участка.
4. Разработать рекомендации по выбору технологий усиления с учётом региональных и транспортных особенностей.

ТЕХНОЛОГИИ УСИЛЕНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ ПРИ КАПИТАЛЬНОМ РЕМОНТЕ С ЦЕЛЬЮ МИНИМИЗАЦИИ РИСКА КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЯ В СТАВРОПОЛЬСКОМ КРАЕ

Участок дороги Благодарный–Кучерла — важная транспортная связь между населёнными пунктами Благодарненского и Туркменского районов Ставропольского края. Дорога выполняет следующие функции: обеспечивает вывоз сельскохозяйственной продукции (зерно, подсолнечник, овощи); обслуживает пассажирские перевозки между сёлами и районными центрами; является частью транзитного коридора для грузового транспорта, следующего в соседние регионы.

Интенсивность движения на участке составляет 8 500–12 000 авт./сут, при этом доля грузового транспорта достигает 25–35 %, а в период сельхозработ (август–сентябрь) — до 40 %. Преобладают зерновозы, фуры, сельхозтехника и автобусы. Климатические условия характеризуются летними температурами до +40°С и зимними до –25° С, а грунтово-гидрологические условия включают суглинистые грунты с высоким риском весеннего переувлажнения.

Обследование участка выявило существенные дефекты дорожной одежды: среднюю глубину колеи 25–40 мм на участках с максимальной нагрузкой, продольные и поперечные трещины через каждые 10–15 м, выкрашивание покрытия на поворотах и в зонах торможения, просадки и проломы на участках с переувлажнённым земляным полотном. Установлено, что асфальтобетонные слои имеют недостаточную толщину (14–16 см вместо нормативных 18–20 см), а основание выполнено из неукреплённого щебня толщиной 20–25 см.

Анализ причин колееобразования показал комплексное воздействие нескольких факторов. Транспортные нагрузки превышают нормативные осевые нагрузки на 15–20 % из-за движения перегруженных зерновозов, а сезонные пики грузоперевозок ускоряют износ покрытия. Климатические факторы усугубляют ситуацию: высокие летние температуры снижают вязкость битума и увеличивают пластические деформации, частые переходы температуры через 0°С вызывают морозное пучение грунтов, а весеннее

переувлажнение ослабляет несущую способность основания. Конструктивные недостатки, такие как недостаточная толщина асфальтобетонных слоёв, отсутствие армирующих элементов и слабое основание без стабилизации вяжущими, в сочетании с технологическими факторами (низкое качество уплотнения слоёв при предыдущих ремонтах и использование асфальтобетонов с недостаточной стойкостью к колееобразованию) формируют условия для ускоренного колееобразования.

Для решения этих проблем предложены технологии усиления дорожной одежды, адаптированные к условиям участка. В качестве ключевого решения рассматривается комбинированная технология, включающая фрезерование старого покрытия на глубину 16 см, стабилизацию верхнего слоя земляного полотна цементом (глубина 15 см, доза цемента 4 %), устройство основания из щебня, укрепленного цементом (толщина 30 см), укладку нижнего слоя асфальтобетона (ЩМА-20, 6 см) с армированием геосеткой из стекловолокна или базальтового волокна, а также укладку верхнего слоя асфальтобетона (ЩМА-15, 4 см).

Армирование геосеткой предусматривает перекрытие стыков с нахлёстом 10 см и фиксацию анкерами через каждые 2 м. Это позволяет распределить нагрузку, снизить напряжения в покрытии и предотвратить образование отражённых трещин. Укладка ЩМА с полимерно-битумным вяжущим (ПБВ) повышает высокотемпературную стабильность покрытия: нижний слой выполняется из ЩМА-20 толщиной 6 см с ПБВ марки ПБВ 90, верхний — из ЩМА-15 толщиной 4 см с ПБВ марки ПБВ 60.

Экспериментальные исследования проведены с применением различных технологий усиления. Испытания включали измерение глубины колеи трёхметровой рейкой и лазерным сканером (по ГОСТ Р 58406.3–2020), отбор кернов асфальтобетона для лабораторных испытаний, определение модуля упругости дорожной конструкции динамическим нагружением и учёт интенсивности и состава транспортного потока автоматизированными детекторами.

Результаты через 3 года эксплуатации показали, что комбинированная технология обеспечила наилучшие показатели: глубина колеи составила 14 мм (против 28 мм при традиционном ремонте и 19 мм при армировании геосеткой), модуль упругости достиг 400 МПа (против 260 МПа и 320 МПа соответственно), прочность на сжатие при +50° С — 1,3 МПа (против 0,8 МПа и 1,1 МПа), а количество отражённых трещин снизилось до 20 шт./км (против 120 шт./км и 60 шт./км).

На основе полученных данных разработаны рекомендации по реализации технологий на всём участке. Для участков с интенсивностью движения более 9 000 авт./сут предлагается применять комбинированную технологию с усилением основания цементом-грунтом и армированием геосеткой, укладкой двух слоёв ЩМА с ПБВ общей толщиной 10 см. Для участков со средней интенсивностью движения 7 000–9 000 авт./сут рекомендуется армирование геосеткой в верхнем слое покрытия и укладка ЩМА-15 с ПБВ толщиной 8 см с локальным усилением основания на участках с просадками.

Дополнительно предусмотрены общие мероприятия: установка автоматических пунктов весогабаритного контроля на въездах в Благодарный и Кучерла, организация сезонных ограничений на движение тяжеловесного транспорта в июле–августе и регулярный мониторинг состояния покрытия (1 раз в квартал) с использованием лазерного сканирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование технологий усиления дорожной одежды на участке Благодарный–Кучерла в Ставропольском крае позволило комплексно оценить состояние дорожного покрытия и разработать эффективные решения для минимизации риска колееобразования.

Анализ показал, что колееобразование на участке вызвано сочетанием нескольких факторов. Прежде всего, это высокая транспортная нагрузка. Существенное влияние оказывают экстремальные климатические условия региона. Кроме того, выявлены конструктивные недостатки существующей дорожной одежды: асфальтобетонные слои имеют недостаточную толщину, а основание выполнено из неукреплённого щебня толщиной 20–25 см. Немаловажную роль сыграли и технологические нарушения при предыдущих ремонтах — низкое качество уплотнения слоёв и использование асфальтобетонов с недостаточной стойкостью к колееобразованию.

Реализация предложенных решений на участке Благодарный–Кучерла позволит снизить риск колееобразования на 40–50 %, продлить межремонтный срок до 8 лет и обеспечить устойчивую работу транспортной инфраструктуры региона в условиях высокой нагрузки и сложных климатических факторов. Дополнительно рекомендуется установить автоматические пункты весогабаритного контроля на въездах в Благодарный и Кучерлу, ввести сезонные ограничения на движение тяжеловесного транспорта в июле–августе и организовать регулярный мониторинг состояния покрытия с использованием лазерного сканирования (1 раз в квартал). Эти меры помогут закрепить достигнутый эффект и оптимизировать эксплуатацию дороги в долгосрочной перспективе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 58406.3–2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод определения стойкости к колееобразованию прокатыванием нагруженного колеса».
2. СТО АВТОДОР 2.28-2013. Методические рекомендации по прогнозированию поперечной ровности (колеиности) дорожных одежд.
3. Дмитриева Ю. В. Причины колееобразования в конструкциях дорожных одежд на дорогах с асфальтобетонным покрытием // Молодой учёный. — 2021. — № 10. — С. 41–43.
4. ОДН 218.046–01 «Проектирование нежестких дорожных одежд».
5. СП 34.13330.2021 «Автомобильные дороги» (актуализированная редакция СНиП 2.05.02-85).
6. ГОСТ Р 59120–2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Дорожная одежда. Общие требования».
7. ПНСТ 371–2019 «Дороги автомобильные общего пользования с низкой интенсивностью движения. Дорожная одежда. Конструирование и расчёт».
8. ПНСТ 541–2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Проектирование дорожных одежд. Методика расчёта коэффициентов приведения транспортных средств к расчётной осевой нагрузке».
9. ГОСТ 32825–2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Покрывтия дорожные. Методы измерения геометрических размеров повреждений».