

УДК 625.7

*Дормидонтова Татьяна Владимировна кандидат технических наук,
доцент, Самарский государственный технический университет*

Россия, г. Самара

Сафиуллин Станислав Владимирович магистрант

3 курс, Самарский государственный технический университет

Россия, г. Самара

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

***Аннотация:** В научной работе проводится комплексный анализ факторов, влияющих на долговечность конструкции нежесткой дорожной одежды. Исследованы механизмы воздействия транспортных нагрузок, включая влияние шипованных шин, а также климатических факторов. Проанализированы различные виды деформаций, возникающих в конструкции дорожной одежды, и определена степень влияния гидрометеорологических условий на деформируемость конструкции. Разработаны 3D-модели, визуализирующие ключевые процессы деградации дорожной одежды.*

***Ключевые слова:** дорожная одежда, деформации, пластические, остаточные, эффект Ребиндера, климатические, транспортные, нагрузки, долговечность.*

***Abstract:** The scientific work presents a comprehensive analysis of factors affecting the durability of non-rigid road pavement structure. The mechanisms of traffic load impacts, including the effects of studded tires, as well as climatic factors have been investigated. Various types of deformations occurring in the road pavement structure are analyzed, and the degree of influence of hydrometeorological conditions on the deformability of the structure is determined. 3D models visualizing key processes of road pavement degradation have been developed.*

***Keywords:** road clothing, deformations, plastic, residual, Rebindir, climatic, transport, loads, durability.*

Дорожная одежда представляет собой сложную взаимосвязанную многослойную систему, предназначенную для восприятия и перераспределения нагрузок от транспортных средств. Конструкция подвергается комплексному воздействию климатических, природных и транспортных факторов, которые в совокупности определяют ее прочность и долговечность. Актуальность исследования обусловлена наблюдаемой тенденцией к увеличению интенсивности движения и изменению климатических условий, что требует углубленного анализа механизмов деградации дорожных конструкций.

На рисунке 1 представлена схема основных влияний на прочность конструкции дорожной одежды.

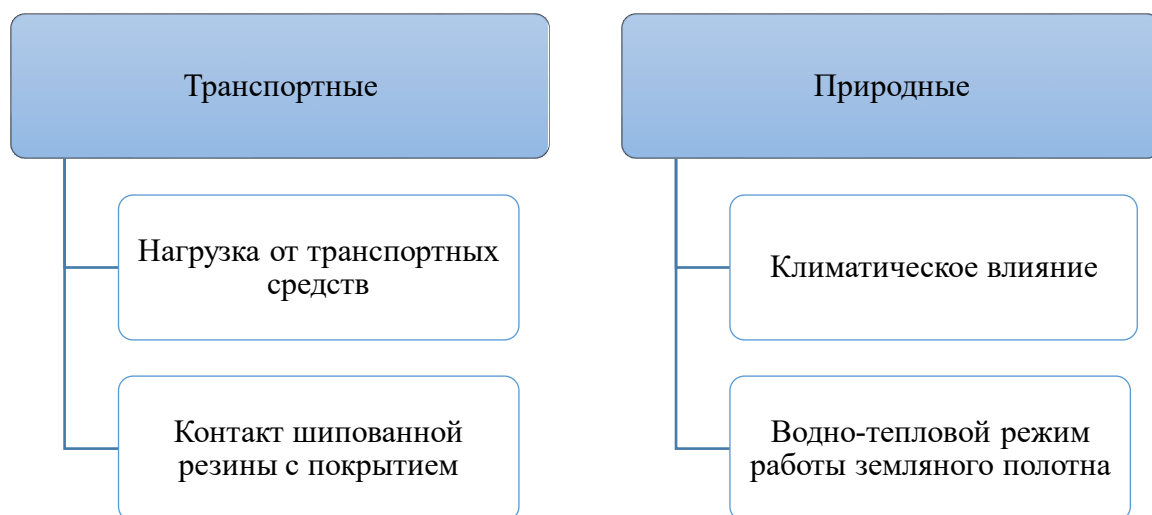


Рисунок 1 - Схема основных влияний на прочность конструкции дорожной одежды

При движении транспортного средства в зоне контакта шины с покрытием возникают сложные напряжения, которые передаются через конструктивные слои дорожной одежды, рисунок 2

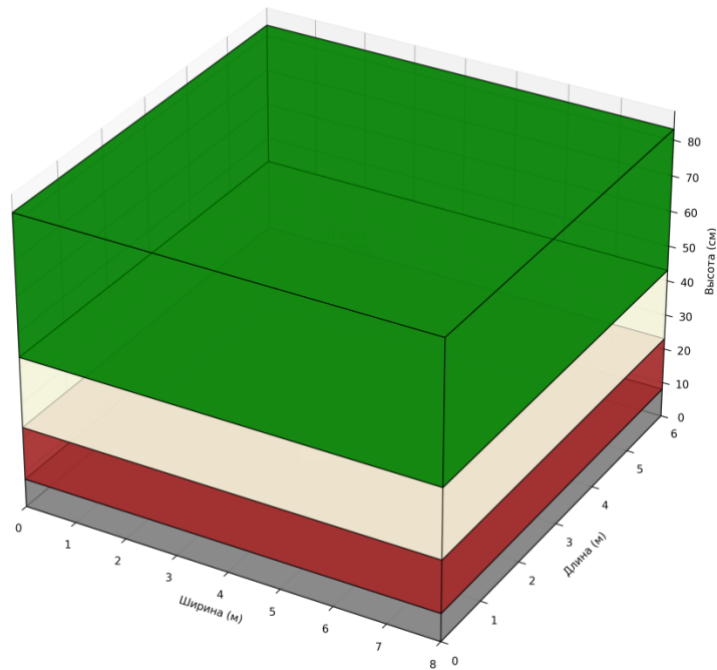


Рисунок 2. Конструкции дорожной одежды

Нагрузка характеризуется вертикальным давлением в зоне контакта, продолжительностью контакта, частотой приложения нагрузки, динамическим характером воздействия.

На рисунке 3 представлена схема возникновения напряжения и нагрузки под колесом транспортного средства.

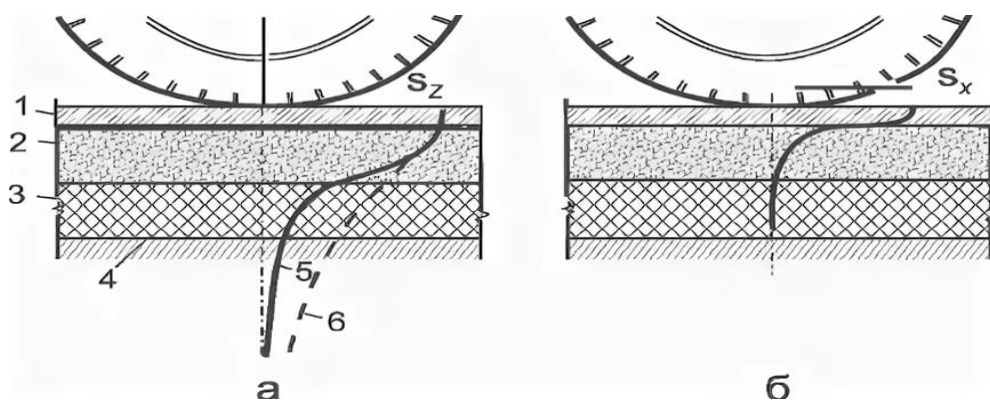


Рисунок 3. Возникающие напряжение под колесом транспортного средства: 1 – покрытие, 2 – основание, 3 – дополнительный слой основания, 4 – рабочий слой, 5 – эпюра напряжения, 6 – эпюра напряжения в грунте, S_z обозначает эпюру вертикального напряжения, а S_x эпюру горизонтального напряжения

Представленные выше факторы влияют на напряженно-деформированное состояние дорожной одежды, а также ее безотказную работоспособность и, в конечном итоге, на продолжительность срока службы, рисунок 4.

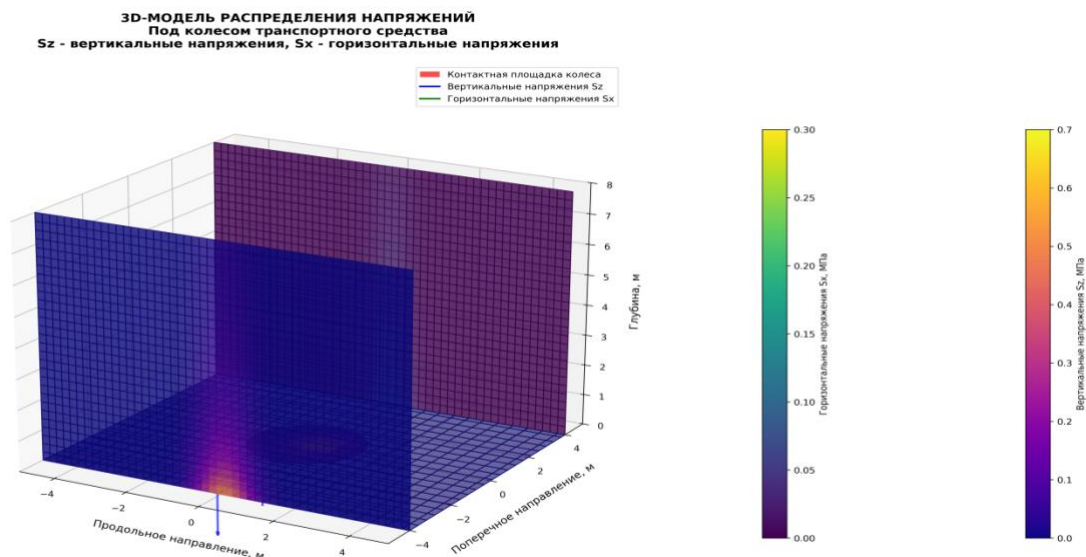


Рисунок 4. Распределения напряжений под колесом транспортного средства

В зоне контакта шипованной резины и покрытия дороги возникает трение и как следствие, истирание и выкрашивания фракционного материала из слоя покрытия. При многочисленном повторении указанного трения и истирания на покрытии проезжей части начинается образовываться дефект – колея истирания или абразивная колея, рисунок 5.

Колейность сама по себе сильно снижает безопасность дорожного движения, а также в ней скапливаются талые, сточные или дождевые воды, которые влияют на снижение прочности всей конструкции дорожной одежды и способствуют разрушению самого покрытия проезжей части.



Рисунок 5. Колея истирания (абразивная)

Характерной особенностью данной колеи является истирание покрытия по полосам наката без образования гребней выпора. Исследования демонстрируют, что интенсивность износа покрытия при использовании шипованных шин увеличивается на 40-60% по сравнению с фрикционными шинами, рисунок 6.

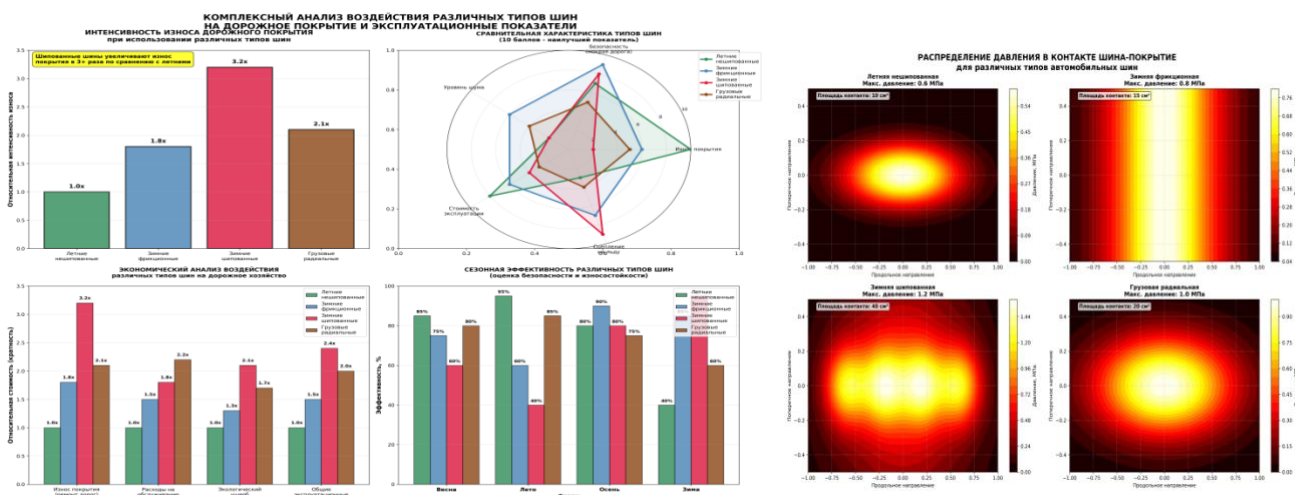


Рисунок 6. Сравнительная диаграмма износа покрытия при использовании различных типов шин

Сезонные изменения климатических условий оказывают значительное влияние на работоспособность дорожной одежды:

- весенний период: переувлажнение талыми водами;
- летний период: воздействие ливневых осадков;
- осенний период: циклы замораживания-оттаивания;
- зимний период: воздействие противогололедных материалов.

Согласно данным Росгидромета [1], на территории РФ наблюдается увеличения среднегодовой температуры и количества осадков, что усугубляет негативное воздействие на дорожные конструкции.

Переувлажнение земляного полотна приводит к снижению модуля упругости материалов, уменьшению угла внутреннего трения, снижению удельного сцепления, потере несущей способности конструкции.

Пластические деформации представляют собой необратимые изменения структуры асфальтобетонных слоев, возникающие под

воздействием комплекса эксплуатационных факторов: циклические транспортные нагрузки, температурные воздействия (размягчение битумного вяжущего), реологические свойства органического вяжущего, структурные особенности минерального остова.

Основные формы проявления пластических деформаций на автомобильных дорогах:

- колейность в полосах наката;*
- сдвиговые деформации на участках торможения и разгона;*
- волнообразование на подъемах;*
- наплывы на пересечениях и примыканиях.*

Остаточные деформации характеризуются кумулятивным накоплением необратимых изменений в слоях основания и характеризуются следующими особенностями: прогрессирующий характер развития, зависимость от дренирующей способности материалов, нелинейная зависимость от интенсивности нагрузки, критическое влияние на общую несущую способность.

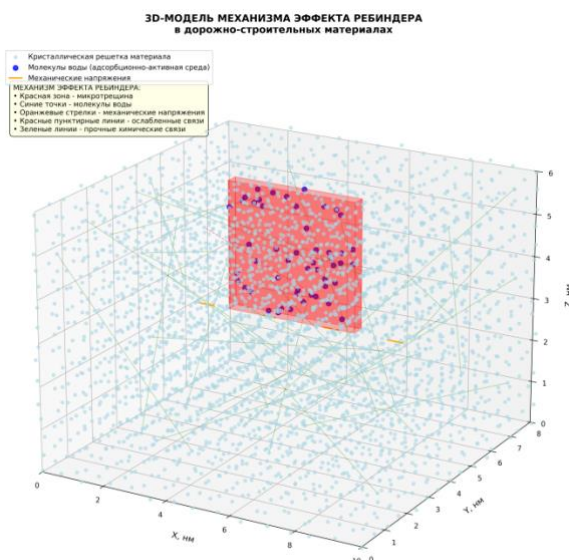
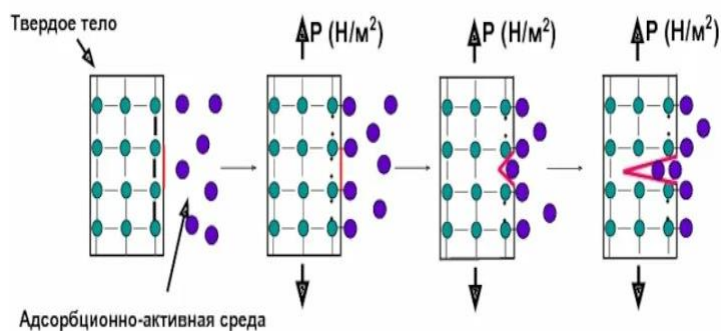


Рисунок 7. Механизма эффекта Ребиндера в дорожной одежде

Эффект Ребиндера [2] проявляется в снижении прочности материала при контакте с адсорбционно-активной средой (водой) в условиях механических напряжений. В дорожных конструкциях это приводит к снижению поверхностной энергии материалов, ускорению развития микротрещин, повышению хрупкости конструкционных материалов, снижению долговечности конструкции, рисунок 7.

При образовании прогиба конструкции возникают растягивающие напряжения (P). При превышении предельных значений образуются микротрещины, которые заполняются водой, ускоряя процесс разрушения.

На основе проведенного анализа разработана комплексная модель взаимодействия факторов, влияющих на долговечность дорожной одежды, таблица 1.

Таблица 1.

Матрица взаимодействия факторов деградации дорожной одежды

Фактор	Транспортные нагрузки	Климатические воздействия	Качество материалов	Эффект Ребиндера
Транспортные нагрузки	-	Усиление деформаций	Ускорение износа	Интенсификация трещинообразования
Климатические воздействия	Снижение несущей способности	-	Ухудшение свойств	Создание активной среды
Качество материалов	Определение сопротивления нагрузкам	Влияние на водостойкость	-	Определение устойчивости
Эффект Ребиндера	Снижение прочности при нагрузках	Активация в присутствии воды	Зависимость от свойств материала	-

В работе были составлены рекомендации по повышению эксплуатационной надежности дорожных одежд.

1. Конструктивные решения:

- устройство эффективных дренажных систем;
- применение гидрофобизированных материалов;
- увеличение толщины слоев в зонах интенсивного увлажнения.

2. Технологические мероприятия:

- использование модифицированных битумов;
- применение материалов с повышенной водостойкостью;

- совершенствование методов уплотнения.
- 3. Эксплуатационные меры:
 - регулярный мониторинг состояния;
 - своевременное выполнение ремонтных работ;
 - оптимизация сезонного содержания.

Проведенный комплексный анализ позволил выявить основные механизмы деградации дорожной одежды и установить взаимосвязи между различными факторами воздействия. Установлено, что наибольшую опасность представляет сочетание транспортных нагрузок с неблагоприятными гидрометеорологическими условиями, приводящее к активизации эффекта Ребиндера и ускоренному накоплению остаточных деформаций.

Разработанные 3D-модели и визуализации позволяют наглядно представить сложные физические процессы, происходящие в дорожной конструкции, и могут быть использованы для оптимизации проектных решений и разработки эффективных мероприятий по повышению долговечности дорожных одежд.

Использованные источники:

1. Доклад об особенностях климата на территории российской федерации за 2024 год. Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (росгидромет);
2. Интернет-ресурс: Википедия. Эффект Ребиндера. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Эффект_Ребиндера;

Информация о себе:

Сафиуллин С.В.

email: safiullinstanislavvladimirovic@gmail.com