



*Д.С. Дрогунов, Л.С. Зарапина,  
К.А. Андрианов, А.Ф. Зубков  
Тамбовский государственный  
технический университет*

## ВИДЫ ДЕФЕКТОВ КОНСТРУКЦИИ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ И ПРИЧИНЫ ИХ ОБРАЗОВАНИЯ

В статье рассмотрены типичные дефекты асфальтобетонного покрытия и основания. Проведен анализ основных критериев расчета и конструирования нежестких дорожных одежд согласно нормативным документам. Сформулированы предложения по совершенствованию методики расчета конструкции дорожной одежды. Определены дальнейшие направления исследования.

Дефекты дорожного покрытия, нежесткая дорожная одежда, методика расчета.

Основной задачей безопасных и качественных автомобильных дорог является совершенствование методики расчета конструкции дорожной одежды. Хронология развития нормативной базы по расчету дорожной одежды нежесткого типа показывает о необходимости ее корректировки в соответствии с изменениями грузоподъемности транспортных средств, увеличением интенсивности движения автомобилей и межремонтных сроков автомобильных дорог. Ниже рассмотрены классические дефекты при несоблюдении параметров расчета конструкции дорожной одежды и (или) превышении допустимых нагрузок, а также основные критерии расчета конструкции дорожной одежды нежесткого типа.

**Исследовательская часть.** Вследствие эксплуатации автомобильной дороги на покрытии дорожной одежды и в основании земляного полотна проявляются дефекты. Наиболее распространенным дефектом дорожного покрытия являются трещины. В соответствии с определением ГОСТ 32825, трещина – это разрушение дорожного покрытия, проявляющееся в нарушении сплошности покрытия. Трещины в асфальтобетонном покрытии подразделяются на технологические и эксплуатационные [1].

*Технологические трещины* образуются из-за некачественного выполнения дорожно-строительных работ и предотвращаются путем соблюдения нормативных требований к технологии выполнения работ по устройству асфальтобетонных покрытий.

*Эксплуатационные трещины* в дорожном покрытии образуются от растягивающих напряжений в результате комплексного воздействия внешних силовых (транспортная нагрузка) и несиловых (температурные деформации) факторов. Эксплуатационные трещины подразделяются по целому ряду критериев: по глу-

бине, ширине, расположению на дорожном покрытии. В свою очередь трещины по причинам их образования подразделяются на:

- усталостные;
- в результате морозного пучения и неравномерных осадок;
- температурные;
- отраженные.

*Усталостные трещины* возникают при изгибе монолитного слоя покрытия от многократных транспортных нагрузок. Они развиваются снизу вверх от основания к поверхности покрытия. В результате того, что на основании асфальтобетонного слоя при наезде колеса возникают растягивающие напряжения. В том случае, когда они превышают предел прочности асфальтобетона, возникает трещина, которая постепенно развивается снизу вверх и проявляется на поверхности слоя покрытия. Как правило трещины локализируются в местах расположения наибольшей транспортной нагрузки, т.е. по полосам наката (рис. 1).

*Трещины от морозного пучения* образуются в результате неравномерного поднятия асфальтобетонного покрытия при морозном пучении грунтов, подстилающих дорожную одежду. В вертикальной плоскости эти трещины развиваются сверху от поверхности покрытия вниз к основанию (рис. 2).

В результате пучения нижерасположенных грунтов основания, которые при промерзании увеличиваются в объеме, поднимается участок дорожной одежды и в результате трещина начинает образовываться на поверхности покрытия и затем постепенно распространяться в нижнюю часть слоя.



Рис. 1. Образование усталостных трещин на асфальтобетонном покрытии автомобильных дорог



Рис. 2. Трещины от морозного пучения на асфальтобетонном покрытии автомобильных дорог



Рис. 3. Продольные трещины вдоль границы уширения конструкции дорожной одежды

Трещины, появляющиеся в результате неравномерных осадок и деформаций земляного полотна, возникают при уширении дорожной одежды, когда к существующей дорожной одежде пристраивается новая конструкция. В результате создаются условия для возникновения неоднородных деформаций и осадок. Источником их являются следующие причины:

- практически невозможно построить новую дорожную конструкцию, которая в первые годы эксплуатации за счет доуплотнения не дает осадок, в отличие от существующей дорожной одежды, которая уже стабилизирована;

- практически невозможно построить абсолютно равнопрочными существующую и новую дорожные одежды, т.к. будет наблюдаться различие в модулях упругости. Вследствие неравнопрочности дорожных

одежд при наезде колеса на зону границы происходят неравномерные деформации, приводящие к образованию трещин. Пример такой трещины представлен на рисунке 3.

Деформации земляного полотна, такие как просадка, сдвиг по грунту основания земляного полотна, образуют недопустимые аварийные дефекты. Неравномерное уплотнение по ширине земляного полотна и дорожной одежды также приводит к образованию продольных трещин на дорожном покрытии (рис. 4).

*Температурные трещины.* Температурные трещины возникают в результате несвободных температурных деформаций асфальтобетона при охлаждении дорожной одежды, а также разницы в коэффициентах температурного расширения дорожного покрытия и потере вязкости битума. Они приводят к образованию

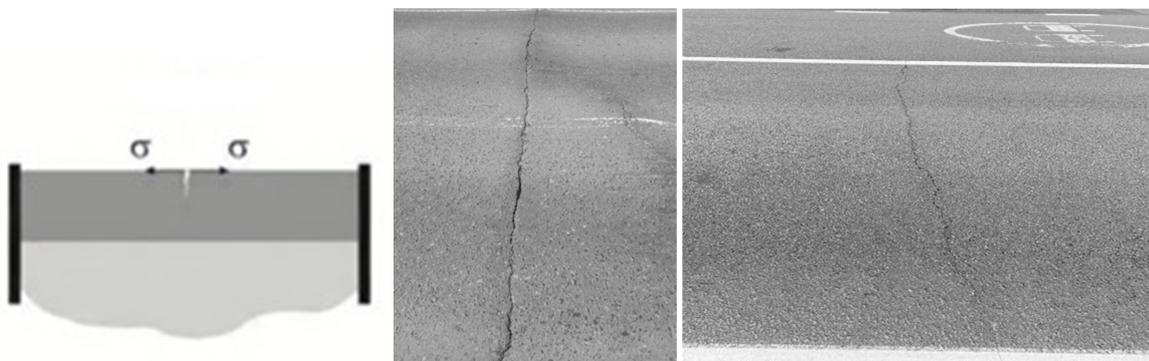
трещин сначала в верхней части покрытия, а затем эта трещина развивается вниз (рис. 5). Эти трещины располагаются, как правило, поперек проезжей части и на характерных участках дорог, они имеют примерно одинаковый шаг, что является особенностью этих трещин.

*Отраженные трещины* возникают из-за того, что новое асфальтобетонное покрытие укладывается на основание, которое уже имеет технологический или деформационный шов или трещину. Это может быть

бетонное основание или основание из старого асфальтобетона. В результате наезда колеса автомобиля на зону с трещиной в асфальтобетонном покрытии возникают пиковые растягивающие напряжения более высокие, чем на соседних участках, что приводит к быстрому образованию трещины и выхода ее на поверхность (рис. 6). В отдельных случаях отраженные трещины развиваются в течение нескольких месяцев после устройства асфальтобетонного покрытия.



*Рис. 4. Трещины, возникающие на асфальтобетонном покрытии в результате недопустимых деформаций грунта земляного полотна*



*Рис. 5. Температурные трещины, возникающие в результате охлаждения и сопротивления покрытия температурной усадке*



*Рис. 6. Отраженные трещины, повторяющие трещины в нижележащих слоях*

Совместное действие нагрузки от автомобилей и периодические изменения климатических условий являются причиной появления изгибающих и растягивающих напряжений во всех слоях дорожной одежды. Трещины возникают, если растягивающие напряжения в любой части дорожной одежды больше допустимых напряжений материалов, составляющих любой слой дороги. Образование трещины не произойдет в том случае, если прочность асфальтобетона будет больше, чем те напряжения, которые возникают в нем под нагрузкой.

Решением причины эксплуатационного трещинообразования является правильно подобранная конструкция дорожной одежды и корректно выполненный расчет. В последнем действующем нормативном документе по расчету нежестких дорожных одежд ГОСТ Р 71404-2024 указаны основные критерии расчета дорожных одежд на прочность. Из методики следует, что прочность дорожных одежд оценивается их способностью сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием нормальных и касательных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте рабочего слоя земляного полотна от расчетной нагрузки, приложенной к поверхности покрытия.

Методика оценки прочности дорожных одежд включает в себя оценку прочности как конструкции в целом, так и напряжений, возникающих в отдельных конструктивных слоях и грунте рабочего слоя земляного полотна. При расчете дорожных одежд используют решения теории упругости для слоистого пространства, лежащего на упругом основании с учетом условий работы в зоне контакта на границе слоев (спаянный контакт при совместной работе в зоне контакта или гладкий контакт при свободном смещении слоев в зоне контакта).

К основным критериям расчета на прочность относятся:

*Допускаемый упругий прогиб.* Конструкция дорожной одежды удовлетворяет требованиям надежности и прочности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{\text{общ}} \geq E_{\text{min}} K_{\text{mp}}^{\text{np}}, \quad (1)$$

где  $E_{\text{общ}}$  – общий модуль упругости на поверхности дорожной конструкции, МПа;  $E_{\text{min}}$  – минимальный требуемый модуль упругости, МПа;  $K_{\text{mp}}^{\text{np}}$  – требуемый коэффициент прочности.

*Условие сдвигоустойчивости грунта рабочего слоя и конструктивных слоев из малосвязанных материалов.* Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в конструктивных слоях из малосвязанных материалов обеспечено условие:

$$T \leq \frac{T_{\text{np}}}{K_{\text{mp}}^{\text{np}}}, \quad (2)$$

где  $T$  – активное напряжение сдвига от действующей кратковременной или длительной нагрузки, МПа;  $T_{\text{np}}$  –

предельное напряжение сдвига, превышение которого вызывает нарушение прочности на сдвиг, МПа;  $K_{\text{mp}}^{\text{np}}$  – требуемый коэффициент прочности.

*Сопротивление слоев асфальтобетона усталостному разрушению от растяжения при изгибе.* Образование трещин от усталостного разрушения не будет происходить при выполнении условия:

$$\sigma_r < \frac{R_N}{K_{\text{mp}}^{\text{np}}}, \quad (3)$$

где  $\sigma_r$  – наибольшее растягивающее напряжение в слое, МПа;  $R_N$  – предельное напряжение на растяжение при изгибе с учетом усталостных явлений материалов, МПа;  $K_{\text{mp}}^{\text{np}}$  – требуемый коэффициент прочности.

Кроме того, дорожную конструкцию проверяют на *морозоустойчивость*. Конструкция удовлетворяет требованиям по морозоустойчивости при соблюдении условия:

$$l_{\text{пуч}} < l_{\text{доп}}, \quad (4)$$

где  $l_{\text{пуч}}$  – расчетное (ожидаемое) морозное пучение грунта земляного полотна;  $l_{\text{доп}}$  – допустимая величина морозного пучения.

Анализ ГОСТ Р 71404-2024 показывает о необходимости дополнений и изменений в связи с отсутствием [2–5]:

- проверочных расчетов по критериям колееобразования и температурного трещинообразования конструкции;
- возможности расчета конструкций дорожных одежд с геосинтетическими материалами;
- расчетных характеристик на дорожно-строительные материалы, соответствующих вновь введенным нормативным документам на холодный асфальтобетон, холодную органоминеральную смесь;
- возможности расчета конструкции дорожных одежд с использованием современных технологий и материалов, в том числе с деструктуризацией цементобетонного покрытия и основания;
- различием расчетных характеристик асфальтобетонов для слоев покрытия и основания;
- методики расчета теплоизолирующих слоев, представленной в ОДН 218.046-01.

### Выводы

1. Необходимо сравнение алгоритмов проектирования и расчета дорожной одежды в Российской Федерации с зарубежными методиками в целях составления эталонной и достоверной методики проектирования и расчета конструкции дорожной одежды нежесткого типа.

2. Предложенные дополнения по совершенствованию методики расчета конструкции дорожной одежды требуют проведения лабораторных и натурных исследований по установлению различий в ранее выпущенной нормативной литературе по проектированию и расчету дорожной одежды нежесткого типа.

### Литература

1. Сафонов, Р. А. Типичные дефекты верхнего дорожного покрытия в России / Р. А. Сафонов // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 75–84.

2. Совершенствование методики расчета нежестких дорожных одежд с учетом применения решения задачи теории упругости для многослойного полупространства / М. Ю. Горский, Г. Ф. Кадыров, А. В. Стрельцов, Е. Н. Симчук // Дороги и мосты ФАУ РОСДОРНИИ. – 2021. – № 2 (46). – С. 53–74.

3. Сенибабнов, С. А. Анализ нормативной документации по расчету прочностных характеристик дорожных одежд нежесткого типа по допускаемому упругому прогибу / С. А. Сенибабнов, К. А. Андрианов, А. Ф. Зубков // Научный журнал строительства и архитектуры. – 2019. – № 1 (53). – С. 28–43.

4. Андрианов, К. А. Сравнительный анализ норм проектирования автомобильных дорог Монголии и Российской Федерации / К. А. Андрианов, И. В. Матвеева, П. Мягмарсурэн // Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт : материалы 3-й международной научно-практической конференции института архитектуры, строительства и транспорта Тамбовского государственного технического университета (Тамбов, 27 июня 2016 г.). – Тамбов : Издательство Першина Р.В., 2016. – С. 150–155.

5. Дрогунов, Д. С. Анализ нормативной базы по расчету дорожной одежды нежесткого типа / Д. С. Дрогунов, К. А. Андрианов // Современная наука: теория, методология, практика : материалы V-й всероссийской (национальной) научно-практической конференции (Тамбов, 27–28 сентября 2023 г.). – Тамбов : Издательство ИП Чеснокова А.В., 2023. – С. 108–110.

*D.S. Drogunov, L.S. Zarapina, K.A. Andrianov, A.F. Zubkov  
Tambov State Technical University*

### TYPES OF DEFECTS IN PAVEMENT SURFACING CONSTRUCTION AND CAUSES OF THEIR FORMATION

The article considers typical defects of asphalt concrete pavement and base. The analysis of the main criteria for the calculation and design of non-rigid road surfaces in accordance with regulatory documents is carried out. Proposals have been formulated to improve the methodology for calculating the construction of the pavement. Further research directions have been identified.

Defects of the road surface, non-rigid road clothes, calculation method.