

УДК 625.73

С. В. Алексиков, А. И. Лескин, Д. И. Гофман, Л. М. Лескина, В. В. Крутых

Волгоградский государственный технический университет

ТЕМПЕРАТУРА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ЖАРКОГО КЛИМАТА НИЖНЕГО ПОВОЛЖЬЯ

Покрытия автомобильных дорог Нижнего Поволжья в летний жаркий период эксплуатируются в экстремальных условиях. Температура воздуха достигает +42...+44 °C, асфальтобетонное покрытие линейным образом зависит от температуры воздуха и нагревается до +65 °C. Максимальная глубина проникновения изотермы +50 °C в дорожную одежду составляет 50 см, скорость нагрева — 3,0...3,6 см/сут. Расчетный сдвиговой период работы покрытий, наибольший по территории Российской Федерации, достигает 2300...2800 ч. Температура асфальтобетона на глубине 2 см в период июля — августа достигает +58,6 °C при среднемесячной температуре +54,1 °C. Повышение температуры асфальтобетонного покрытия в течение 3...4 сут приводит к нагреву верхних слоев и снижению прочности асфальтобетона до 30...50 % в пределах сдвигоопасной зоны покрытия от 5 до 9 см. Модуль упругости покрытия снижается до 550 МПа, что приводит, наряду с формированием пластических деформаций покрытия, к снижению прочности дорожной одежды до 30 %.

Ключевые слова: температура, нагрев покрытия, летний период, модуль упругости, пластические деформации, проезжая часть, прочность.

Введение

Дорожные покрытия на территории Нижнего Поволжья (Волгоградская и Астраханская области, Республика Калмыкия) эксплуатируются в летний период в экстремальных температурных условиях¹. Температура воздуха достигает экстремальных значений +42...+44 °C. Максимальная глубина проникновения изотермы +50 °C в дорожных конструкциях H достигает 50 см². Расчетный сдвиговой период работы покрытий, приведенный к температуре +50 °C, наибольший по территории Российской Федерации, достигает 2300...2800 ч. Продолжительность нагрева дорожной одежды составляет 13,0...16,5 сут, скорость нагрева конструкции V до +50 °C изменяется от 3,6 до 3,0 см/сут (табл.).

Глубина нагрева дорожной одежды до температуры +50 °C³

Город	T , сут	H , см	V , см/сут
Астрахань	13	45	3,5
Волгоград	14	50	3,6
Элиста	16,5	50	3,0

¹ ОДМ. Методические рекомендации по расчету и прогнозированию колеобразования на нежестких дорожных одеждах / Росавтодор. М., 2002. 181 с.

Методические рекомендации по оценке сдвигоустойчивости асфальтобетона / Омский СоюзДорНИИ. М., 2002. 15 с.

² Там же.

³ Методические рекомендации по оценке сдвигоустойчивости асфальтобетона / Омский СоюзДорНИИ. М., 2002. 15 с.

Различия в глубине и скорости распространения изотермы $+50^{\circ}\text{C}$ объясняются различной температурой воздуха и солнечной активностью исследуемой территории. Для обеспечения сохранности дорог в летний период на территории Российской Федерации вводится ограничение движения грузового транспорта. Согласно приказу Минтранса России «Об установлении Порядка осуществления временных ограничений или прекращения движения транспортных средств по автомобильным дорогам федерального значения и частным автомобильным дорогам» № 126 от 09.04.2025, ограничения движения тяжеловесного транспорта вводятся по достижении температуры воздуха $+32^{\circ}\text{C}$ [1, 2]. Следует отметить, что установленная предельная температура воздуха $+32^{\circ}\text{C}$ не имеет обоснования, не учитывает тип асфальтобетона и вязкого. При указанной температуре происходит нагрев покрытия до $+47\dots+52^{\circ}\text{C}$ и прогрессирующее колеообразование покрытия [там же]. Не случайно в соседних с Россией странах, таких как Белоруссия и Казахстан, ограничения вводятся при $+25^{\circ}\text{C}$, на Украине и в Киргизии — при $+28^{\circ}\text{C}$, в Молдавии — при $+30^{\circ}\text{C}$. Для различных регионов допустимая осевая нагрузка изменяется в пределах 6…10 т в зависимости от типа покрытия и прочности проезжей части.

Постановка цели работы и методы исследования

Цель работы — исследование температуры асфальтобетонных покрытий и ее влияния на прочность дорожных одежд в условиях жаркого климата Нижнего Поволжья.

В связи с этим в 2025 г. выполнены исследования температурного режима и прочности проезжей части дорог Волгоградской и Астраханской областей. В июле 2025 г. температура в Волгограде достигала $+38^{\circ}\text{C}$, в Астрахани — $+40^{\circ}\text{C}$ (рис. 1). Продолжительность периода с критической температурой $+32^{\circ}\text{C}$ для Волгограда составила 31 сут, для Астрахани — 39 сут (рис. 2, 3).

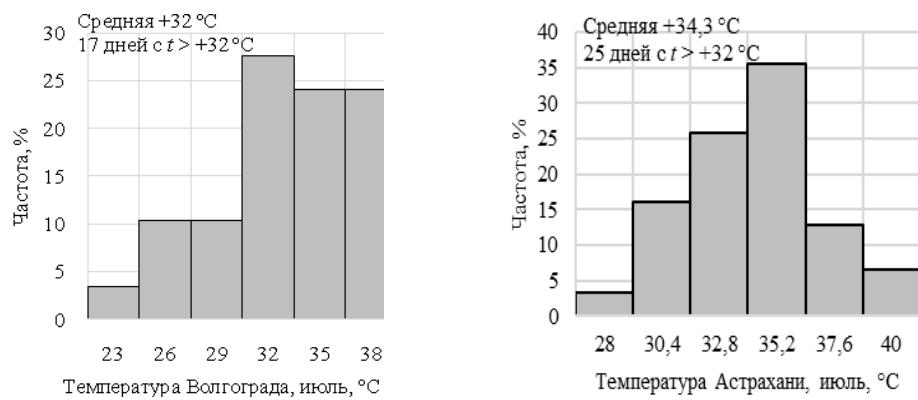


Рис. 1. Гистограммы температуры воздуха в июле 2025 г.

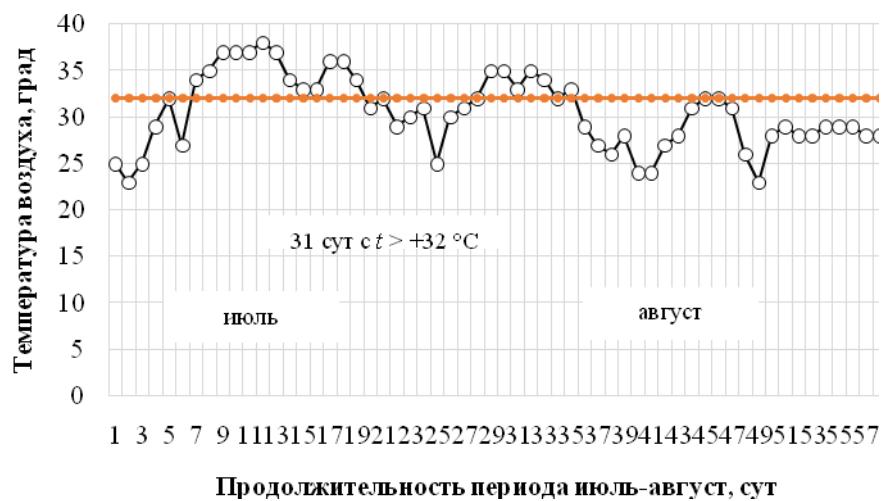


Рис. 2. Температура воздуха в летний период 2025 г., Волгоград

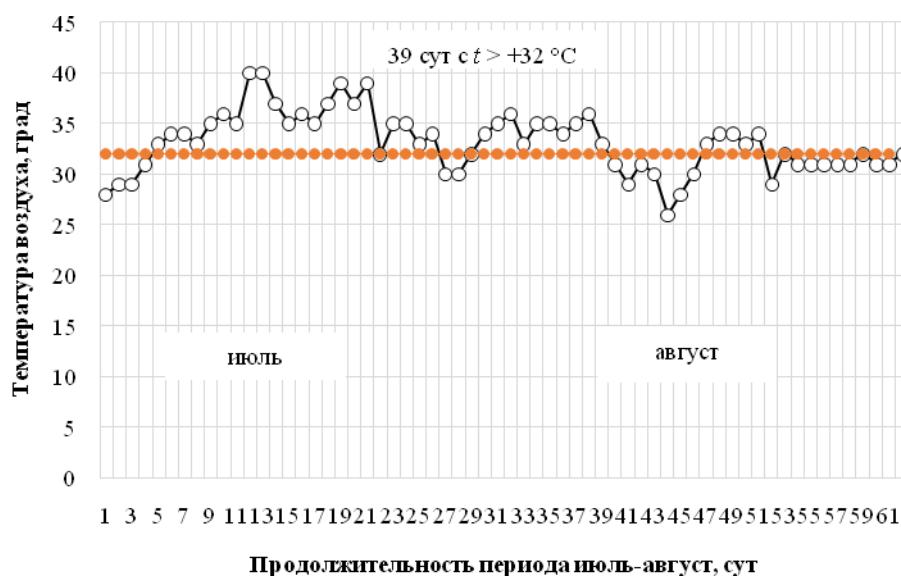


Рис. 3. Температура воздуха в летний период 2025 г., Астрахань

Исследования температуры покрытия выполнены методом пассивного наблюдателя с помощью градусника и пиromетра RGK PL-12. Результаты исследований показали, что нагрев поверхности покрытия линейным образом зависит от температуры воздуха и достигает +59 °C:

$$T_{\text{II}} = 0,81 T_{\text{B}} + 26,8 \text{ град.}$$

Температура асфальтобетона на глубине 2 см в период июля — августа достигает +58,6 °С при среднемесячной +54,1 °С (рис. 4).

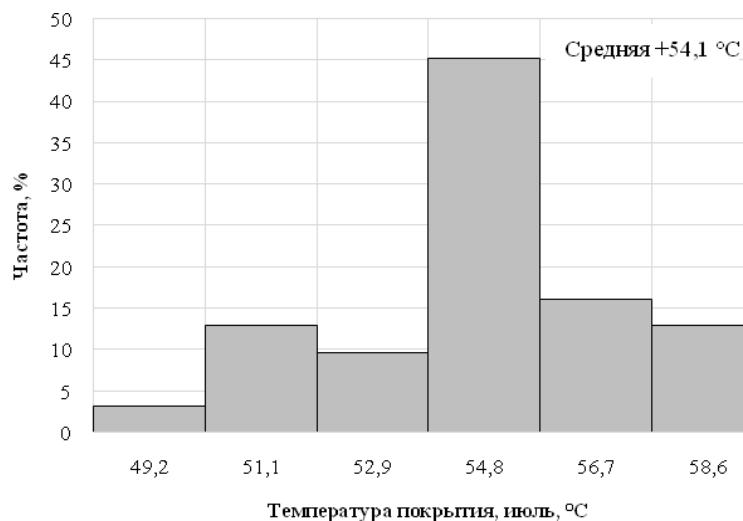


Рис. 4. Гистограмма температуры покрытия на глубине 2 см, Астрахань

Повышение температуры асфальтобетонного покрытия в течение 3...4 сут приводит к нагреву верхних слоев и снижению прочности материала до 30...50 % в пределах сдвигопасной зоны покрытия от 5 до 9 см⁴. В последующий период нагрева битумосодержащих слоев в процесс деформирования вовлекаются нижние слои. При этом температура покрытия не зависит от кратковременных понижений температуры воздуха, так как амплитуда ее суточных изменений затухает на глубине до 10 см⁵. По достижении сдвигопасной температуры в асфальтобетоне проявляются вязкопластические свойства, когда минеральные зерна, соединенные текучими прослойками битумных пленок, даже при небольших нагрузках подвержены пластическим деформациям и образованию колейности. Согласно [3—9], сдвигопасная температура соответствует температуре предела текучести материала покрытия, зависит от вида асфальтобетонов и органического вяжущего. Для горячего плотного асфальтобетона типа Б на битуме БНД 60/90 указанная температура составляет +40...+45 °C, для ЩМА — +55 °C.

Оценка состояния асфальтобетонов при экстремальных температурах воздуха. Для оценки состояния асфальтобетонов при экстремальных температурах воздуха +30...+40 °C выполнены теплотехнические расчеты температурного поля по толщине слоя 5 см (рис. 5)⁶. Результаты показали, что при температуре воздуха +30 °C покрытие уже находится в вязкопласти-

⁴ ОДМ 218.3.119—2019. Методические рекомендации по применению нежестких дорожных одежд с основаниями из укрепленных или обработанных вяжущими каменных материалов и грунтов / Росавтодор. М., 2019. 117 с.

СТО-ГК «Трансстрой»-007—2007. Асфальтобетон. Метод оценки устойчивости к образованию колеи пластичности. М., 2007. 25 с.

⁵ Там же.

⁶ ОДМ 218.4.036—2017. Методические рекомендации по приготовлению асфальтобетонных смесей, их укладке, а также приемке выполненных работ, основанные на методологии «Superpave» / Росавтодор. М., 2017. 67 с.

ческом состоянии, подвержено образованию колейности. При экстремальной температуре воздуха $+40^{\circ}\text{C}$ температура покрытия изменяется от $+56$ до $+65^{\circ}\text{C}$ при средней температуре $+60^{\circ}\text{C}$.

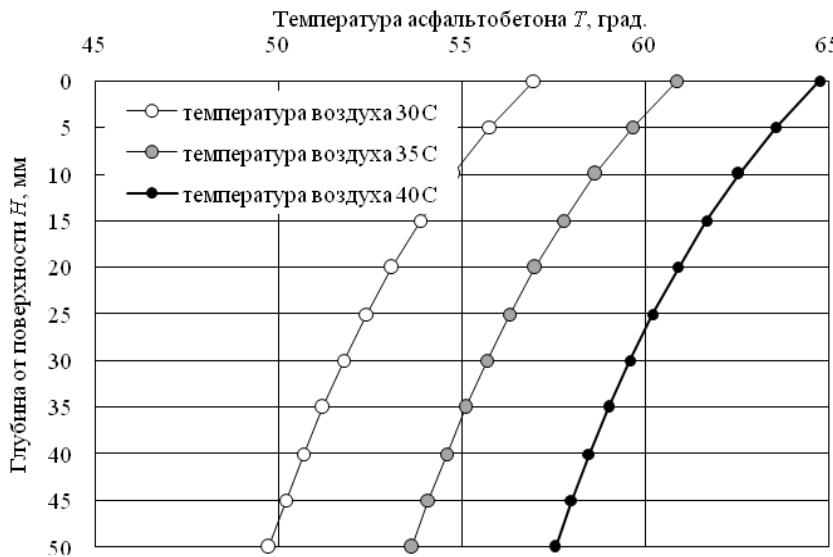


Рис. 5. Температура асфальтобетонного покрытия толщиной 5 см

В период максимальных температур воздуха $+29\dots+40^{\circ}\text{C}$ наибольший нагрев покрытия на границе с нижним слоем до $+54^{\circ}\text{C}$ происходит с запозданием по времени до 5 сут (рис. 6). При этом процесс нагрева покрытия имеет инерционный характер, что объясняется сложным процессом формирования температурного поля в конструкции.

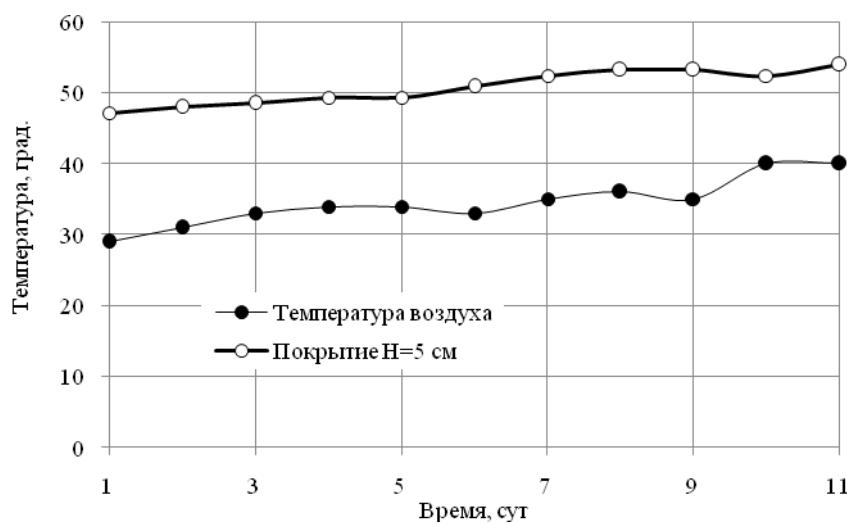


Рис. 6. Температура воздуха и покрытия на глубине 5 см
при максимальном нагреве, Астрахань

Известно, что модуль упругости асфальтобетона зависит от его температуры (рис. 7).

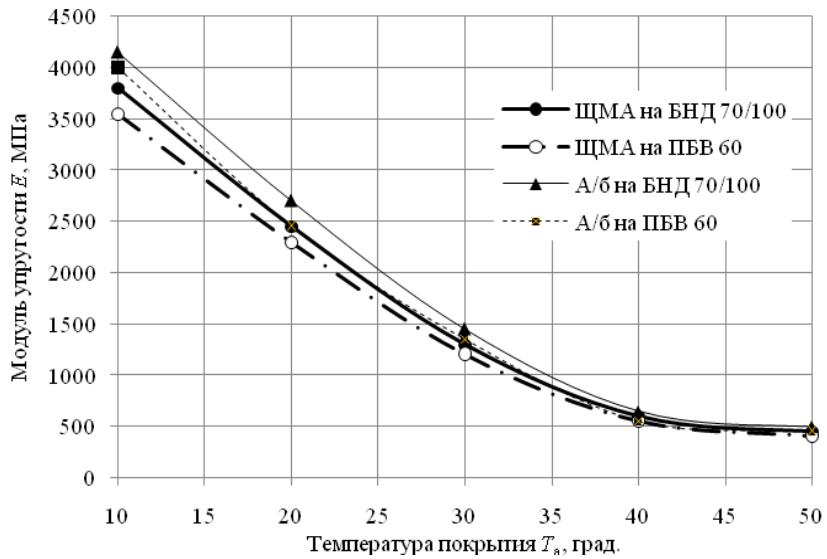


Рис. 7. Зависимость модуля упругости асфальтобетонов от температуры [10]

В соответствии с характером изменения температуры асфальтобетона (см. рис. 5), при температуре воздуха $+40^{\circ}\text{C}$ модуль упругости покрытия закономерно возрастает по толщине от 525 до 680 МПа (рис. 8).

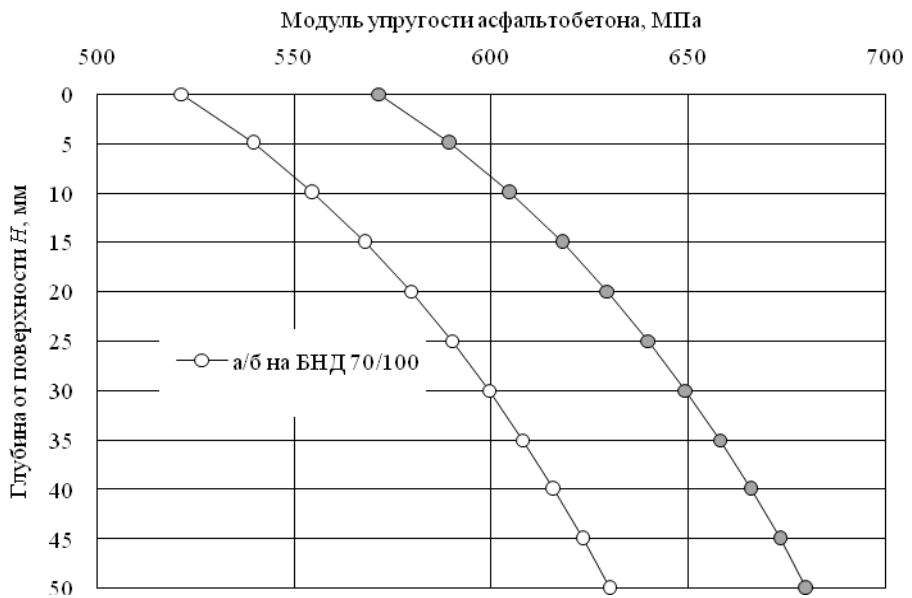


Рис. 8. Изменения модуля упругости асфальтобетонов по толщине покрытия при температуре воздуха $+40^{\circ}\text{C}$, Астрахань

Снижение модуля упругости покрытия, наряду с формированием пластических деформаций покрытия, приводит к снижению общей прочности дорожной одежды. Снижение общей прочности нежестких дорожных одежд при их чрезмерном нагреве подтверждается многочисленными исследованиями различных авторов⁷ [10—14]. Расчеты прочности типовых конструкций дорожной одежды, выполненные согласно ГОСТ Р 71404—2024⁸, показали, что в жаркий летний период коэффициент прочности $K_{\text{пр}}$ снижается до 30 %. Указанная зависимость имеет следующий вид:

$$K_{\text{пр}} = 1,85 T_{\text{аб}}^{-0,257}.$$

Снижение прочности дорожных одежд в жаркий период года необходимо учитывать при обосновании допустимых транспортных нагрузок на дорожные покрытия и подборе современных термоустойчивых асфальтобетонов покрытия по отечественным⁹ и зарубежным¹⁰ [15—19] методикам.

Заключение

Выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Дорожные покрытия на территории Нижнего Поволжья (Волгоградская и Астраханская области, Республика Калмыкия) в летний период эксплуатируются в экстремальных температурных условиях. Температура воздуха достигает +42...+44 °C, нагрев поверхности покрытия линейным образом зависит от температуры воздуха и достигает +65 °C. Максимальная глубина проникновения изотермы +50 °C в дорожных конструкциях достигает 50 см. Повышение температуры асфальтобетонного покрытия в течение 3...4 сут приводит к нагреву верхних слоев и снижению прочности материала до 30...50 % в пределах сдвигопасной зоны покрытия от 5 до 9 см.

2. При температуре воздуха +30 °C покрытие находится в вязкопластическом состоянии, подвержено образованию колейности. При экстремальной температуре воздуха +40 °C температура покрытия изменяется от +56 до +65 °C при средней +60 °C. В период максимальных температур воздуха +29...+40 °C наибольший нагрев покрытия на границе с нижним слоем до +54 °C происходит с запозданием по времени до 5 сут.

⁷ ОДМ. Методические рекомендации по расчету и прогнозированию колеобразования на нежестких дорожных одеждах / Росавтодор. М., 2002. 181 с.

Методические рекомендации по оценке сдвигостойчивости асфальтобетона / Росавтодор. М., 2002. URL: <https://ural.rosavtodor.gov.ru/storage/app/uploads/public/5a3/cc9/081/5a3cc9081f958683196025.pdf?ysclid=maxvwhwpbt954265221>.

⁸ ГОСТ Р 71404—2024. Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования. М., 2024. 74 с.

⁹ СТО-ГК «Трансстрой»-007—2007. Асфальтобетон. Метод оценки устойчивости к образованию колеи пластичности. М., 2007. 25 с.

Методические рекомендации по оценке сдвигостойчивости асфальтобетона / Росавтодор. М., 2002. URL: <https://ural.rosavtodor.gov.ru/storage/app/uploads/public/5a3/cc9/081/5a3cc9081f958683196025.pdf?ysclid=maxvwhwpbt954265221>.

¹⁰ Characterization of modified asphalt binders in superpave mix design / NCHRP. Report 459. Washington, 2001. 53 p. URL: https://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/nchrp/nchrp_rpt_459-a.pdf.

Superpave performance graded asphalt binder specification and testing / Asphalt Institute Superpave. Series No. 1 (SP-1). 1997. 67 p.

AL Sp-Asphalt 09 : Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Steifigkeits und Ermüdungsverhaltens von Asphalt en mit dem SpaltzugSchwellversuch als Eingangsgröße in die Dimensionierung / FGSV Verlag GmbH. Köln, 2009. 31 s.

3. Нагрев покрытия до температуры +45 °C и более приводит к снижению модуля упругости асфальтобетона до 525...680 МПа. Это приводит к снижению прочности дорожной одежды до 30 %, которое необходимо учитывать при обосновании допустимых транспортных нагрузок на дорожные покрытия и подборе современных термоустойчивых асфальтобетонов покрытия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кулижников А. М., Стрижевский А. М., Горелышева Л. А., Штромберг А. А. Причины образования и методы предотвращения колейности на автомобильных дорогах в условиях высоких температур воздуха // Дороги России XXI века. 2010. № 1. С. 54—57.
2. Кулижников А. М., Кулижникова Т. С. Обеспечение сохранности автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием в летний период // Мосты и дороги. 2013. Вып. 30/2. С. 113—129.
3. Ладыгин Б. И. Прочность и долговечность асфальтобетона. Минск : Наука и техника, 1963. 127 с.
4. Кирюхин Г. Н. Асфальтобетон для дорожных и аэродромных покрытий : моногр. URL: https://matest.ru/uploads/literature/Asphalt_Concrete.pdf?ysclid=mac5tgwshl215981372.
5. Кирюхин Г. Н., Смирнов Е. А., Зайцев Н. Ю. Влияние температуры на прочность нежестких дорожных одежд // Автомобильные дороги. 2022. № 1(1082). С. 118—122.
6. Кирюхин Г. Н. Температурные режимы работы асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог // Мосты и дороги. 2013. Вып. 30/2. М. С. 309—328.
7. Руденский А. В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. М. : Транспорт, 1992. 255 с.
8. Руденский А. В., Калгин Ю. И. Дорожные асфальтобетонные покрытия на модифицированных битумах : учеб. пособие. Воронеж, 2009.
9. Колбановская А. Л., Михайлов В. В. Дорожные битумы. М., 1973. 241 с.
10. Ковалев Д. И., Шайхутдинова Р. А. Проблемы колесообразования на автомобильных дорогах // Транспортные сооружения. 2022. Т. 9. № 1. URL: <https://t-s.today/issue-1-2022.html>. DOI: 10.15862/10SATS122.
11. Александров А. С., Семенова Т. В., Калинин А. Л. Анализ причин колесообразования на покрытиях нежестких дорожных одежд и рекомендации по уменьшению этого явления // Вестн. СибАДИ. 2019. Т. 16. № 6. С. 718—745. URL: <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2019-6-718-745>.
12. Садиков И. С., Ашуров Ф. Б. Обеспечение сохранности автомобильных дорог в летний период в условиях Республики Узбекистан // Дорожное строительство и его инженерное обеспечение : материалы Междунар. науч.-техн. конф. / Сост. В. А. Ходяков. Минск : БНТУ, 2021. С. 128—133.
13. Селимбаев Е. К. Рациональные конструкции дорожных одежд : моногр. М. : МПК, 2008. 176 с.
14. Обоснование мероприятий по ремонту проезжей части городских магистралей юга России / С. В. Алексиков, М. А. Павлова, Д. И. Гофман, А. И. Лескин, В. В. Медведева // Вестн. Волгогр. гос. архитектур.-строит. ун-та. Сер.: Стр-во и архитектура. 2023. Вып. 1(90). С. 73—80.
15. Jacob B., O'Brien E. J., Jehaes S. Weigh-in-motion of road vehicles — COST323 final report. Paris : LCPC Is-wim.org, 2002. URL: http://is-wim.org/doc/prEN_XXX-1_2013_cost323.pdf.
16. King G., King H., Johnston J., Galehouse L. Polymer modified asphalt emulsions: composition, uses, and specifications for surface treatments // FHWA. 2012. Publ. No. FHWA-CFL/TD-12-004. 250 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.34586.03520.
17. Huet Ch. Étude par une méthode d'impédance du comportement viscoélastique des matériaux hydrocarbonés. Thèse de docteurIngenieur. Faculté des Sciences de Paris, 1963. 140 p.
18. Mohammadreza S., Kim Y. R. Development of a failure criterion for asphalt mixtures under different modes of fatigue loading // TRR. 2014. Vol. 4. Pp. 117—125. DOI: 10.3141/2447-13.
19. Dragon I. Influence of the composition of the asphalt mixtures on their fatigue performance // 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress. 3—15th June 2012. Istanbul. A5EE-222. 2012.

© Алексиков С. В., Лескин А. И., Гофман Д. И., Лескина Л. М., Крутилов В. В., 2025

Поступила в редакцию
22.09.2025

Ссылка для цитирования:

Температура асфальтобетонных покрытий в условиях жаркого климата Нижнего Поволжья / С. В. Алексиков, А. И. Лескин, Д. И. Гофман, Л. М. Лескина, В. В. Крутилов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2025. Вып. 4(101). С. 71—80. DOI: 10.35211/18154360_2025_4_71.

Об авторах:

Алексиков Сергей Васильевич — д-р техн. наук, проф., зав. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; AL34rus@mail.ru

Лескин Андрей Иванович — канд. техн. наук, доц., доц. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; leskien@inbox.ru

Гофман Дмитрий Иванович — канд. техн. наук, доц., доц. каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; obsov2012@mail.ru

Лескина Лейла Муаз — аспирант каф. строительства и эксплуатации транспортных сооружений, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1; leyamuaz@yandex.ru

Крутилов Вячеслав Владимирович — магистрант, Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ). Российская Федерация, 400074, г. Волгоград, ул. Академическая, 1

**Sergei V. Aleksikov, Andrei I. Leskin, Dmitrii I. Gofman, Leila Muaz Leskina,
Vyacheslav V. Krutilov**

Volgograd State Technical University

THE TEMPERATURE OF ASPHALT CONCRETE COATINGS IN THE CONDITIONS OF THE HOT CLIMATE OF THE LOWER VOLGA REGION

The road surfaces of the Lower Volga region are operated under extreme conditions during the hot summer period. Air temperatures reach +42...+44 °C, and the asphalt concrete surface, which linearly depends on the air temperature, heats up to +65 °C. The maximum depth of the isotherm +50° C penetration into the road structure is 50 cm, with a heating rate of 3.0...3.6 cm/day. The calculated shear working period of the surfaces is the longest in the territory of the Russian Federation, reaching 2300...2800 hours. The temperature of the asphalt concrete at a depth of 2 cm during July — August reaches +58.6 °C, with a monthly average of +54.1 °C. An increase in the temperature of the asphalt concrete surface over 3...4 days leads to the heating of the upper layers and a reduction in the strength of the asphalt concrete by 30...50 % within the shear danger zone of the surface from 5 to 9 cm. The modulus of elasticity of the surface decreases to 550 MPa, which, along with the formation of plastic deformations of the surface, leads to a reduction in the strength of the road structure by 30 %.

Key words: temperature, heating of the coating, summer period, modulus of elasticity, plastic deformations, roadway, strength.

For citation:

Aleksikov S. V., Leskin A. I., Gofman D. I., Leskina L. M., Krutilov V. V. [The temperature of asphalt concrete coatings in the conditions of the hot climate of the Lower Volga region]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura* [Bulletin of Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series: Civil Engineering and Architecture], 2025, iss. 4, pp. 71—80. DOI: 10.35211/18154360_2025_4_71.

About authors:

Sergei V. Aleksikov — Doctor of Engineering Sciences, Professor, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; AL34rus@mail.ru

Andrei I. Leskin — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; leskien@inbox.ru

Dmitrii I. Gofman — Candidate of Engineering Sciences, Docent, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; obsov2012@mail.ru

Leila Muaz Leskina — Postgraduate student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation; leyamuaz@yandex.ru

Vyacheslav V. Krutilov — Master's Degree student, Volgograd State Technical University (VSTU). 1, Akademicheskaya st., Volgograd, 400074, Russian Federation