

**ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК  
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ  
НА МОСТОВЫХ СООРУЖЕНИЯХ**

Канд. техн. наук **В.П. Волокитин**,  
канд. техн. наук **О.А. Волокитина**,  
канд. техн. наук **А.В. Еремин**  
(Воронежский государственный  
технический университет)  
Конт. информация: nova.vp@mail.ru;  
dixi.o@mail.ru

---

*Представлен метод определения деформационно-прочностных характеристик асфальтобетонных покрытий на мостовых сооружениях, учет которых в процессе строительства и эксплуатации позволит увеличить их срок службы и повысить безопасность движения.*

**Ключевые слова:** мостовое сооружение, покрытие, деформация, прочность, слой, асфальтобетон, сферический штамп.

---

Мостовые сооружения на автомобильных дорогах являются важной составной частью дорожной сети, протяженность которых в России составляет более 2 млн пог. м. Настил большинства из них имеет асфальтобетонное покрытие. Проезжая часть мостов представляет собой совокупность конструктивных элементов, воспринимающих действие подвижных нагрузок и передающих их на несущую часть пролетного строения.

Основными функциями проезжей части и, в частности, ездового полотна являются:

- восприятие внешних нагрузок от автотранспорта, распределение и передача их на несущую конструкцию мостового сооружения;
- защита нижележащих конструкций от механического воздействия в качестве слоя износа;
- защита нижележащих несущих конструкций от прямых атмосферных воздействий;
- обеспечение комфорта и безопасности движения за счет ровности и шероховатости покрытия.

За последние годы на автомобильных дорогах наблюдается рост интенсивности движения транспорта и увеличение грузонапряженности. В процессе движения автомобиля возникает

большой спектр нагрузок и воздействий, которые носят кратковременный характер и подобны ударным импульсам. Вертикальная составляющая нагрузки обычно суммируется с касательными нагрузками, направленными в сторону противоположную движению по поверхности покрытия. При движении касательные нагрузки составляют 3-5% от вертикальной. При торможении автомобилей касательные нагрузки составляют от 1 до 5% при гололеде и 30-50% от вертикальной при сухом покрытии в зависимости от коэффициента сцепления. Все это приводит к интенсивному износу покрытия проезжей части автомобильных дорог и мостовых сооружений.

На основании данных мониторинга мостовых сооружений основными дефектами, возникающими на покрытии проезжей части, являются:

- волны, наплывы и колейность;
- одиночные трещины или сетка трещин с различным раскрытием;
- разрушение покрытия по деформационным швам и в зоне контакта с элементами деформационного шва;
- выбоины различных размеров.

В результате возникновения дефектов такого рода, приводящих к росту коэффициента динамичности воздействия подвижных нагрузок, срок службы дорожной одежды составляет от 3 до 5 лет, а в отдельных случаях может составить только один эксплуатационный сезон.

Работа покрытий в процессе эксплуатации осуществляется при крайне неблагоприятном воздействии как транспортных нагрузок, так и климатических факторов. Помимо воздействия автотранспорта необходимо принимать во внимание напряжения, возникающие в покрытии в результате циклических колебаний температуры, а также напряжения, вызываемые давлением льда в порах при переменном замораживании и оттаивании, и, кроме того, гидравлические импульсы воды в порах при проезде автомобилей. Это значительным образом затрудняет оценку их влияния на эксплуатационно-прочностные показатели мостов.

В настоящее время большое внимание стало уделяться определению деформационно-прочностных характеристик асфальтобетонных покрытий на мостовых сооружениях, на основании которых можно определить вероятность возникновения деформаций и разрушений и своевременно принять меры, предотвращающие их развитие [1].

На текущий момент в нормативной литературе отсутствует метод, позволяющий определить основные деформационно-прочностные характеристики без нарушения целостности покрытия в процессе кон-

троля качества строительства мостовых сооружений.

Таким образом, проблема заключается в необходимости разработки такого метода, который позволил бы на основании полученных благодаря ему характеристик обеспечить сохранение эксплуатационных качеств покрытия на период всего срока службы.

В существующей нормативной базе требования, предъявляемые к асфальтобетону по ГОСТ 9128-2013, ПНСТ 184-2016, и, согласно методике оценки основных показателей его свойств (ГОСТ 12801-98), повлекли за собой определенные несоответствия между показателями свойств, характеризующими асфальтобетон как дорожно-строительный материал, и теми необходимыми характеристиками, которые должны контролироваться в процессе строительства. Такие несоответствия заключаются в том, что асфальтобетон, рассматриваемый как дорожно-строительный материал, характеризуется температурой приготовления и укладки, крупностью зернового состава, плотностью, водонасыщением, набуханием и прочностью, определяемой при температурах  $0^{\circ}\text{C}$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  и  $50^{\circ}\text{C}$ . Однако к основным характеристикам асфальтобетона также относятся: модуль упругости при статическом нагружении при различных температурах, прочность при изгибе, внутреннее трение и сцепление между частицами. И в том и другом случае используемые схемы испытания образцов существенно отличаются от реальной работы асфальтобетона в дорожном покрытии [2-4].

Прочностные показатели асфальтобетона в лабораторных условиях определяются методом с использованием стандартных цилиндрических образцов, однако таким методом не предусматривается нормирование асфальтобетона по деформационным характеристикам, которые в свою очередь определяются на образцах-балочках. Для определения модуля упругости асфальтобетона при повышенных температурах используют метод вдавливания плоского штампа в образец.

Существующие методы не позволяют комплексно охарактеризовать реологические свойства асфальтобетона.

В связи с этим был проанализирован опыт определения прочностных характеристик асфальтобетона различными методами в полевых условиях. Исследования показали, что необходимо иметь сведения не только о величине максимального прогиба, но и об очертании чаши прогиба места нагружения. Эти данные позволяют установить значения максимального и минимального радиусов кривизны, а также растягивающих напряжений. В итоге, была предложена теория определения прочностных и деформационных характеристик асфальтобетонного покрытия на мостовых сооружениях методом вдавливания сферического

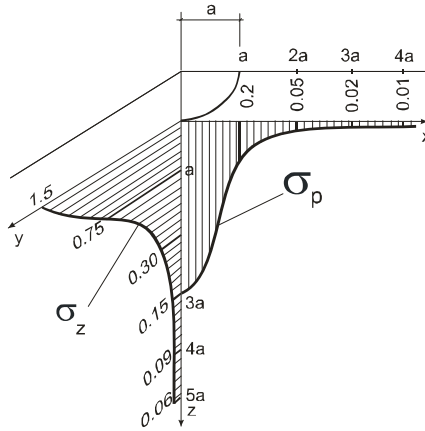
штампа, который основан на определении деформационно-прочностных свойств упругого полупространства [5,6].

Рассмотрим на примере асфальтобетонного покрытия определение его основных деформационно-прочностных характеристик данным методом. Так как асфальтобетон в реальных условиях работает как упруго-вязко-пластичный материал, при вдавливании сферического штампа упруго-вязко-пластические свойства асфальтобетона будут отражаться в соотношении упругих  $\delta$  и остаточных  $\ell_{ост.}$  деформаций. Следует также отметить, что в местах воздействия штампа может быть различное соотношение частиц минеральной части асфальтобетона, поэтому при нагружении штампа статической нагрузкой значения показателей деформаций в различных точках покрытия будут значительно отличаться друг от друга. Этот недостаток можно свести к минимуму при циклическом нагружении сферического штампа ступенчатой нагрузкой в одной точке испытания. В случае неоднократного воздействия на полупространство жестким сферическим штампом с постоянной нагрузкой происходит накопление остаточных деформаций, в месте контакта происходит плотное прилегание штампа к поверхности асфальтобетона, а сформировавшаяся сфера сводит к минимуму влияние неоднородности материала на результаты испытания. Практическое отсутствие остаточных деформаций при последних циклах нагружения позволяет рассматривать асфальтобетон как упругое полупространство, т.е. наблюдается работа материала в упругой стадии.

Согласно результатам проведенных испытаний методом вдавливания сферического штампа, максимальное значение давления, равное  $1,5 p_{ср}$ , зафиксировано в центре площадки соприкасания; на окружности контакта с поверхностью значение давления – нулевое. Эпюра распределения давления представляет поверхность полусфер, что приближается к распределению напряжений от действия колеса автомобиля (рис. 1).

Для определения деформационно-прочностных свойств асфальтобетона и асфальтобетонных покрытий использовался сферический штамп радиусом 63,5 мм с максимально прикладываемой нагрузкой величиной 200 кгс.

При определении деформационно-прочностных свойств в натуральных условиях для слоя покрытия величина погружения и среднее давление на поверхности штампа ограничивались активной зоной, т.е. не больше толщины слоя. В свою очередь глубина погружения штампа, радиус отпечатка и активная зона будут зависеть от крупности фракции щебеночной составляющей смеси.



**Рис. 1. Распределение напряжений в долях от  $P_{ср}$  под действием сферического штампа**

В лабораторных условиях определение деформационно-прочностных характеристик производилось на стандартных цилиндрических образцах. При этом активная зона не выходила за пределы образцов, и результаты испытаний образцов в лабораторных и натуральных условиях характеризовались достаточно высокой сходимостью [7,8].

Данный метод позволяет также определить установившиеся напряжения, угол внутреннего трения и сцепление для асфальтобетона как в лабораторных условиях, так и непосредственно на покрытиях искусственных сооружений. При этом оценка будет производиться при различных температурах, не разрушая покрытия. В местах, где имеются сдвиговые деформации, можно будет оперативно определять, за счет каких факторов они происходят и какие меры необходимы для повышения сдвигоустойчивости.

## ВЫВОДЫ

Предлагаемый метод для оценки прочностных и деформационных характеристик асфальтобетонных покрытий позволит:

1. ускорить оперативность и повысить достоверность оценки качества строительства покрытий, так как предполагается производить сравнение показателей на разных этапах: при подборе смеси; по пробам, взятым из смесителя и непосредственно в натуральных условиях при устройстве покрытия без его разрушения;
2. принимать оперативные решения по внесению изменений в состав смесей, технологию укладки и уплотнения;

3. эксплуатирующим организациям получать полную, объективную и достоверную информацию о транспортно-эксплуатационном состоянии и характеристиках, соответствующих требованиям безопасности движения, а также планировать распределение и использование средств, направляемых на содержание и ремонт дорожных сооружений.

## *ЛИТЕРАТУРА*

1. Овчинников И.Г. Дорожная одежда на мостовых сооружениях: отечественный и зарубежный опыт / И.Г. Овчинников, И.И. Овчинников // Интернет-журнал «Науковедение». – 2014. – № 5 (24). – Сентябрь-октябрь. – С. 1-30.
2. Волокитин В.П. Испытание асфальтобетона сферическим штампом / В.П. Волокитин, А.В. Еремин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2008. – № 3. – С. 133-138.
3. Волокитин В.П. Испытание асфальтобетона сферическим штампом / В.П. Волокитин, А.В. Еремин // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1. – С. 66-71.
4. Еремин В.Г. Метод определения расчетных характеристик конструктивных слоев нежестких дорожных одежд / В.Г. Еремин, О.А. Волокитина // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2010. – № 3 (28). – С. 228-234.
5. Волокитина О.А. Использование метода вдавливания сферического штампа для определения расчетных характеристик различных конструктивных слоев нежестких дорожных одежд / О.А. Волокитина // Строительство и реконструкция. – 2010. – № 6 (32). – С. 70-77.
6. Еремин В.Г. Определение расчетных характеристик конструктивных слоев нежестких дорожных одежд / В.Г. Еремин, О.А. Волокитина // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 17 (36). – С. 61-66.
7. Волокитина О.А. Особенности проектирования и расчета нежестких дорожных одежд на основе реальных расчетных характеристик конструктивных слоев / О.А. Волокитина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-

- строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – №4(20). – С. 100-106.*
8. *Еремин А.В. Метод оценки прочностных и деформационных характеристик конструктивных слоев дорожных одежд / А.В. Еремин, О.А. Волокитина // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. – 2010. – № 1 (17). – С. 152-157.*

## **L I T E R A T U R A**

1. *Ovchinnikov I.G. Dorozhnaja odezhda na mostovykh sooruzhenijah: otechestvennyj i zarubezhnyj opyt / I.G. Ovchinnikov, I.I. Ovchinnikov // Internet-zhurnal «Naukovedenie». – 2014. – # 5 (24). – Sentjabr'-oktjabr'. – S. 1-30.*
2. *Volokitin V.P. Ispytanie asfal'tobetona sfericheskim shtampom / V.P. Volokitin, A.V. Eremin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2008. – # 3. – S. 133-138.*
3. *Volokitin V.P. Ispytanie asfal'tobetona sfericheskim shtampom / V.P. Volokitin, A.V. Eremin // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2010. – # 1. – S. 66-71.*
4. *Eremin V.G. Metod opredelenija raschetnyh karakteristik konstruktivnyh sloev nezhestkih dorozhnyh odezhd / V.G. Eremin, O.A. Volokitina // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. – 2010. – # 3 (28). – S. 228-234.*
5. *Volokitina O.A. Ispol'zovanie metoda vdavlivanija sfericheskogo shtampa dlja opredelenija raschetnyh karakteristik razlichnyh konstruktivnyh sloev nezhestkih dorozhnyh odezhd / O.A. Volokitina // Stroitel'stvo i rekonstrukcija. – 2010. – # 6 (32). – S. 70-77.*
6. *Eremin V.G. Opredelenie raschetnyh karakteristik konstruktivnyh sloev nezhestkih dorozhnyh odezhd / V.G. Eremin, O.A. Volokitina // Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2010. – # 17 (36). – S. 61-66.*
7. *Volokitina O.A. Osobennosti proektirovanija i rascheta nezhestkih dorozhnyh odezhd na osnove real'nyh raschetnyh karakteristik konstruktivnyh sloev / O.A. Volokitina // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2010. – #4(20). – S. 100-106.*

8. Eremin A.V. Metod ocenki prochnostnyh i deformatsionnyh ha-rakteristik konstruktivnyh sloev dorozhnyh odezhd / A.V. Eremin, O.A. Volokitina // Nauchnyj vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Stroitel'stvo i arhitektura. – 2010. – # 1 (17). – S. 152-157.

---

**THEORETICAL SUBSTANTIATION OF THE METHOD FOR  
DETERMINING STRAIN-STRENGTH CHARACTERISTICS OF  
ASPHALT CONCRETE PAVEMENTS ON BRIDGE STRUCTURES**

*Ph. D. (Tech.) V.P. Volokitin,  
Ph. D. (Tech.) O.A. Volokitina,  
Ph. D. (Tech.) A.V. Eremin  
(Voronezh State Technical University)  
Contact information: nova.vp@mail.ru;  
dixi.o@mail.ru*

*The method for determining strain-strength characteristics of asphalt concrete pavements on bridge structures is presented. Their consideration during construction and operation will increase the service life and improve traffic safety.*

**Key words:** *bridge structure, pavement, strain, strength, layer, asphalt concrete, spherical stamp.*

---

Рецензент: канд. техн. наук Л.А. Горельшева (ФАУ «РОСДОРНИИ»).  
Статья поступила в редакцию: 28.03.2017 г.