

УДК 625.7/.8

UDC 625.7/.8

МЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ СЛОЁВ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В РОССИИ И ЗА РУБЕЖОМ

MECHANICAL PARAMETERS OF BITUMINOUS CONCRETE STRATUMS AT THE PROJECT STAGE IN RUSSIA AND ABROAD

Г. В. Еганиян

Донской государственной технической
университет, Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

eganyangregoryv@gmail.com*G. V. Eganyan*

Don State Technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

eganyangregoryv@gmail.com

Рассмотрена проблема актуализации отечественных нормативных документов, регламентирующих проектирование дорожных конструкций. В ходе исследования были проанализированы отечественные и зарубежные нормативные документы, связанные с расчётом конструктивных слоёв дорожной одежды. На основе проведенного исследования автором выявлена и обоснована необходимость корректировки и актуализации основных расчетных характеристик материалов, закладываемых на стадии проектирования нежестких дорожных одежд.

Ключевые слова: прочность, модуль упругости, проектирование, нежесткая дорожная конструкция, расчётные характеристики, конструктивный слой.

The article deals with the problem of actualization of domestic normative documents regulating the design of road construction. Domestic and foreign regulatory documents related to the calculation of constructive layers of pavement have been considered in this research. Based on the conducted research, the author has identified and substantiated the need to correct and update the basic design characteristics of materials at the design stage of non-rigid road clothes.

Keywords: strength, elastic modulus, design, non-rigid road design, calculated characteristics, pavement layer.

Введение. В настоящее время в Российской Федерации при проектировании конструкций нежестких дорожных одежд основной составляющей является расчет на прочность. Прочность дорожной конструкции, закладываемая на стадии проектирования, является показателем, определяющим её долговечность и работоспособность. Под прочностью дорожной конструкции понимают способность сопротивляться процессу развития остаточных деформаций и разрушений под воздействием касательных и нормальных напряжений, возникающих в конструктивных слоях и подстилающем грунте от расчётной нагрузки (кратковременной, многократной или длительно действующей однократной), приложенной к поверхности покрытия.

Основными расчётными характеристиками, используемыми при расчёте дорожных одежд на прочность, являются модули упругости конструктивных слоёв. Данные характеристики нуждаются в систематической корректировке и обновлении.

Проектирование нежестких дорожных конструкций в Российской Федерации. В настоящее время ОДН 218.046–01 [1] является единственным федеральным нормативом Российской Федерации в соответствии с которым проводится проектирование и расчёт нежестких дорожных одежд. Однако номенклатура материалов слоев дорожных конструкций и их расчетных характеристик, приведенная в ОДН 218.046–01, практически идентична той, что была

приведена в нормативном документе ВСН 46–83 [2], выпущенном более 30 лет назад. Одним из явных недостатков упомянутых документов является отсутствие информации о том, каким образом определялись значения показателей, являющихся основополагающими при расчёте. ОДН 218.046 не содержит значений расчетных характеристик современных материалов, широко применяющихся в настоящее время в слоях дорожных конструкций, например, щебеночно-мастичных асфальтобетонов и полимерно-дисперсно-армированных асфальтобетонов. Для устранения этих недостатков необходимо разработать технологии для верификации и оценки модулей упругости конструктивных слоёв с учётом современной приборной базы и специфики измерений каждого слоя.

С целью уточнения расчётных значений прочностных и деформационных характеристик конструктивных слоёв из асфальтобетона для автомобильных дорог государственной компании «Российские автомобильные дороги» был издан СТО АВТОДОР 2.25–2016 [3] «Каталог типовых конструкций нежесткой дорожной одежды для автомобильных дорог государственной компании «Автодор». В данном документе содержатся уточнённые значения модулей упругости конструктивных слоёв из асфальтобетона, а также значения для тех материалов, которых нет в ОДН 218.046–01. Однако этот документ не действует на федеральном уровне, он обязателен к исполнению только для дорог ГК «Автодор».

Проектирование нежестких дорожных конструкций в Республике Беларусь. Технический кодекс установившейся практики ТКП 45–3.03–112 [4] является основным документом, содержащим правила проектирования нежестких дорожных одежд в Республике Беларусь. Принципы проектирования нежестких дорожных одежд, заложенные в ТКП 45–3.03–112, практически полностью копируют принципы проектирования по ОДН 218.046. Необходимо отметить, что представленные в ТКП 45–3.03–112 и ОДН 218.046 значения модулей упругости для одинаковых видов и типов асфальтобетонов равны. Однако ТКП 45–3.03–112, в отличие от ОДН 218.046, актуализируется и пополняется новыми материалами с соответствующими модулями упругости, такими, например, как плотные асфальтобетоны, полимерно-битумные вяжущие, щебеночно-мастичные асфальтобетоны. Значения нормативных модулей упругости и другие расчетные характеристики для устройства слоёв оснований или грунтов отчасти различаются. Например, для песков модули упругости абсолютно одинаковые, а для глин, супесей, суглинков отличаются как расчётные характеристики, так и значения модулей упругости.

Проектирование нежестких дорожных конструкций в Германии. Проектирование и расчет дорожных одежд в Германии осуществляется в соответствии с *RDO Asphalt 09* «Указания по расчету дорожной одежды с верхним слоем покрытия из асфальтобетона». В *RDO Asphalt 09* [5] представлены нормативные значения модулей упругости различных слоёв, методики их определения или подтверждения во время строительства.

Значения для грунтов земляного полотна и несвязных слоёв оснований задаются в *RDO Asphalt 09* и контролируются при строительстве с помощью испытаний переносным жестким штампом. В зависимости от методики расчёта значения модулей упругости для слоёв оснований, крепённых гидравлическим вяжущим, составляют 5000 МПа и 2000 МПа. Модуль жёсткости, равный 2000 Мпа, принимается при выполнении расчёта для подтверждения выбора несущих вышележащих асфальтобетонных слоёв, а также для расчёта нижележащих несвязных слоёв оснований и грунтов земляного полотна. Модуль жёсткости, равный 5000 Мпа, принимается при выполнении расчёта на усталостную выносливость материала несущих слоёв, а также проверочного испытания на образование келейности в слоях из асфальтобетона.

Прочностные характеристики слоёв асфальтобетона принимаются в виде единых усредненных значений модулей жесткости эталонных асфальтобетонов для различных конструктивных слоев, которые определены на основании лабораторных испытаний при различных температурах. В Германии для отдельных видов асфальтобетонов, приготовленных на различных марках вяжущих, модули упругости не приведены, как, например, в Российской Федерации и Республике Беларусь.

Анализ влияния механических характеристик асфальтобетона на прочность дорожной конструкции. В ходе исследования были рассмотрены две конструкции дорожной одежды, конструктив которых одинаков за исключением верхнего слоя покрытия. В первой конструкции применен мелкозернистый плотный асфальтобетон, а во второй — щебеночно-мастичный асфальтобетон.

Таблица 1

Конструкция дорожной одежды №1

№ слоя	Наименование материала слоя	Е, МПа	μ	Толщина, мм
1	Асфальтобетон плотный мелкозернистый тип А, I марки на вязком битуме БНД 60/90	3200	0.35	40
2	Асфальтобетон плотный мелкозернистый тип Б, II марки на вязком битуме БНД 60/90	3200	0.35	60
3	Асфальтобетон пористый крупнозернистый, на вязком битуме БНД 60/90	2000	0.35	140
4	Щебеночная смесь с непрерывной гранулометрией	300	0.45	200
5	Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции до 5%	120	0.45	300
6	Супесь пылеватая	45	0.45	—

Таблица 2

Конструкция дорожной одежды №2

№ слоя	Наименование материала слоя	Е, МПа	μ	Толщина, мм
1	ЩМА-15	4500	0.35	40
2	Асфальтобетон плотный мелкозернистый тип Б, II марки на вязком битуме БНД 60/90	3200	0.35	60
3	Асфальтобетон пористый крупнозернистый, на вязком битуме БНД 60/90	2000	0.35	140
4	Щебеночная смесь с непрерывной гранулометрией	300	0.45	200

№ слоя	Наименование материала слоя	Е, МПа	μ	Толщина, мм
5	Песок средней крупности с содержанием пылевато-глинистой фракции до 5%	120	0.45	300
6	Супесь пылеватая	45	0.45	–

Автором был произведён расчёт максимальной упругой деформации (прогиба) в верхнем слое покрытия дорожной одежды от воздействия расчётной нагрузки в программе *MnLayer*. В данной программе применяется многоуровневая теория упругости (*LET*), успешно используемая в течение многих лет при проектировании и анализе асфальтобетонных покрытий в США. Привлекательной особенностью этого подхода является его способность представлять слоистую структуру дорожного покрытия с переменными условиями интерфейса между последовательными слоями. Всестороннее сравнение *MnLayer* с другими аналогичными программами показало, что точность *MnLayer* соответствует или превосходит точность других программ, а время расчёта составляет всего лишь 1/20 от программ аналогов.

Параметры расчётной нагрузки составили:

- А 11,5 по ГОСТ 32960–2014 [6];
- давление в шине $p = 0.8$ МПа;

По результатам расчёта было выявлено, что:

- упругая деформация первой конструкции $l_1 = 0.63165$ мм;
- упругая деформация второй конструкции $l_2 = 0.61628$ мм.

Общий расчётный модуль упругости дорожной одежды был определен по формуле [7]:

$$E_{\text{общ}} = \frac{pD(1 - \mu^2)}{l},$$

где p — удельное давление от расчётной нагрузки, МПа; D — диаметр штампа колеса, мм; l — прогиб дорожной одежды, мм; μ — коэффициент Пуассона.

Общий расчётный модуль упругости конструкции № 1 составил:

$$E_{\text{общ}}^1 = \frac{0.8 \cdot 302.6 \cdot (1 - 0.35^2)}{0.63165} = 336,30 \text{ МПа.}$$

Общий расчётный модуль упругости конструкции № 2 составил:

$$E_{\text{общ}}^2 = \frac{0.8 \cdot 302.6 \cdot (1 - 0.35^2)}{0.61628} = 344,69 \text{ МПа.}$$

В ходе расчётов было выявлено увеличение модуля упругости верхнего слоя покрытия на 40,63%, что приводит к уменьшению упругого прогиба l на 2,49% и увеличению модуля упругости дорожной конструкции $E_{\text{общ}}$.

Заключение. В настоящее время дорожные конструкции проектируют, рассчитывая на 24 года эксплуатации. Очевидно, что для достижения такой долговечности требуется использовать достаточно прочные материалы с высокими показателями модуля упругости. Из вышеприведённых расчётов очевидно, что увеличение в полтора раза модуля упругости слоя дорожной одежды не привело к весомому увеличению общей прочности конструкции. Следовательно, для обеспечения требуемого срока ее службы необходимо обновить и актуализировать всю номенклатуру материалов, приведённых в федеральных документах, связанных с проектированием дорожной одежды.

Вышеизложенные факты и проведенный анализ подтверждают необходимость корректировки и актуализации основных расчетных характеристик материалов, закладываемых на стадии проектирования нежестких дорожных одежд, что в перспективе приведет к увеличению как межремонтных сроков службы нежестких дорожных одежд, так и сроков их эксплуатации в целом.

Библиографический список.

1. Отраслевые дорожные нормы. Проектирование нежестких дорожных одежд : ОДН 218.046–01. — Москва : СоюздорНИИ, 2001. — 86 с.
2. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа : ВСН 46–72. — Москва : Транспорт, 1973. — 112 с.
3. Стандарт государственной компании «Автодор». Каталог типовых конструкций нежесткой дорожной одежды для автомобильных дорог государственной компании «Автодор»: СТО АВТОДОР 2.25–2016. — Москва : Доринжсервис, 2016. — 130 с.
4. Автомобильные дороги. Нежесткие дорожные одежды : ТКП 45–3.03–112–2008. — Минск : Минстройархитектуры, 2008. — 90 с.
5. GSV Verlag GmbH, Köln. RDO Asphalt 09 «Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht», 2009 – 28.
6. Межгосударственный стандарт. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки. Расчётные схемы нагружения : ГОСТ 32960–2014. — Москва : Стандартиформ, 2015. — 8 с.
7. Министерство транспортного строительства СССР. Инструкция по проектированию дорожных одежд нежесткого типа : ВСН 46–83. — Москва : Транспорт, 1985. — 130 с.