

УДК 625.731–027.45

Сергей Владимирович Лугов, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, lugov-madi@rambler.ru

Кудрявцев Андрей Николаевич, инженер,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, kudrandr1992@yandex.ru

УЧЁТ РАЗЛИЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КАМЕННОГО МАТЕРИАЛА ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ И РАСЧЁТЕ ОСНОВАНИЙ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Аннотация. Авторами проанализировано существующее положение вещей в области проектирования дорожных одежд, а именно принципы учёта и назначения основных расчетных характеристики материалов. Отмечено, что слои основания рассчитываются без учета ряда важных характеристик материала. Показаны возможности учёта расширенного числа характеристик каменного материала оснований и увеличения сроков их службы.

Ключевые слова: дорожная одежда, слои основания, модуль упругости, каменный материал, щебень, срок службы.

Sergey V. Lugov, Ph. D., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, lugov-madi@rambler.ru

Andrey N. Kudryavtcev, engineer,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, kudrandr1992@yandex.ru

ACCOUNTING DIFFERENT CRUSHED MATERIALS CHARACTERISTICS IN THE DESIGN AND CALCULATION OF SUBBASES IN PAVEMENTS

Abstract. The current recommendation for the pavement design has been analyzed by the authors, namely the principles of accounting and appointment of the main settlement

characteristics of materials. It is noted that the subbase layers are calculated without accounting of some important characteristics of material. The possibilities of the extended accounting of subbase crushed materials characteristics and increase of their service life were shown.

Key words: pavement, subbase layers, resilient modulus, crushed material, macadam, service life.

Введение

Одним из залогов безотказной длительной работы дорожных конструкций является четкое соблюдение задач и принципов конструирования и расчета дорожных одежд, подробно изложенных в действующих нормах проектирования [1, 2]. В тоже время многочисленные теоретические и экспериментальные исследования в области конструирования и расчета дорожных одежд, а также практический опыт эксплуатации и наблюдений за автомобильными дорогами, показывают, что даже при соблюдении всех требований норм и рекомендаций, на покрытиях под действием транспортных нагрузок и метеорологических воздействий, возникают различного рода деформации и разрушения.

Основная часть

Причины деформаций и разрушений далеко не всегда, а по некоторым оценкам [3, 4] даже в несколько меньшем числе случаев (особенно на Федеральных дорогах), связаны с теми или иными недостатками и ошибками (проектными, технологическими, или организационными как недостаточный ремонт), непосредственно касающимися слоев асфальтобетонных или цементобетонных покрытий. Зачастую ухудшение эксплуатационных качеств покрытия является причиной более глубокой как в прямом, так и в переносном смысле. Другими словами, развитие различных дефектов на покрытии

(пластическая колея, трещины, сетка трещин, сколы, продольные неровности, просадки, проломы и др.) часто бывают напрямую связаны с процессами, развивающимися в земляном полотне и слоях основания дорожных одежд. Более того, во многих случаях можно даже говорить и о том, что процесс деградации дорожной одежды начинается снизу-вверх, т.е. от земляного полотна через основание к покрытию. Один из важнейших факторов, обуславливающих процессы деформирования и разрушение материалов слоев дорожных одежд – это действующая сверху конструкции транспортная нагрузка. Тем не менее в расчетный период наибольшего ослабления дорожной конструкции наиболее уязвимым, с точки зрения способности сопротивляться действующим нагрузкам, оказывается грунт земляного полотна, особенно в тех случаях, когда это глинистый грунт.

Низкие физико-механические характеристики грунта земляного полотна в расчетный период приводят к значительным величинам прогибов всей конструкции, включая слои основания и покрытия. Многократно повторяющиеся прогибы конструкции, очевидно, оказывают тем более существенное влияние на тот или иной материал слоя, чем более низкие физико-механические характеристики он имеет. Правильный подбор материалов на стадии конструирования дорожной одежды, а также более точное определение или назначение его основных физико-механических характеристик в значительной степени может предопределить и работоспособность всей конструкции, и её отдельных слоев.

Действующие нормы проектирования дорожных одежд оперируют для материалов слоев различными расчетными характеристиками. Для асфальтобетонов и других битумоминеральных материалов – это динамический и статический модуль упругости (причем существенно дифференцируемые в зависимости от температуры), прочность на растяжение при изгибе и другие характеристики, позволяющие более

детально учесть свойства различных асфальтобетонов. В ранее действующих ВСН 46-83 учитывались даже сдвиговые характеристики асфальтобетонов. Для цементобетонов – это модуль упругости, прочность на растяжение при изгибе и сжатие, коэффициент Пуассона и др. Наиболее широкий спектр расчетных характеристик учтен для различных грунтов – это влажность, модуль упругости, коэффициент фильтрации, крупность частиц, пористость, степень пучинистости, угол внутреннего трения, удельное сцепление, плотность и др.

Между тем при конструировании и расчете оснований дорожных одежд проектировщику приходится ориентироваться фактически лишь на модуль упругости материала. Так, например, при конструировании слоев основания из щебеночных и гравийных материалов, необработанных вяжущими, составляющих весьма существенную долю оснований дорожных одежд, единственным параметром, якобы характеризующим степень сопротивляемости данного конструктивного слоя всем внешним воздействиям, является модуль упругости, назначаемый в зависимости от максимального размера зерен. Похожая картина и с другими материалами слоев оснований.

Конечно, кроме расчетных характеристик, используемых непосредственно при проектировании дорожных одежд, существует целый перечень требований, регламентирующий использование в дорожных одеждах лишь тех материалов, показатели свойств которых не менее определенных значений [5]. Но здесь следует указать на тот факт, что соблюдение требований по минимально-допустимым показателям материала для данной категории дороги и конструктивного слоя, никоим образом не гарантируют обеспечения модуля упругости этого слоя, заложенного при проектировании одежды, а, следовательно, под сомнением и общая прочность построенной и в дальнейшем эксплуатируемой дорожной одежды. Имеет место отсутствие прямой

взаимосвязи между используемыми характеристикам для расчета дорожной одежды (в первую очередь модуля упругости слоя основания) [1], и тех показателей, которые обеспечиваются и контролируются при строительстве данного слоя (марки щебня по прочности, истираемости, морозоустойчивости и др.) [5]. Указанное, по-видимому, не самым благоприятным образом отражается на фактических сроках службы слоев оснований и вообще дорожных одежд. Получается, что закладываются в проект одни расчетные характеристики, а контролируются и обеспечиваются в процессе строительства совершенно другие показатели.

Кроме того, в течение многих лет, оперировали такими представлениями о влиянии прочности каменной породы, в соответствии с которыми полагалось, что чем прочнее камень, из которого сложено основание, тем выше несущая способность этого основания. Но исследованиями Союздорнии было показано, что прочность каменного материала влияет на модуль упругости намного меньше, чем плотность укладки каменного материала. Слой, укладываемый из трудноуплотняемого каменного материала, обладает меньшей прочностью, чем слой, укладываемый из легкоуплотняемого камня [1]. К сожалению, и до сих пор среди дорожников встречаются ошибочные представления о взаимосвязи прочности камня и прочности всего основания, а в учебно-справочной литературе трудно найти разъяснения по данной проблеме. Воздействия от внешних нагрузок, распространяющиеся через контакты соприкасающихся зерен, возникают в слое основания в виде напряжений. А от жесткости этих контактов зависит прочность всего слоя каменного материала. На прочностные характеристики слоя основания также влияет и форма зерен. Стоит уделить этим вопросам дополнительное внимание, так как влияние некоторых факторов исследовано еще недостаточно.

Следует отметить, что для формального расчета дорожной одежды по прочности, изначально базирующегося на закономерностях теории

упругости, такой характеристики как модуль упругости материала слоя в принципе достаточно. Однако, современные представления о расчете дорожных конструкций уже давно позволяют учитывать возможность работы материалов не только в упругой стадии, но и в стадии необратимых деформаций и разрушений, а это требует заметно большего количества учитываемых в расчетах показателей и характеристик. Это отнюдь не означает, что следует полностью отказаться от классических схем расчета дорожных конструкций, но позволяет существенно расширить возможности учета различных областей и стадий работы материалов в слоях дорожных одежд.

С 2001 г. нормы проектирования дорожных одежд позволяют как косвенно, так и напрямую учитывать склонность некоторых материалов к неупругому деформированию. Это достигается различными путями, в первую очередь зависимостью требуемого модуля упругости и физико-механических характеристик некоторых материалов от суммарного числа приложений расчетных нагрузок. Более того, учет неупругого деформирования различных материалов дорожных конструкций не ограничивается лишь рамками области проектирования дорожных одежд. Уже достаточно давно существуют и методики, позволяющие на основе качественного или количественного прогноза остаточных (необратимых) деформаций и разрушений, накапливающихся в дорожных конструкциях, давать практический выход как на подбор составов различных битумоминеральных смесей, так и на планирование объемов работ по диагностике и ремонту автомобильных дорог [3].

Развитием данной тенденции, одной из основ которой является более детальный учет физико-механических и эксплуатационных характеристик материалов, можно считать и исследование, направленное на установление более явной связи между многочисленными характеристиками каменных материалов и способностью данных материалов обеспечивать те сроки

службы дорожных одежд, которые в настоящее время заложены в действующие нормативно-правовые документы. Ведь в настоящий момент, лишь одна характеристика материала слоя основания (модуль упругости) может каким-то образом отождествляться (и то весьма и весьма косвенно) со сроком службы дорожной одежды и отчасти обеспечивать его нормативные значения. Непосредственно с точки зрения расчета дорожной конструкции данная характеристика (модуль упругости), по-видимому, так и должна быть оставлена в качестве основного показателя прочности слоя основания. Но алгоритм назначения модуля упругости материала слоя основания (в частности оснований из каменных материалов, неукрепленных вяжущими) должен быть в значительной мере пересмотрен. Это необходимо с целью более правильного и объективного подхода к выбору материалов при конструировании и расчете дорожных одежд под различные эксплуатационные условия, а также для установления определенной корреляционной взаимосвязи между различными характеристиками каменных материалов, полезной в проектных и производственных условиях.

Практические предложения по учёту расширенного спектра характеристик каменного материала при расчете дорожных конструкций уже делались ранее [4, 6]. Эти предложения базировались на теоретических исследованиях, и на достаточно большом массиве данных натуральных наблюдений за поведением каменного материала в процессе эксплуатации дорожных одежд, а также в процессе строительства оснований [7, 8]. Были получены расчетные зависимости, позволяющие прогнозировать величину остаточной осадки щебеночного основания при прогнозировании колееобразования (не связанного с износом и истиранием верхнего слоя покрытия). Полученные зависимости могут позволить в определенной мере усовершенствовать методику

проектирования дорожных одежд в части конструирования (подбора материалов) и непосредственно расчета слоев основания.

Выводы

На основании изложенного можно сделать вывод, что на данный момент имеются все основные предпосылки для более детального подхода к вопросам конструирования и расчета оснований дорожных одежд из неукрепленных каменных материалов. Это может быть достигнуто путем учёта (наряду с модулем упругости слоя) других важнейших характеристик каменного материала, непосредственно характеризующих поведение каменного материала в процессе эксплуатации дорожной одежды (марки по дробимости, износостойкости, морозоустойчивости, а также плотности, пористости и др.). Учёт данных характеристик, по мнению авторов, должен способствовать увеличению сроков службы оснований и дорожных одежд в целом.

Список литературы

1. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01 // Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства. М., 2001.
2. Рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд (взамен ВСН 197-91) // Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства. М., 2004.
3. Рекомендации по выявлению и устранению колеи на нежестких дорожных одеждах // Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства. М., 2002. 113 с.
4. Лугов С.В. Основные положения методики расчета глубины колеи на дорожных одеждах с асфальтобетонным покрытием: дис. ... канд. техн. наук. М.: МАДИ, 2004. 267 с.

5. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги. Актуализированная версия СНиП 2.05.02-85*.

6. Лугов С.В. О процессах разрушения каменных материалов в основаниях дорожных одежд // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог: научные исследования и их практическое применение. Сборник научных трудов МАДИ. М.: МАДИ, 2006.

7. Некрасов В.К. Обоснование методов оценки и выбора дорожных каменных материалов: дис. ... д-ра техн. наук. М., 1971. 576 с.

8. Поспелов Е.А. Уплотнение слоев дорожных одежд из малопрочного щебня: автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1989. 20 с.

References

1. Proektirovanie nezhestkikh dorozhnykh odezhd. ODN 218.046-01, Ministerstvo transporta Rossijskoj Federacii. Gosudarstvennaja sluzhba dorozhnogo hozjajstva, Moscow, 2001.

2. Rekomendacii po prektiruvaniu zhestkikh dorozhnykh odezhd (vzamen vsn 197-91), Ministerstvo transporta Rossijskoj Federacii. Gosudarstvennaja sluzhba dorozhnogo hozjajstva, Moscow, 2004.

3. Rekomendacii po vyjavleniju i ustraneniu kolej na nezhestkikh dorozhnykh odezhdah. Ministerstvo transporta Rossijskoj Federacii. Gosudarstvennaja sluzhba dorozhnogo hozjajstva, Moscow, 2002, 113 p.

4. Lugov S.V. *Osnovnie polozheniya metodiki rascheta glubini kolei na dorozhnykh odezhdah s asfal'tobetonnim pokritiem* (Substantive provisions of method of calculation of depth of track on travelling clothes with an asphalt carpet): dis. ... kand. tehn. nauk. Moscow, 2004.

5. SP 34.13330.2012. Avtomobil'nye dorogi. Aktualizirovannaya versiya SNiP 2.05.02-85*.

6. Lugov S.V. *O processax razrusheniya kamennykh materialov v osnovaniyax dorozhnykh odezhd* (About the processes of destruction of stone

materials in the grounds of travelling clothes), *Stroitelstvo i ekspluatsiya avtomobilnyx dorog: nauchnye issledovaniya i ix prakticheskoe primenenie*, Sbornik nauchnyx trudov MADI, Moscow, 2006.

7. Nekrasov, V.K. *Obosnovanie metodov ocenki i vybora dorozhnyx kamennyx materialov* (Ground of methods of estimation and choice of travelling stone materials): dis. ... d-ra texn. nauk. Moscow, 1971.

8. Pospelov E.A. *Uplotnenie sloev dorozhnyx odezhd iz maloprochnogo shhebnya* (Compression of layers of travelling clothes from a maloprochnogo macadam): avtoref. dis. ... kand. texn. nauk. Moscow, 1989.