

КОНСТРУИРОВАНИЕ УСТОЙЧИВЫХ К КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЮ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Значительный рост интенсивности движения за последние 10–15 лет, увеличение в составе транспортного потока количества большегрузных транспортных средств требуют совершенствования подходов к проектированию и расчету нежестких дорожных одежд. Так, например, увеличение толщины конструктивных слоев дорожной одежды позволяет существенно повысить несущую способность (прочность) дорожных конструкций и снизить величину напряжений, возникающих в грунте земляного полотна при проезде транспортных средств. Одновременно с этим резко возросшая интенсивность движения требует повышенного внимания к вопросу накопления деформаций в слоях покрытия и основания дорожных конструкций при многократном приложении транспортных нагрузок.

В последние годы для расчета нежестких дорожных одежд все шире используется подход, включающий разработку математических моделей прогнозирования дефектообразования, базирующийся на анализе напряженно-деформированного состояния элементов дорожной конструкции при заданных климатических условиях

эксплуатации и транспортных нагрузках (рис. 1). Основными этапами прогнозирования повреждения дорожных одежд являются:

- расчет отклика (реакции) дорожной одежды при воздействии движущегося автомобиля в различные периоды года;
- расчет накапливаемых повреждений в конце каждого анализируемого периода времени на основе моделей повреждения.

Проведенный анализ современных зарубежных норм проектирования дорожных одежд показал, что в последние годы для расчета и обоснования выбора дорожных конструкций применяются программные комплексы, моделирующие напряженно-деформированное состояние (НДС) дорожных конструкций в процессе эксплуатации: во Франции, Англии, Голландии – программа ALIZE-LCPC, в Австралии, Новой Зеландии – программа CIRCLY, в США – программа JULEA при линейном деформировании материалов и метод конечных элементов при нелинейном деформировании (LCPC Departament des Chaussées A bagues bicouches ALIZE 3. – Paris, 1995; Guide for Mechanistic-Empirical Design Of New And Rehabilitated Pavement Structures ARA / Inc., ERES Division 505

West University Avenue Champaign, Illinois 61820. – 1999).

В России также разработаны методы и программы для анализа НДС дорожных конструкций и прогнозирования накопления деформаций (Методические рекомендации по расчету и прогнозированию колееобразования на нежестких дорожных одеждах / Мин. трансп. РФ, Росавтодор. – М.: 2002. – 78 с.; Илиополов С.К. Уточненный метод расчета напряженно-деформированного состояния системы «дорожная одежда – грунт» / С.К. Илиополов, М.Г. Селезнев. – Ростов-на-Дону: Новая книга, 1997. – 142 с.; Матуа В.П., Панасюк Л.Н. Прогнозирование и учет накопления остаточных деформаций в дорожных конструкциях. – Ростов-на-Дону: Рост. гос. строит. ун-т, 2001. – 372 с.).

Однако применяемый в России нормативный документ по расчету нежестких дорожных одежд (ОДН 218.046-01) не позволяет прогнозировать накопление деформаций элементов дорожных конструкций в условиях воздействия интенсивного транспортного потока и требует существенной корректировки.

Особое внимание при этом следует уделить расчету и проектированию устойчивых к колееобразованию дорожных одежд, так как с каждым годом колееобразование на автомобильных дорогах становится все более актуальной проблемой в различных регионах России. Это обусловлено общим увеличением объемов перевозок автомобильным транспортом и связанным с этим ростом интенсивности движения и осевых нагрузок.

Известно, что образование колеи может происходить вследствие различных причин: недостаточной прочности дорожной конструкции, когда происходит накопление остаточных деформаций в грунте земляного полотна, дробления и доуплотнения щебеночных слоев основания, пластических деформаций в асфальтобетонных слоях. В зависимости от климатических условий, транспортных нагрузок, материалов конструктивных слоев дорожной одежды может преобладать один из выше-



Рис. 1. Алгоритм расчета нежестких дорожных одежд в соответствии с американским руководством Guide for Mechanistic-Empirical Design



Рис. 2. Функциональное конструирование пакета асфальтобетонных слоев

перечисленных механизмов образования колеи или их сочетание.

В настоящее время при проектировании нежесткой дорожной одежды (ОДН 218.046-01) выполняется расчет по условию сдвигоустойчивости подстилающего грунта и малосвязных конструктивных слоев. При этом расчет слоев асфальтобетона на устойчивость к колееобразованию не выполняется.

Анализ зарубежного опыта проектирования и строительства дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями показывает, что обеспечение требуемых эксплуатационных качеств дорожного покрытия может быть достигнуто за счет функционального конструирования пакета асфальтобетонных слоев (рис. 2).

В зависимости от функционального назначения асфальтобетонного слоя, подбирается вид асфальтобетона и методы его испытания. Так, например, в зарубежной практике асфальтобетон верхнего слоя покрытия обязательно испытывают на устойчивость к истиранию и к колееобразованию. Нижний слой покрытия также испытывают на устойчивость к колееобразованию, так

как в этом слое при проезде транспортных средств возникают значительные сдвигающие напряжения. Верхний асфальтобетонный слой основания, являющийся нижним в пакете монолитных слоев, требует проверки устойчивости к усталостным разрушениям вследствие возникновения максимальных растягивающих напряжений. Также для асфальтобетона всех слоев определяется комплексный модуль упругости. К сожалению, развитие методов испытания асфальтобетона в России существенно отстает от современных требований, что не раз уже отмечалось (Илиополов С.К., Углова Е.В. Комплексный подход к решению проблемы колеяности асфальтобетонных покрытий // Автомобильные дороги. 2010. № 6).

Отсутствие в российских стандартах методов испытания на устойчивость к колееобразованию при многократном нагружении исключает возможность целенаправленного подбора составов асфальтобетонных смесей повышенной колееустойчивости, что приводит порой к ошибочным решениям при выборе типа смесей, обосновании целесообразности использования полимерных и армирующих добавок.

До сих пор подбор состава асфальтобетона выполняется с учетом физико-механических показателей, которые не отвечают современным нагрузкам и условиям эксплуатации. Сопоставление требований к асфальтобетону за период с 1955 г. по 2010 г. показывает их высокую стабильность, то есть за 55 лет требования к прочности асфальтобетона практически не изменились в сторону увеличения параметра (табл. 1). Более того, наблюдается даже снижение требований к пористому асфальтобетону. Если в ГОСТ 9128-84 к пористому и высокопористому крупнозернистому асфальтобетону предъявлялись требования по прочности при 50°C и по водостойкости, то в ныне действующем ГОСТ 9128-97 (и в предложенном проекте ГОСТ 9128-2009) указанные требования отменены.

Традиционные подходы к конструированию нежесткой дорожной одежды, принятые в России, предусматривают расположение слоев с убыванием их модулей упругости по глубине. При этом в нижний слой покрытия укладывают пористый либо высокопористый асфальтобетон, обладающий наименьшими прочностными показателями.

Однако следует отметить, что увеличенные нагрузки на ось транспортных средств и повышение интенсивности движения на современных магистралях предъявляют высокие требования и к нижним слоям асфальтобетонных покрытий. 30–40 лет назад ведущие исследователи в области асфальтобетона проф. И.А. Рыбьев, проф. Л.Б. Гезенцвей, проф. Н.В. Горелышев отмечали, что с увеличением воздействия транспортного потока возникнет необходимость перехода на использование более плотных асфальтобетонов и в нижних слоях.

Таким образом, для повышения долговечности асфальтобетонных покрытий

Показатели	Нормы для плотных асфальтобетонов типа Б I марки (II и III ДКЗ)			
	ГОСТ 1955 г.	ГОСТ 9128-84	ГОСТ 9128-97	ГОСТ 9128-2009
1. Прочность при сжатии, МПа:				
– при 50°C	≥ 1,0	≥ 1,1	≥ 1,2	≥ 1,2
– при 20°C	≥ 2,5	≥ 2,5	≥ 2,5	≥ 2,5
– при 0°C	≤ 12,0	≤ 1,0	≤ 11,0	≤ 11,0
2. Водостойкость	≥ 0,9	≥ 0,9	≥ 0,9	≥ 0,9
3. Остаточная пористость, %	3,0–5,0	2,0–5,0	2,5–5,0	2,5–5,0

Табл. 1. Требования к асфальтобетону

Тип асфальтобетона	HMT 22s	EME 1
Марка вяжущего	B 80/100 (Shell)	BP Structur 15/25
Глубина проникания иглы, 1/10 мм	89	21
Температура размягчения, °C	47,8	67,8
Индекс пенетрации	-0,3	0,5
Температура хрупкости по Фраасу, °C	-19	-5
Содержание битума (% по массе)	4,3	4,5

Табл. 2. Показатели вяжущих для асфальтобетонов

в условиях воздействия интенсивного транспортного потока необходима разработка требований к асфальтобетону нижних слоев покрытий, содержащих обоснованные нормативные показатели по прочности и сдвигоустойчивости крупнозернистых пористых и высокопористых асфальтобетонов.

В настоящее время в различных странах разрабатываются асфальтобетонные смеси, обеспечивающие устойчивость покрытия к колееобразованию. Следует отметить, что из указанных смесей устраивается нижний слой покрытия толщиной 7–11 см. Отличие предложенных составов от традиционных смесей заключается, в первую очередь, в качестве используемого органического вяжущего (табл. 2). Испытания на колееобразование по методу LCPC (отношение глубины колеи после 30 000 проездов оси нагружения при температуре 60°C к общей толщине плиты) показали существенное повышение устойчивости к колееобразованию (в 2,5–3,4 раза) дорожного покрытия при использовании смеси EME 1 на полимерно-битумном вяжущем.

Для обеспечения устойчивости асфальтобетонного покрытия к колееобразованию в ходе проектирования нежестких дорожных конструкций на автомобильных дорогах с интенсивным транспортным потоком необходимо рассматривать варианты дорожной одежды с устройством нижнего слоя покрытия из асфальтобетона, приготовленного на полимерно-битумном вяжущем или резинобитумном вяжущем.

Рассматривая вопросы проектирования нежестких дорожных одежд, особое внимание следует уделить назначению расчетных характеристик материалов конструктивных слоев дорожной одежды, в частности асфальтобетонов. Отсутствие в ОДН 218.046-01 раздела об экспери-

ментальных методах определения расчетных характеристик материалов (в отличие от ВСН 46-83, в котором такой раздел имелся) привело к тому, что расчетные характеристики материалов, используемые при проектировании дорожной одежды, порой не соответствуют фактическим прочностным и деформативным показателям. Кроме того, за последние годы появилась большая группа материалов, для которых расчетные характеристики в ОДН не приведены, например, щебеночно-мастичный асфальтобетон, асфальтобетон на полимерно-битумном вяжущем (ПБВ), асфальтобетон на резинобитумном вяжущем (РБВ), регенерированный асфальтобетон, материал, получаемый при холодном ресайклинге, и т.д. Приборов и оборудования для определения расчетных характеристик материалов (хотя бы асфальтобетонов) в РФ единицы. На наш взгляд, в рамках плана НИОКР необходимо провести комплекс крупномасштабных исследований расчетных характеристик материалов слоев дорожных одежд.

На период совершенствования методов расчета нежестких дорожных одежд, который составит не менее 3–5 лет, предлагается разработать каталоги – альбомы типовых конструкций дорожных одежд, отражающие современные материалы и технологии. При этом следует обратить внимание на региональные особенности разрабатываемых типовых конструкций дорожных одежд. Не случайно, как показал обзор зарубежных методов проектирования дорожных одежд, в странах с большой территорией и разнообразными природными условиями (например, США) нет единого, распространяющегося на всю страну метода расчета дорожных одежд. В каждом регионе Российской Федерации научно-исследовательскими и проектными организациями накоплен многолетний опыт использования дорожных конструкций в заданных климатических условиях. Таким образом,

разработка региональных типовых конструкций должна базироваться на анализе напряженно-деформированного состояния дорожных одежд с учетом климатических условий эксплуатации, обеспеченности дорожно-строительными материалами.

Выводы и предложения:

1. Для повышения надежности и долговечности дорожных конструкций в условиях воздействия интенсивного транспортного потока необходимо совершенствовать методы расчета и проектирования нежестких дорожных одежд. В ходе проектирования на основе анализа напряженно-деформированного состояния дорожных конструкций следует прогнозировать накопление остаточных деформаций (колееобразование) в течение заданного срока службы.
2. На период разработки и адаптации методов расчета нежестких дорожных одежд предлагается разработать каталоги – альбомы типовых конструкций дорожных одежд, отражающие современные материалы и технологии и учитывающие региональные особенности района строительства.
3. Учитывая функциональное назначение слоев покрытия, необходимо проводить испытания асфальтобетона верхнего слоя на устойчивость к истиранию и к колееобразованию, асфальтобетона нижнего слоя – на устойчивость к колееобразованию.
4. Для обеспечения устойчивости асфальтобетонного покрытия к колееобразованию в ходе проектирования нежестких дорожных конструкций на автомобильных дорогах с интенсивным транспортным потоком необходимо рассматривать варианты дорожной одежды с устройством верхнего и нижнего слоя покрытия из асфальтобетона, приготовленного на полимерно-битумном или резинобитумном вяжущем.
5. Для обоснования целесообразности применения различных видов асфальтобетона при конструировании нежестких дорожных одежд провести комплекс крупномасштабных исследований расчетных характеристик асфальтобетонов (ШМА, плотных асфальтобетонов, приготовленных на ПБВ, РБВ и т.д.), отсутствующих в ОДН 218.046-01.

Е.В. Углова,

д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ДорТрансНИИ РГСУ