

ПРОЧНОСТНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НЕЖЕСТКОГО ТИПА

О.Т.ШАТМАНОВ, Т.Б.ЭСЕНАЛИЕВ, А.О.ИСАКОВА

[E.mail. ksucta@elcat.kg](mailto:ksucta@elcat.kg)

Асфальтобетондун бекемдиги көп факторлуу көрсөткүч болуп эсептелет, бирок учурдагы эсептоо методу жол жабдууларын бардык шарттарын камтый албайт.

Прочность асфальтобетона является многофакторным показателем, и существующие методы расчета не в полной мере учитывают все условия работы дорожных покрытий.

Durability of asphalt concrete is a multiple-factor indicator and existing methods of calculation does not fully consider all operating conditions of pavings.

Прочность дорожных конструкций является одним из важнейших транспортно-эксплуатационных показателей, влияющих на технический уровень и эксплуатационное состояние автомобильной дороги.

Протяженность городских дорог г. Бишкек составляет около 1374,4 км, из них с асфальтобетонным покрытием – 722,5 км и гравийным покрытием – 651,9 км. На конец 2011 года из асфальтобетонных покрытий около 120 км городских дорог находились в удовлетворительном состоянии, из них 83 км реабилитированы (уложен 1 слой толщиной 4-6 см). Остальные городские дороги с асфальтобетонным покрытием протяженностью около 602,5 км имеют неудовлетворительное состояние.

Дорожная одежда считается прочной, если на рассматриваемый момент времени обеспечиваются сплошность и ровность дорожного покрытия. Сплошность дорожного покрытия, достигнутая поверхностной обработкой или тонкими слоями износа, не является условием обеспеченности прочности дорожной конструкции. Условия прочности дорожной конструкции соблюдаются, если: общая толщина дорожной одежды достаточна для обеспечения ее морозоустойчивости; фактический модуль упругости дорожной конструкции не ниже модуля, требуемого по условиям дорожного движения; при изгибе в связных слоях дорожной одежды не возникают растягивающие напряжения, превышающие допустимые значения; в несвязных и слабосвязных слоях дорожной одежды и грунте земляного полотна возникающие напряжения не превышают значений, при которых обеспечивается условие местного предельного равновесия по сдвигу.

В процессе эксплуатации дорожной конструкции под воздействием автомобильного движения, погодно-климатических и грунтово-гидрологических факторов происходит постепенное снижение ее прочности, связанное с внутренними, необратимыми изменениями в каждом из конструктивных элементов. Эти необратимые изменения накапливаются, главным образом, в расчетный период года.

Чтобы предотвратить преждевременное повреждение дорожного покрытия, оценивают прочность дорожной конструкции и назначают мероприятия, обеспечивающие ее надежность и заданный срок службы.

Фактическую степень деформирования поверхности покрытия (r_{ϕ}) определяют как отношение суммарной протяженности отрезков (L_d) на обследуемом участке дороги с дефектами, характеризующими предельное состояние нежесткой дорожной одежды, расположенными по крайней правой полосе наката к общей длине характерного участка дороги (L):

$$r_{\phi} = L_d/L.$$

Анализ исследований многих авторов показывает, что в большинстве случаев прочность дорожной одежды достаточно полно может быть охарактеризована величиной ее упругого прогиба под нагрузкой. Прогиб, измеренный на поверхности дорожного покрытия, является наиболее информативным показателем общего состояния дорожной одежды, так как он еще и косвенно характеризует сдвигающие и растягивающие напряжения в слоях дорожной одежды. Широкому использованию в качестве показателя прочности дорожной одежды величины упругого прогиба способствовало и то, что этот показатель достаточно просто определять в полевых условиях.

Основной показатель прочности – модуль упругости E определяется по величине прогиба l с использованием зависимости:

$$E = \frac{pD}{l} (1 - \mu^2), \quad (1)$$

где p – удельное давление штампа в зоне контакта с покрытием; D – диаметр штампа; l – величина измеренного упругого прогиба; μ – коэффициент Пуассона.

Известно несколько методов определения прочности, основанных на приложении к испытуемой дорожной одежде нагрузки с последующим измерением величины прогиба, вызванного приложенной нагрузкой.

Воздействие колес автомобиля на поверхность дорожной одежды вызывает напряжения и деформации, вследствие чего происходит постепенное разрушение и изнашивание.

В зависимости от величины нагрузки, повторяемости и продолжительности ее действия может наступить предельное состояние дорожной одежды, при котором нарушается монолитность. Накопление деформаций происходит интенсивней в наиболее слабых слоях дорожной одежды и в грунтовом основании. В значительной степени прочность нежестких одежд зависит от влажности грунта основания. Вертикальные нагрузки на нежесткие одежды вызывают просадки, колеи, проломы, пластические деформации, трещины.

Равномерный износ слоя покрытия, обладающего высокой прочностью, эластичностью, сопротивлением ударам и истиранию, поддерживают содержанием и текущим ремонтом. Однако с течением времени слой, предназначенный для износа, требует восстановления, т.е. проведения среднего и капитального ремонтов дорожной одежды. Период времени в годах от сдачи дороги в эксплуатацию до среднего ремонта или между средними ремонтами называется сроком службы дорожного покрытия.

Когда в связи с ростом интенсивности движения становится экономически нецелесообразным восстановление прочности покрытия проведением среднего ремонта, переходят к следующей стадии ремонтных работ – капитальному ремонту.

При капитальном ремонте полностью возмещают износы, восстанавливают ровность и повышают прочность дорожной одежды и всех дорожных сооружений, геометрические элементы дороги доводят до норм, соответствующих той категории, которая присвоена дороге. Период времени в годах от сдачи дороги в эксплуатацию до капитального ремонта, а также период между капитальными ремонтами называется сроком службы дорожной одежды.

При этом различают полную и частичную работоспособность дорожных покрытий.

Полная работоспособность дороги (дорожной одежды) измеряется числом прошедших по дороге автомобилей или количеством перевезенного груза, выраженным в брутто-тоннах на одну или две полосы движения, за время от сдачи дороги в эксплуатацию до капитального ремонта или между капитальными ремонтами.

Частичная работоспособность дороги (дорожного покрытия) измеряется числом прошедших по дороге автомобилей или количеством перевезенного груза, выраженным в брутто-тоннах на одну или две полосы движения за время от сдачи в эксплуатацию до среднего ремонта или между средними ремонтами.

Работоспособность дорожной одежды – основной технико-экономический показатель, определяющий дорожную составляющую стоимости перевозок. Величина работоспособности является важнейшим фактором при выборе типа покрытия и определения затрат для ремонта покрытия при перспективном планировании.

Основными условиями долговечности дорожной одежды являются соответствие ее конструкции расчетной интенсивности движения и нагрузке, качество используемых материалов, а также качество строительства и содержания дороги.

Резкое изменение состава и характера движения автомобилей на дороге против расчетного приводит к преждевременному износу покрытия, а в ряде случаев – к быстрому разрушению. Поэтому при проектировании дорожной одежды с учетом перспективы развития автомобильного движения необходимо правильно установить коэффициент запаса прочности, который определяют расчетом.

Рассчитывают дорожную одежду по критерию упругого прогиба на основе зависимости требуемого общего модуля упругости конструкции от суммарного числа приложений нагрузки. По результатам назначают толщину конструктивных слоев и их модули упругости таким образом, чтобы общий модуль упругости дорожной одежды был не ниже требуемого с учетом соответствующего коэффициента прочности. Продолжают расчет дорожной одежды, отвечающей критерию упругого прогиба, с учетом механизма нарушения прочности в ее отдельных конструктивных слоях по двум независимым критериям соответствия:

– сдвигоустойчивости материалов конструктивных слоев и грунта возникающим в них касательным напряжениям. Он отражает условие ограничения накопления сдвиговых остаточных деформаций (формоизменения) под воздействием многократных кратковременных нагрузок;

– сопротивления материалов монолитных конструктивных слоев возникающим в них растягивающим напряжениям от подвижной многократной нагрузки. Он отражает сопротивление усталостным процессам, обуславливающим развитие микротрещин в монолитных слоях, потерю их сплошности и снижение распределяющей способности.

Конструкция дорожной одежды в целом удовлетворяет требованиям прочности и надежности по величине упругого прогиба при условии:

$$E_{\text{общ}} > E_{\text{min}} \times K_{\text{пр}}^{\text{ТР}},$$

(2)

где $E_{\text{общ}}$ – общий расчетный модуль упругости конструкции, МПа; E_{min} – минимальный требуемый общий модуль упругости конструкции, МПа; $K_{\text{пр}}^{\text{ТР}}$ – требуемый коэффициент прочности дорожной одежды по критерию упругого прогиба, принимаемый в зависимости от требуемого уровня надежности.

Величину минимального требуемого общего модуля упругости конструкции вычисляют по эмпирической формуле

$$E_{\text{min}} = 98,65 [\lg(\text{SN}_p) - c], \text{ (МПа)},$$

(3)

где SN_p – суммарное расчетное число приложений нагрузки за срок службы дорожной одежды; c – эмпирический параметр, принимаемый равным для расчетной нагрузки на ось 100 кН – 3,55; 110 кН – 3,25; 130 кН – 3,05.

Величину N_p приведенной интенсивности на последний год срока службы определяют по формуле:

$$N_p = f_{\text{пол}} \sum_{m=1}^n N_m S_{m\text{сум}}, \text{ ед./сут.},$$

(4)

где $f_{\text{пол}}$ – коэффициент, учитывающий число полос движения и распределение движения по ним, определяемый по таблице; n – общее число различных марок транспортных средств в составе транспортного потока; N_m – число проездов в сутки в обоих

направлениях транспортных средств m -й марки; $S_{\text{тсум}}$ – суммарный коэффициент приведения воздействия на дорожную одежду транспортного средства m -й марки к расчетной нагрузке $Q_{\text{расч}}$.

Дорожную одежду проектируют с таким расчетом, чтобы под действием кратковременных или длительных нагрузок в подстилающем грунте или малосвязных (песчаных) слоях за весь срок службы не накапливались недопустимые остаточные деформации формоизменения. Недопустимые деформации сдвига в конструкции не будут накапливаться, если в грунте земляного полотна и в малосвязных (песчаных) слоях обеспечено условие

$$T \leq \frac{T_{\text{пр}}}{K_{\text{но}}},$$

(5)

где T – активное расчетное напряжение сдвига (часть сдвигающего напряжения, непогашенная внутренним трением) в расчетной (наиболее опасной) точке конструкции от действующей временной нагрузки; $T_{\text{пр}}$ – предельная величина активного напряжения сдвига (в той же точке), превышение которой вызывает нарушение прочности на сдвиг.

При практических расчетах многослойную дорожную конструкцию приводят к двухслойной расчетной модели.

При расчете дорожной конструкции на прочность по сдвигоустойчивости грунта земляного полотна в качестве нижнего полубесконечного слоя модели принимают грунт (с его характеристиками), а в качестве верхнего – всю дорожную одежду. Толщину верхнего слоя $h_{\text{в}}$ принимают равной сумме толщин слоев одежды $/1/$.

Модуль упругости верхнего слоя модели вычисляют как средневзвешенный по формуле

$$E_{\text{в}} = \sum_{i=1}^{i=k} E_i h_i + \sum_{i=1}^{i=k} h_i,$$

(6)

где k – число слоев дорожной одежды; E_i – модуль упругости i -го слоя; h_i – толщина i -го слоя.

При расчете по условию сдвигоустойчивости в песчаном слое основания с помощью номограммы нижнему слою двухслойной модели условно присваивают расчетные значения характеристик песчаного слоя, а модуль упругости принимают равным общему модулю на поверхности песчаного слоя; толщину верхнего слоя модели принимают равной общей толщине слоев, лежащих над песчаным, а модуль упругости $E_{\text{в}}$ вычисляют как средневзвешенное значение для этих слоев по формуле (6).

При проектировании должны быть также решены вопросы водно-теплового режима дороги, так как при изменении влажности и температуры изменяются фактические и механические свойства одежды и грунтов полотна. В зависимости от свойств материалов и конструкции одежды эти изменения проявляются более или менее резко.

При строительстве дорожной одежды должны строго соблюдаться технологические правила производства работ. Так, например, недостаточное уплотнение материалов и недостаточная ровность покрытия приводят к более быстрому его износу. На неровном покрытии качение колеса происходит с ударами и проскальзыванием, что повышает разрушающее воздействие колес на покрытие.

Не менее важным условием для сохранения прочности дорожной одежды и ее эксплуатационных качеств является своевременное проведение мероприятий по содержанию и текущему ремонту, проведение средних и капитальных ремонтов в расчетные сроки.

Традиционные показатели свойств асфальтового бетона определяют, в основном, структурные признаки материала и односторонне отображают работу его в конструкции как материала слоя износа. Они не учитываются проектными организациями, так как с их

помощью не представляется возможным направленно влиять на конструктивные решения дорожных одежд. Принятая в настоящее время оценка прочности асфальтового бетона при изгибе из условия вязкопластического разрушения не в полной мере гарантирует устойчивость покрытия на образование трещин. Поэтому дальнейшее развитие и уточнение теоретических положений, связывающих расчетные схемы и критерии предельного состояния, с одной стороны, с действительными условиями работы конструкции и качеством асфальтового бетона – с другой, имеет актуальное значение и раскрывает дополнительные возможности повышения эксплуатационных качеств и экономической эффективности применения дорожных одежд с асфальтобетонными покрытиями в городских условиях

Вышеизложенное позволило сформулировать рабочую гипотезу: преждевременные разрушения асфальтового бетона в покрытиях дорожных одежд городских улиц и дорог в значительной мере вызываются несоответствием применяемых конструктивных и технологических решений условиям эксплуатации. Недостаточная изученность их напряженно-деформированного состояния при совместном воздействии различных природных и механических факторов сужает возможности использования асфальтового бетона в конструкции и ограничивает свободу варьирования конструктивными толщинами покрытия в широком диапазоне значений в зависимости от эксплуатационных условий.

Список литературы

1. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – М.: Транспорт, 2001.
2. Корочкин А.В. Проектирование нежестких дорожных одежд / МАДИ. – М., 2005.