

Смыковский А.И.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АРМИРУЮЩИХ ПРОСЛОЕК И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ ПРИ РАСЧЕТЕ КОНСТРУКЦИЙ УСИЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД НЕЖЕСТКОГО ТИПА ПО КРИТЕРИЮ ИХ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ

Существующие методы расчета конструкций усиления дорожных одежд, изложенные в действующих нормативных документах, не учитывают возможности образования трещин в асфальтобетонном покрытии под влиянием температурных напряжений. Кроме этого, известные факультативные методики расчета дорожных конструкций, содержащих трещино-прерывающие или армирующие прослойки (АП) не учитывают влияние самого материала прослоек на работу покрытия и поэтому имеют большую погрешность.

В Республике Беларусь вопросами трещиностойкости асфальтобетона и, в частности, снижения образования отраженных трещин занимался, главным образом д.т.н. Яромко В.Н., разработки которого были применены при реконструкции автомобильной дороги М1/Е30 европейского значения, что является хорошим подтверждением возможности применения методики расчета эффективности применения АП и новых технических решений в дорожной отрасли [1].

Методика Яромко В.Н. основывается на сопоставлении косвенных данных (приrost количества трещин, их длины и толщины слоя усиления) и используется для комплексного анализа эффективности мероприятий по борьбе с образованием отраженных трещин. По этой методике определяют коэффициент эффективности применения АП по формуле

$$K_1 = \frac{L}{\gamma \cdot h^2}, \quad (1)$$

где $L=1\text{м}$ – эталонная длина участка покрытия;

γ – удельная длина трещин;

h – толщина нового слоя асфальтобетона.

Однако необходимо указать на то, что рассмотренная методика имеет существенный недостаток, состоящий в том, что эта методика не дает представления о влиянии прочностных и деформационных свойств АП на характер совместной работы системы «слой усиления – АП – существующий асфальтобетон (цементобетон)».

Этот недостаток был учтен при разработке методики назначения толщины асфальтобетонных слоев усиления по критерию их температурной трещиностойкости, разработанной Корюковым В.П. [2].

Поскольку Корюковым В.П. было определено, что максимальные температурные напряжения возникают в асфальтобетонном покрытии при максимальной амплитуде колебания температуры в материале дорожной одежды в холодное время года, принято, что материал нового и старого покрытия работает в упругой стадии на упругом жестком основании. Тогда суммарные максимальные температурные напряжения растяжения, которые имеют место над трещиной основания в новом слое покрытия, равны

$$\sigma_T = \sigma_{T_1} + \sigma'_{T_0} + \sigma''_{T_0}, \quad (2)$$

где σ_{T_1} – растягивающие напряжения, которые возникают при низких температурах в новом покрытии;

σ'_{T_0} – растягивающие напряжения в новом покрытии, которые обусловлены раскрытием трещины, сокращением дли-

ны блока основания, и сцеплением слоев;

σ''_{T_0} – растягивающие напряжения в новом покрытии,

возникающие на участке l_{np} над трещиной, где устроена армирующая прослойка и снижено сцепление между покрытием и основанием.

Было принято, что отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии не образуется, если

$$\sigma_T \leq R^0, \quad (3)$$

где R^0 – предел прочности асфальтобетона при растяжении при 0°C .

Последовательно определяя необходимые параметры в формуле (2), Корюковым В.П. была получена зависимость для расчета толщины асфальтобетонного слоя усиления дорожной одежды по критерию температурной трещиностойкости

$$h = \frac{E_0 \cdot h_0 \cdot \Delta l \cdot \left(1 - \frac{l_{np}}{l}\right)}{\left(R^0 - E_n \cdot \alpha_n \cdot \Delta T_n - E_0 \cdot \alpha_0 \cdot \Delta T_0 \cdot \frac{l_{np}}{l} \cdot f\right) \cdot l}, \quad (4)$$

где E_0, E_n – модули остаточной деформации асфальтобетонного основания и покрытия;

h_0 – толщина асфальтобетонного трещиноватого основания;

Δl – ширина раскрытия трещин в асфальтобетонном основании;

l_{np} – ширина АП;

l – длина асфальтобетонного блока в основании;

α_n, α_0 – коэффициенты линейной температурной деформации асфальтобетонного покрытия и основания;

R^0 – предел прочности асфальтобетона при растяжении при температуре 0°C ;

$\Delta T_n, \Delta T_0$ – максимальная суточная амплитуда колебания температуры соответственно на поверхности покрытия и основания;

f – коэффициент сцепления между слоем усиления и асфальтобетонным основанием в месте укладки АП.

Разработанная Корюковым В.П. методика имеет ряд преимуществ.

1. Требуемый для ее осуществления математический аппарат минимален.
2. В предлагаемом расчете нашли отражение как физико-механические, деформационные и реологические характеристики асфальтобетона, так и параметры состояния существующего покрытия.
3. Предлагаемая методика учитывает амплитуды колебания температур как в слое усиления, так и в толще существующего асфальтобетонного покрытия.
4. В расчет введены характеристики сцепления слоя усиления и старого покрытия в месте устройства АП.

5. Результаты расчета могут использоваться при назначении толщины слоя усиления при реконструкции или капитальном ремонте асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог.

Основным недостатком данной методики является то, что при расчете не учитывается армирующий эффект, влияющий на прочность слоя усиления, поэтому использование этой зависимости в таком виде в расчетах невозможно. Кроме этого, выбор конкретного материала для выполнения АП затруднен, а для проверки материалов прослоек требуется устройство опытных участков дорог и наблюдение за ними в течение длительного времени (не менее 2 лет), что тормозит внедрение данных технологий. Кроме этого, экономические затраты на устройство экспериментальных участков довольно значительны, а эффект от применения конкретного технического решения нередко ниже ожидаемого.

Для устранения этого недостатка допустим, что основным параметром, определив который, можно с достаточной долей уверенности говорить о пригодности использования АП в конструкции усиления дорожной одежды, следует принять их армирующую способность, т.е. способность увеличивать прочность дорожного покрытия за счет его армирования и восприятия армирующими элементами возникающих напряжений от температурных нагрузок.

Армирующую способность прослоек можно определить по аналогии с определением влияния, например, поверхностно-активных веществ (ПАВ) на морозостойкость цементобетона. В нашем случае это производится через отношение прочностных показателей армированного покрытия к неармированному с получением некоторого численного значения. Назовем это численное значение *коэффициентом армирования покрытия* (K_a) – по аналогии с коэффициентом морозостойкости ($K_{мрз}$).

Очевидно, что применение прослоек в конструкциях усиления дорожных одежд будет оправданным, если $K_a \geq 1$ (прочность армированного слоя усиления должна быть выше прочности неармированного), а предпочтение необходимо отдавать тому материалу АП, K_a которого выше.

Другой немаловажной особенностью, влияющей на возможность использования армирующих прослоек в дорожном строительстве, является их способность локально снижать сцепление старого покрытия и слоя усиления. Данный параметр не нов, его называют *коэффициентом сцепления* (f), однако попытки его определения хотя и проводились, однако не были достаточно убедительными.

В нашем случае, по аналогии с определением коэффициента армирования покрытия (K_a), коэффициент сцепления (f) можно определить через отношение показателей деформации армированного покрытия к неармированному с получением некоторого численного значения. Очевидно, что применение прослоек в конструкциях усиления дорожных одежд будет оправданным, если $f \leq 1$ (способность «проскальзывать» армированного слоя усиления должна быть выше, чем у неармированного), а предпочтение необходимо отдавать тому материалу армирующей прослойки, f которого меньше, чем у аналогов.

Поскольку параметр R^0 в формуле (4) зависит не только от свойств асфальтобетона, применяемого для устройства слоев усиления, но и от армирующей способности применяющихся АП, то для соблюдения корреляции параметров R^0 и K_a необходимо предусмотреть ввод коэффициента приведения этих показателей друг к другу. Коэффициент приведения обозначим ζ - «кси» и с учетом этого формулу (4) можно представить в виде

$$h = \frac{E_0 \cdot h_0 \cdot \Delta l \cdot \left(1 - \frac{l_{np}}{l}\right)}{\left(R^0 \cdot K_a \cdot \zeta - E_n \cdot \alpha_n \cdot \Delta T_n - E_0 \cdot \alpha_0 \cdot \Delta T_0 \cdot \frac{l_{np}}{l} f\right) \cdot l} \quad (5)$$

Учет влияния армирующей способности трещинопрерывающих прослоек позволит с большей точностью рассчитывать конструкции усиления дорожных одежд нежесткого типа, а также определять, какие из материалов армирующих прослоек более пригодны для использования в каждом конкретном случае.

Для расчетов по формуле (5) не требуется большой математический аппарат, а все основные параметры, характеризующие работу дорожных конструкций могут быть представлены, для облегчения пользования, в виде таблиц, номограмм или в компьютерной форме, что снижает затраты времени на расчет.

Для определения параметров работоспособности армирующих прослоек разработана специальная методика [3].

Известен способ определения эффективности работы трещинопрерывающих прослоек из рулонных материалов в конструкциях дорожных одежд нежесткого типа [4], включающий передачу и измерение горизонтального усилия, моделирующего температурные усилия в материале, на нижнюю плоскость трещинопрерывающей прослойки, контактирующей с моделью блочного основания, с замером ее перемещения. Одновременно замеряется перемещение по верхней плоскости трещинопрерывающей прослойки, контактирующей с моделью устраиваемого слоя усиления.

Испытания проводятся на специальном устройстве, состоящем из станины, двух индикаторов, контролирующих перемещения верхнего и нижнего блоков. Два верхних блока – закрепленный и незакрепленный – образуют модель покрытия над трещинопрерывающей прослойкой. На поверхности блоков создается пригруз, имитирующий вес дорожной одежды. Два нижних блока – неподвижный и подвижный – образуют модель нижнего слоя покрытия, разделенного трещиной. В местах контактирования блоков с трещинопрерывающей прослойкой выполняется их приклеивание к последней. Нижний блок соединен с системой приложения нагрузки. Основные детали прибора выполнены из дерева, а сам прибор помещен в морозильную камеру.

Недостатком этого способа является то, что он трудоемок, для его осуществления требуются сложные устройства (морозильная камера) и инструменты. Испытание на известном устройстве стеклосеток затруднено, а поскольку основные детали известного устройства выполнены из дерева, то это устройство не моделирует работу реального материала покрытия – асфальтобетона.

Нашей задачей является снижение трудоемкости способа испытания и создание устройства, моделирующего реальную работу и материал дорожной одежды и позволяющего испытать АП из стеклосеток на внецентренное растяжение [5].

Поставленная задача достигается тем, что в предложенный способ определения работоспособности армирующих прослоек в покрытиях нежестких дорожных одежд, включающем моделирование температурных напряжений в блочном основании дорожных одежд, передачу от разрывной машины и измерение усилий в образце с замером линейной деформации образца, введены отличия, заключающиеся в том, что после замера усилий и деформации определяются коэффициент армирования покрытия армирующими прослойками (K_a) и их возможность поглощать растягивающие температурные напряжения путем локального снижения коэффициента сцепления (f) между слоями покрытия. Предлагаемый способ не требует дорогостоящей и сложной аппаратуры (морозильная камера) и за счет упрощения процедуры определения искоемых параметров значительно снижает трудоемкость их получения.

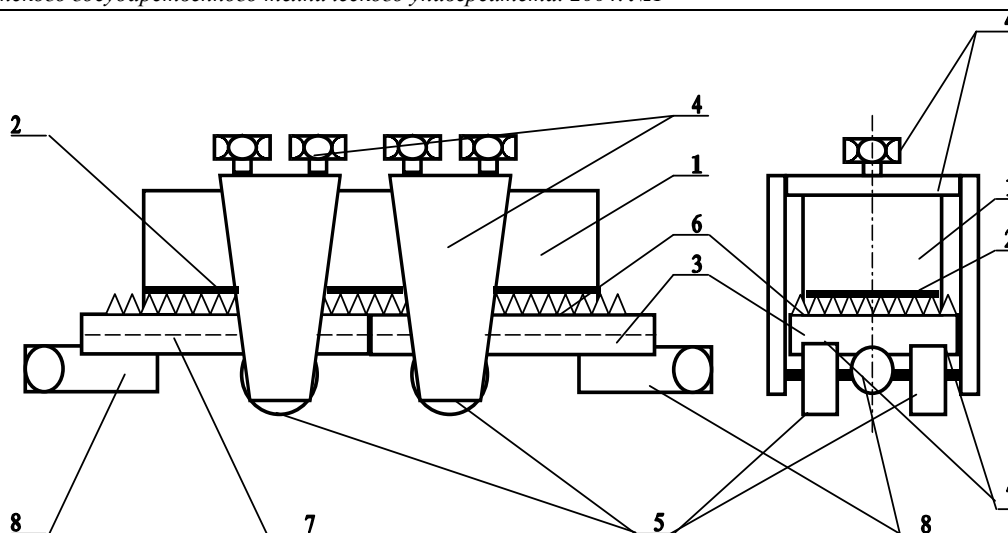


Рис. 1. Общий вид испытательного устройства

Для осуществления этого способа предложено устройство, общий вид которого изображен на рисунке 1.

Испытательное устройство включает испытываемый образец 1 со стеклосеткой 2 или без нее, раздвижные детали 3 и прижимные части 4, отличающиеся тем, что испытываемый образец 1 изготовлен из асфальтобетона, каждая прижимная часть снабжена опорой в виде шарикоподшипникового ролика 5, а металлические раздвижные детали 3 имеют искусственную шероховатость 6, при этом раздвижные детали 3, имеющие пазы 7 для свободного перемещения в плоскости испытания образца 1 относительно опор в виде шарикоподшипниковых роликов 5, позволяют испытать его на внецентренное растяжение.

Эффект испытания на внецентренное растяжение достигается тем, что прижимные части 4 жестко обжимают верхнюю часть образца 1, в то время как растягивающее усилие заставляет раздвижные детали 3 путем сцепления шероховатостей 6 с нижней частью образца 1 передавать нагрузку на стеклосетку 2, вызывая ее деформацию. Создающийся момент сил приводит к внецентренному растяжению составного образца, относительно нейтральной линии которого нагрузка прилагается с эксцентриситетом 0,5 высоты образца.

Определение работоспособности армирующих прослоек состоит в моделировании температурных напряжений в блочном основании дорожных одежд путем передачи от разрывной машины и измерения минимальных усилий, разрушающих серии специально изготовленных асфальтобетонных образцов (в дальнейшем – образцов) при их статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки, измерения линейной деформации образцов и вычислении напряжений в материале образцов при этих усилиях (прочности) в предположении его упругой работы.

Испытания как основных, так и контрольных образцов проводят с одними и теми же требованиями.

По каждой серии основных образцов получают среднее значение прочностных показателей асфальтобетона R_{oc} , по каждой серии контрольных образцов получают среднее значение прочностных показателей асфальтобетона R_k .

По полученным данным определяют коэффициент армирования покрытия для каждого рулонного материала, использующегося в качестве армирующей прослойки по формуле

$$K_a = \frac{R_{oc}}{R_k}, \quad (6)$$

где K_a – коэффициент армирования покрытия трещинопрерывающей прослойкой.

По такой же методике можно получить и коэффициент сцепления (f) слоев конструкции, который вычисляется как отношение величины удлинения нижних частей контрольных образцов (d_k) к величине удлинения нижних частей основных образцов (d_{oc}) в каждой серии по формуле

$$f = \frac{d_k}{d_{oc}}, \quad (7)$$

Подставляя полученные значения в (5), расчетом определяют толщину асфальтобетонного слоя усиления дорожной одежды по критерию ее температурной трещиностойкости.

Полученные результаты были использованы в ходе разработки нормативного документа - «Рекомендаций по расчету и технологии устройства конструкций усиления дорожных одежд нежесткого типа, снижающих образование отраженных трещин» и применены при реконструкции участка автомобильной дороги Р-84 «Тельмы – Козловичи» км 5,0 - 6,0.

Анализ состояния конструкции усиления дорожной одежды, проведенный после 1,5 лет эксплуатации, засвидетельствовал отсутствие дефектов и подтвердил пригодность новой методики для применения в расчетах и проектировании усиления дорожных конструкций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Яромко В.Н. Реабилитация дорожных покрытий. – Минск: БелдорНИИ, 2002. – 106 с.
2. Провести исследования и разработать рекомендации по снижению отраженного трещинообразования при реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием: Отчет о НИР (заключит.) / БелдорНИИ, - Минск, 2003. – 116 с.
3. Смыковский А.И. Разработка нового метода контроля эффективности работы трещинопрерывающих прослоек // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов/Сб. научн. тр. Вып.15, Минск 2003. – С. 175-187.
4. Перков Ю.Р., Фомин А.П. Применение трещинопрерывающих прослоек из геотекстильных материалов при усилении дорожной одежды // Сб. научн.тр./ГП РОСДОРНИИ, Вып.8,1996.- С. 109-117.
5. Бусел А.В., Климбасов А.В., Смыковский А.И. Предотвращение развития отраженных трещин на дорожных покрытиях // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов./Сб. научн. тр. Юбилейный выпуск – 40 лет БелдорНИИ. – Минск: БелдорНИИ, 2002. – С. 18-27.