

А. И. Смыковский, канд. техн. наук, зам. начальника дорожного управления,
Государственное предприятие «БелдорНИИ»

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ КОНСТРУКЦИЙ УСИЛЕНИЯ НЕЖЕСТКИХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД, АРМИРОВАННЫХ ГЕОСЕТКАМИ

Well-known methods of calculation of roads constructions don't take into account the influence of arming elements. This hampers the choice an application of material arming layers.

The main parameter of suitability of geonets is ability for increase the durability of road surfacing because of its arming.

We offer a methodic of calculation of roads constructions with according their temperature of steadieness, where're used parameters of capacity for work of geonets. These parameters are determined with the new methodic on the special equipments.

Введение. Прочность и долговечность асфальтобетонных покрытий определяются стабильностью физико-механических и химических свойств асфальтобетона и степенью их соответствия эксплуатационному режиму работы материала в составе конструкции.

Известно, что одной из важнейших эксплуатационных проблем является обеспечение трещиностойкости дорожных покрытий. По имеющимся данным, до 80% протяженности дорог имеют поперечные трещины, причем у 20% ширина раскрытия более 5 мм, и являются сквозными. Данный дефект прямым образом влияет на режим работы покрытия, приводя к очевидному ухудшению технико-эксплуатационных параметров дорожных одежд [1].

Армирование асфальтобетонных конструкций рулонными материалами является одним из методов обеспечения долговременной работоспособности дорожных одежд при их усилении.

До недавнего времени основным методом, использовавшимся для снижения вероятности образования трещин, был метод усиления существующих конструкций новыми слоями асфальтобетона значительной толщины, что приводило к удорожанию ремонтных мероприятий, а ожидаемый эффект был не всегда достигим.

Исследованиями, проводившимися в странах Западной Европы и США, было установлено, что применение рулонных материалов в качестве армирующих прослоек (АП) позволяет не только снизить затраты на строительство за счет снижения материалоемкости работ, но и получить ожидаемый эффект в виде увеличения межремонтных сроков за счет улучшения технико-эксплуатационных показателей дорожных одежд.

Предпосылки разработки метода расчета трещиностойких конструкций усиления. В Республике Беларусь вопросами трещиностойкости асфальтобетона, и в частности снижения образования отраженных трещин, занимался, главным образом, д-р техн. наук Яромко В. Н., разработки которого были применены при реконструкции автомобильной дороги М1/Е30

европейского значения, что является подтверждением возможности применения методики расчета эффективности использования АП в дорожном строительстве.

Методика Яромко В. Н. основывается на сопоставлении косвенных данных (прирост 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 $L = 1$ 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.

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 длины блока основания, и сцеплением слоев; σ''_{T_0} – растягивающие напряжения в новом покрытии, возникающие на участке $l_{\text{пр}}$ над трещиной, где устроена армирующая прослойка и снижено сцепление между покрытием и основанием.

Было установлено, что отраженных трещин в асфальтобетонном покрытии не образуется, если выполняется условие:

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

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

При последовательном определении необходимых параметров в формуле (2) Корюковым В. П. была получена зависимость для расчета толщины асфальтобетонного слоя усиления дорожной одежды по критерию температурной трещиностойкости:

$$h = \frac{E_o h_o \Delta l \left(1 - \frac{l_{\text{пр}}}{l}\right)}{\left(R^0 - \alpha_{\text{п}} \cdot \alpha_{\text{п}} T \cdot \Delta E - \alpha_o \cdot \alpha_o T \cdot \Delta f \frac{l_{\text{пр}}}{l} l\right)}, \quad (4)$$

где E_o , $E_{\text{п}}$ – модули остаточной деформации асфальтобетонного основания и покрытия; h_o – толщина асфальтобетонного трещиноватого основания; Δl – ширина раскрытия трещин в асфальтобетонном основании; $l_{\text{пр}}$ – ширина АП; l – длина асфальтобетонного блока в основании; $\alpha_{\text{п}}, \alpha_o$ – коэффициенты линейной температурной деформации асфальтобетонного покрытия и основания; R^0 – предел прочности асфальтобетона при растяжении при температуре 0°C ; $\Delta T_{\text{п}}$, ΔT_o – максимальная суточная амплитуда колебания температуры соответственно на поверхности покрытия и основания; f – коэффициент сцепления между слоем усиления с АП и асфальтобетонным основанием.

Разработанная Корюковым В. П. методика имеет ряд преимуществ.

1. Требуемый 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 затруднено.

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.

При этом экономические затраты на устройство экспериментальных участков довольно значительны, а эффект от применения конкретного технического решения нередко ниже ожидаемого.

Разработка новой методики расчета конструкций усиления. Для устранения этого недостатка допустим, что основным параметром, определив который, можно с достаточной долей уверенности говорить о пригодности использования АП в конструкциях 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.

Армирующую способность прослоек можно определить через отношение прочностных показателей армированного покрытия к неармированному с получением коэффициента усиления покрытия (K).

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 называют коэффициентом сцепления и обозначают (f).

В нашем случае, по аналогии с определением коэффициента усиления 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 «про-

скользыть» армированного слоя усиления должна быть выше, чем у неармированного).

Поскольку параметр R^o в формуле (4) зависит не только от свойств асфальтобетона, применяемого для устройства слоев усиления, но и от армирующей способности применяющихся АП, то для корреляции параметров R^o 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:

$$h = \frac{E_o h_o \Delta l \left(1 - \frac{l_{np}}{l}\right)}{\left(RK_a \cdot \zeta E_n \alpha_n T \Delta_n E_o \alpha_o T \Delta_o \frac{l_{np}}{l} l\right)}. \quad (5)$$

В целях приведения условий испытаний по методу определения работоспособности армирующих прослоек к стандартному методу определения предела прочности асфальтобетона при растяжении ($T = 0^\circ\text{C}$) и для соответствующей корреляции получаемых результатов были испытаны образцы асфальтобетона при 0°C по стандартной методике и ($T = 20^\circ\text{C}$) по новой методике.

После обработки и анализа полученных результатов (рис. 1–2) в соответствии с теорией случайных ошибок было установлено, что для достижения точности не менее 10% с вероятностью 0,95 необходимо, чтобы коэффициент приведения (ζ) был равен 0,85.

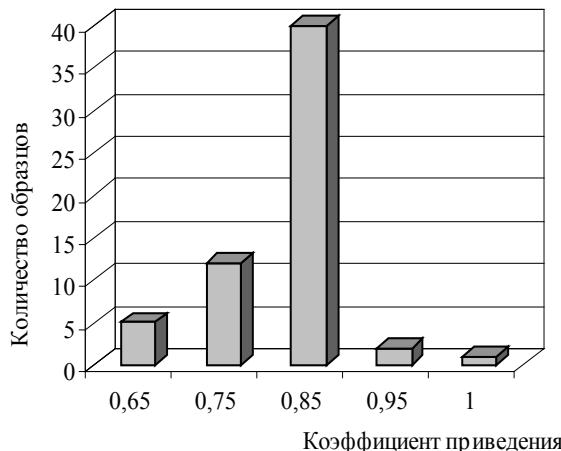


Рис. 1. Определение коэффициента приведения ζ

Для определения параметров работоспособности армирующих прослоек K_a и f была разработана специальная методика, позволяющая в лабораторных условиях смоделировать работу слоев усиления на трещиновато-блочном основании и получить необходимые данные [2].

По данной методике был испытан ряд геосеток, применяющихся в дорожной отрасли Республики Беларусь.

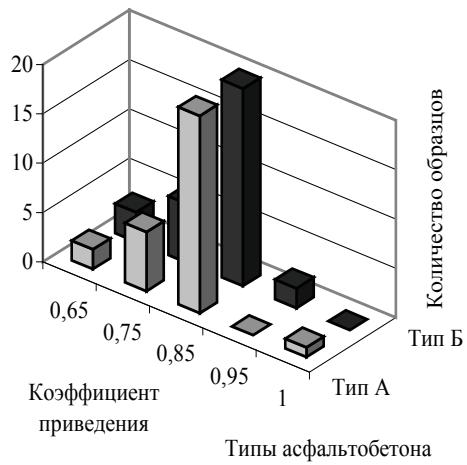


Рис. 2. Определение коэффициента приведения ζ

Результаты испытания приведены в табл. 1.

Таблица 1
Результаты лабораторных испытаний АП

Вид материала	Коэффициент усиления K_a	Коэффициент сцепления f
1. Геосетка «Хателит» (Германия)	1,75	0,81
2. Стеклосетка «Армадор» (Россия)	1,63	0,82
3. Стеклосетка «ССДор-200» (Беларусь)	1,58	0,83

Опытная проверка методики расчета. Для опытной проверки работоспособности конструкций усиления нежестких дорожных одежд, рассчитанных по методике, реализованной через формулу (5), была разработана программа опытно-технологических работ по устройству конструкций усиления, снижающих образование отраженных трещин.

В соответствии с данной программой в 2002 г. на автомобильной дороге М1/Е30 (трансевропейский транспортный коридор) был построен опытный участок дороги. При проведении опытных работ исследованы следующие вопросы:

- отработка технологии проведения мероприятий предупреждению отраженных трещин;
- проверка эффективности предлагаемых технических решений.

Для проведения опытных работ был выбран участок дороги по следующим критериям:

- наличию на асфальтобетонном покрытии поперечных явно выраженных температурных трещин;
- расстоянию между трещинами и ширине их раскрытия;
- отсутствию деформаций, связанных с недостаточной прочностью конструкции.

Опытный участок состоит из 4 опытных секций и одной контрольной секции.

Протяженность каждой секции назначали из условия, что на ней находится не менее пяти поперечных температурных трещин в существующем покрытии.

Секция № 1 – контрольная, предполагала устройство конструкции усиления по традиционной технологии.

На секции № 2 устроили трещинопрерывающую прослойку из стеклосетки и устроили традиционную конструкцию усиления.

На использованные решения получен патент на изобретение [3].

Результаты визуального обследования приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты визуального обследования опытного участка

Участок	Длина, м	Количество трещин, шт.	% проявившихся трещин	Макс. ширина трещин, мм
Участок покрытия до ремонта				
Секция № 1	100	28	–	22,0
Секция № 2	100	29	–	
Участок покрытия после ремонта и эксплуатации в течение				
1 года (2004 г.)				
Секция № 1	100	5	17,9	1,0
Секция № 2	100	1	3,4	0,2
2 лет (2005 г.)				
Секция № 1	100	12	42,9	3,0
Секция № 2	100	3	10,3	0,5
3 лет (2006 г.)				
Секция № 1	100	24	85,7	10,0
Секция № 2	100	8	27,5	2,0

Обследование опытного участка после шести месяцев, после 1,5 года и после 3 лет эксплуатации показало, что он находится в удовлетворительном состоянии, серьезных дефектов на покрытии не обнаружено.

Отмечено, что на соседних участках покрытия, где не применялись геосетки, после 1,5 лет эксплуатации проявились трещины на месте трещин в старом покрытии [4].

Заключение. Применение армирования конструкций усиления нежестких дорожных одежд геосетками позволяет достичь снижения количества трещин (не менее чем в 3 раза) и снижения ширины их раскрытия – не менее чем в 5 раз.

Литература

1. Кретов, В. А. Отраженное трещинообразование в асфальтобетонных покрытиях / В. А. Кретов, Е. Л. Крамер, А. В. Руденский // Наука и техника в дорожной отрасли. – 1998, № 1. – С. 3–6.

2. Смыковский, А. И. Разработка нового метода контроля эффективности работы трещинопрерывающих прослоек / А. И. Смыковский // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог и мостов: сб. науч. тр. – Минск: БелдорНИИ, 2003. – Вып.15. – С.175–186.

3. Способ усиления нежесткой дорожной одежды (варианты): пат. № 8167 Республики Беларусь / В. П. Корюков, А. И. Смыковский; опубл. 03.03.2006. Заявка Республики Беларусь № a20020789, 2002 г.

4. Смыковский, А. И. Усиление асфальтобетонных дорожных покрытий армированием геосетками: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А. И. Смыковский; Белорус. гос. технол. ун-т. – Брест, 2005. – 23 с.