УДК 625.855.3

ЭВОЛЮЦИЯ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ВЫНОСЛИВОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Канд. техн. наук **Г.С. Бахрах**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)
Конт. информация: bakhrakh35@mail.ru

Рассмотрены различные методы усталостного испытания асфальтобетона в США. Отмечено, что в отечественных нормативных документах такое испытание отсутствует. В последнее время исследования направлены на уточнение критериев, позволяющих предсказывать срок службы пакета монолитных асфальтобетонных слоев. Представляется обнадеживающим возможность замены циклического испытания монотонным испытанием для определения показателя усталостной чувствительности асфальтобетона.

Ключевые слова: *испытания асфальтобетона на усталость, податливость при ползучести, динамический модуль упругости, выносливость, полукруглый изгиб.*

Функциональное назначение любого дорожного покрытия – предотвратить или снизить в первую очередь накопление остаточных деформаций в грунте. Для этого оно должно по возможности сохранять монолитность в течение срока службы.

Практика показывает, что по мере эксплуатации прочность дорожной одежды снижается. Это связано главным образом с возникновением в подошве пакета монолитных асфальтобетонных слоев усталостных трещин, которые под воздействием растягивающих усилий от проезда транспорта распространяются к поверхности покрытия.

С позиций механики разрушения в вершине трещины растягивающие напряжения существенно возрастают, причем, чем трещина ближе к поверхности, тем они выше. Продвижению трещин сопротивляется битум, склеивающий зерна асфальтобетона.

В работе **[1]** схематично был показан механизм разрыва связей в битумных прослойках при циклическом нагружении.

Так как в подошве нижнего асфальтобетонного слоя, укладываемого на щебеночное основание, всегда присутствуют раковины, то они и являются зародышами усталостных трещин.

Следовательно, срок службы дорожной одежды определяется в основном не временем зарождения трещин, а временем их продвижения.

При прочих равных условиях в начале эксплуатации дороги наибольшее значение в динамике усталостного растрескивания асфальтобетона оказывает сопротивление битума разрыву связей на молекулярном уровне. Но когда трещина слегка подросла, превалирующую роль начинает играть растягивающее напряжение в ее вершине. Более подробно усталостное растрескивание покрытия с позиций механики разрушения было рассмотрено автором данной статьи в работе **[2]**. В 70-е годы XX века это направление развивалось под руководством К. Меджидзаде **[3]**.

В 2009 г. Национальным центром асфальтовых технологий (NCAT[1]) США было выпущено 3-е издание руководства «Горячие асфальтобетонные смеси, материалы, подбор составов смесей и строительство автомобильных дорог», переведенное на русский язык **[4]**. В этом документе, в частности, рассмотрены лабораторные методы испытания асфальтобетона на усталость. Испытание на усталость образцов-балочек при изгибе, ставшее популярным благодаря исследованиям С.Л. Монисмита и Дж.А. Дикона (C.L. Monismith and J.A. Deacon, 1969), до сих пор используют для моделирования изгиба асфальтобетонного слоя в механико-эмпирическом методе проектирования (MEPDG[2]). Заметим, что применение этого метода испытания в России началось с 70-х годов XX века в Гипродорнии под руководством А.В. Руденского. Позднее, в проектах Национальной кооперативной дорожно-исследовательской программы – NCHRP[3]1-28 и 1-28A был разработан метод IDT[4]. При этом испытании цилиндрический образец подвергается циклическому сжимающему напряжению по образующей в режиме нагружения с контролируемым напряжением. Испытание проводят на установке для эксплуатационного испытания асфальтобетонных смесей AMPT[5]. Она представляет собой гидромашину с сервоприводом и системой управления с обратной связью для приложения синусоидальных нагрузок. Для определения деформаций образца, перпендикулярной и параллельной его образующей, используют прибор LVDT[6], который устанавливают на торцевой поверхности образца. Эта система разработана в рамках проекта NCHRP 1-28. Кеннеди и др. (Kennedy and others, 1997), проводя IDT-испытания, получили самую низкую выносливость образцов по сравнению с испытанием образцов-балочек.

---

[1] англ. NCAT – National Center for Asphalt Technology.
[2] англ. MEPDG – Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide.
[3] англ. NCHRP – National Cooperative Highway Research Program.
[4] англ. IDT – Indirect Tensile Test – косвенное испытание на усталость при растяжении).
[5] англ. AMPT – Asphalt Mixture Performance Tester.
[6] англ. LVDT – Linear Variable Differential Transformer – дифференциальный трансформатор для измерения линейных перемещений.

Главным ограничением моделей прогнозирования усталости является значительное количество времени, требуемое для определения усталостных характеристик образцов смеси. Только для одного значения температуры оно может превысить две недели. Альтернативный подход – *испытание на простое растяжение* **[3]**. Но оно связано с наклеиванием торцевых пластин специальным клеем и требует точного центрирования образцов.

IDT-испытание позволяет определить прочностные свойства асфальтобетона, необходимые для оценки характеристик его усталостного растрескивания с позиций механики разрушения:

- модуль упругости;
- параметры степенной зависимости податливости при ползучести;
- прочность при растяжении;
- рассеянную энергию деформации ползучести до разрушения DCSE[7].

Метод испытания на растяжение при ползучести регламентирован AASHTO T 322 (1996 г.). Он заключается в приложении статической нагрузки по поперечной оси образца. Горизонтальные и вертикальные деформации вблизи центра образца используют для расчета податливости при ползучести при растяжении как функцию времени. Нагрузки выбирают для поддержания горизонтальных деформаций в линейном диапазоне (в основном ниже $5 \cdot 10^{-4}$ мм/мм). С целью измерения вертикальных и горизонтальных деформаций на двух торцевых поверхностях образца устанавливают по два измерительных устройства LVDT. Для образца диаметром (150 ± 9) мм длина замеров (база) составляет (38,0 ± 0,2) мм. Полагают, что составы смесей, образцы из которых выдерживают большие деформации, обладают большим сопротивлением растрескиванию. После испытания на ползучесть определяют прочность на растяжение при скорости деформирования 12,5 мм/мин. В **[4]** приводятся формулы для определения податливости при ползучести и схема определения порога DCSE из работы Рока и др. (Roque and others, 2004).

Рис (Rees, 1997) предложил в качестве критерия разрушения верхний предел снижения *фазового угла*[8].

Еще одно направление в данной области, представленное Ван Дийком и др. (Van Dijk and others, 1972, 1977) – исследование *диссипа-*

---

[7] англ. DCSE – Dissipated Creep Strain Energy.

[8] Фазовый угол при циклических испытаниях образца зависит от частоты нагружения и запаздывания по времени между максимальным напряжением и максимальной деформацией.

ции энергии[9]. Диссипативная энергия складывается из энергии вязкоупругого затухания и энергии нарастающего повреждения материала в результате деформаций или образования трещин. Но как разделить эти энергии? Гуслан и Карпентер (Ghuslan and Carpenter, 2000) попытались это сделать, полагая, что энергия вязкоупругого затухания в рамках диссипации энергии деформации в каждом цикле не изменяется вместе с историей нагружения. Лейтер с соавторами (Later and others, 2005) выявили устойчивую зону истории нагружения между отношением изменения диссипативной энергии (RDEC[10]) и числом циклов нагружения до разрушения. RDEC-подход продемонстрировал высокую корреляцию между значением RDEC в зоне устойчивости и числом циклов нагружения до разрушения. Но оказалось, что результат зависит от режима нагружения. В работе Шепери (Schapery, 1984) приводятся результаты исследований, связанных с понятием *диссипативной псевдодеформационной энергии* (DPSE[11]). Замена физической деформации на эквивалентную псевдодеформацию обеспечила исключение эффекта вязкоупругости. DPSE-модель (и ее упрощенная версия S-DPSE-модель) является основой механизма повреждения, при помощи которой имитируется поведение асфальтобетона при *монотонных* и *циклических* нагрузках.

В работах Кима и др. (Kim and others, Университет Северной Каролины, США, (2008) получила развитие *вязкоупругая модель непрерывного разрушения* (VEPCD[12]). Эта модель учитывает непрерывное повреждение асфальтобетона и влияние микротрещин на его поведение. Она была применена для прогнозирования усталостных характеристик покрытий. Реакцию деформаций прогнозировали с использованием программы трехмерного конечного элемента, рассматривающую асфальтобетонные слои как линейные вязкоупругие, а несвязные слои – как линейные упругие. Согласно мнению этих авторов, разрушение определялось как число циклов, при котором 20% полосы движения окажутся растрескавшимися. Результаты опытного моделирования показали хорошую корреляцию между прогнозируемыми и фактическими циклами, но в **[4]** отмечают, что для подтверждения этого вывода требуются дополнительные данные.

Модель VEPCD можно применять для прогнозирования усталости как на уровне материала, так и на уровне конструкции, утверждается в **[4]**. Несмотря на обилие подходов к поиску надежных критериев разрушения и его прогнозированию, исследования в этой области не

---

[9] Количественный показатель энергии, потребленной при накоплении повреждений.
[10] англ. RDEC – Reduced Dissipated Energy Change.
[11] англ. DPSE – Dissipated Pseudo Strain Energy.
[12] англ. VEPCD – Viscoelastoplastic Continuum Damage.

прекращаются. В большинстве экспериментальных работ рассматривают начальный этап растрескивания – зарождение трещин, так как исследование процесса их продвижения технически сложная задача. Лишь в нескольких работах была сделана попытка совместить оба процесса, в частности Вагонером (Wagoner and others, 2005; Wagoner, 2006).

Ундервуд и Ким (Underwood and Kim, 2012) продолжают развивать DPSE-подход (и его упрощенную версию S-DPSE-модель), являющийся, по их мнению, основной моделью механизма разрушения, которая может быть использована для интерпретации результатов как для *монотонного*, так и для *циклического* режимов испытания образцов.

Зенг с соавторами, включая Кима (Zhang and others, 2013), показали, что традиционный критерий (точка, в которой значение модуля упругости снижается до 50% от начального значения) не обеспечивает надежного предсказания выносливости (в противоположность усталости). На самом деле, после достижения этой точки образец может еще долго работать. Они развили новый энергетический критерий, представляющий область диссипации энергии при накоплении повреждений, чтобы можно было предсказать разрушение, эквивалентное падению фазового угла. Сделано было это применительно к испытанию методом IDT.

Мохаммедреза и Ким **[5]**, критикуя подход Риса, пишут, что снижение фазового угла может служить определением степени разрушения, но не предсказывать число циклов, при котором оно произойдет. Им удалось уточнить S-DPSE-модель и развить энергетический критерий разрушения G^R, облегчающий режим испытания при контролируемой деформации. Ранее используемый критерий требовал испытаний при многих температурах и разных режимах нагружения, а предложенный – только при одной температуре и одном режиме нагружения. Выносливость асфальтобетона может прогнозироваться испытанием по определению *динамического модуля* и циклическими испытаниями методом IDT при трех-четырех амплитудах деформации.

Так как в отечественной практике динамический модуль обычно не фигурирует, необходимо дать соответствующие пояснения. Такой модуль определяют путем приложения к образцу синусоидальной нагрузки и рассчитывают по формуле:

$$|E^*| = \sigma_0 / \varepsilon_0 \ , \qquad \textbf{(1)}$$

где

σ_0 – размах амплитуды напряжения;

ε_0 – размах амплитуды деформации.

Фазовый угол в радианах рассчитывают по формуле:

$$\varphi = 2\pi f \Delta_t \ , \qquad \textbf{(2)}$$

где

f – частота, Гц;

Δ_t – запаздывание по времени между напряжением и деформацией, с.

Динамический модуль и фазовый угол зависят от температуры и частоты нагружения. Эти характеристики основаны на концепции *температурно-временной суперпозиции.* В настоящее время существует три метода испытания для определения динамического модуля. Двумя из них предусматривается испытание цилиндрических образцов на сжатие (AASHTO TP 62, 2007), а третий метод – по протоколу AMPT (2008) – позволяет упростить испытание. В TP 62 испытание проводят при пяти температурных и шести частотных значениях, а по протоколу AMPT – только при трех температурных значениях. Определение динамического модуля привлекло к себе внимание исследователей после включения его в документ MEPDG.

В 2010 г. Брахам и др. (Braham and others) впервые провели испытание балочки с надрезом **[6]**, показавшее рост энергии разрушения. Однако по результатам данного исследования не удалось определить количественный вклад второго процесса.

В **[4]** рассмотрено испытание на *полукруглый изгиб* (SCB[13]) по данным Ли и Марастенау (Li and Marastenau, 2004), для определения *жесткости, вязкости разрушения* и *энергии разрушения*. Цилиндрические образцы диаметром 150 мм распиливают на диски толщиной 25 мм, которые, в свою очередь, распиливают пополам, получая SCB-образцы. Продвижение трещины и степень ее раскрытия по мере роста нагрузки фиксируют при помощи тензометров. Испытание проводят в режиме постоянной скорости раскрытия трещины. По результатам испытания строят график изменения нагрузки в зависимости от вертикального перемещения образца. Вязкость разрушения рассчитывают как коэффициент интенсивности напряжений для трещины, который соответствует пиковой нагрузке, с приведением соответствующих формул.

Интерес представляет работа **[7]**, выполненная под руководством Кима. В ней усталостным испытаниям на разлом подвергались SCB-образцы из мелкозернистого асфальтобетона *с надрезом* разной геометрии. Схема испытания образца показана на **рис. 1**.

[13] англ. SCB – Semi-circular bend.

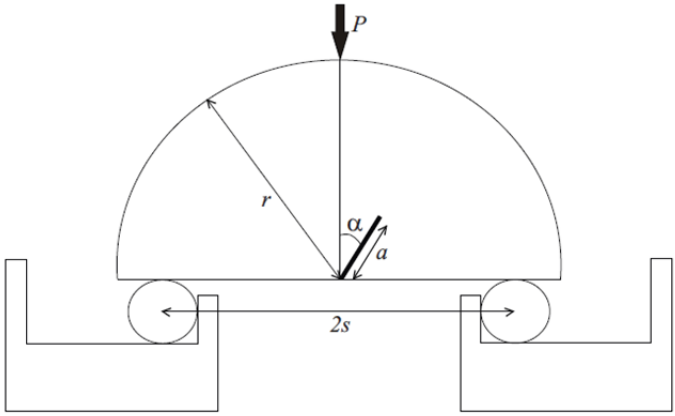

Рис. 1. Схема испытания полукруглой балочки с надрезом

Испытание проводили при температуре 21 °С монотонным нагружением со скоростью 10 мм/мин. Этот метод испытания позволяет исследовать как процесс зарождения, так и процесс продвижения трещины. О выносливости образца судили по времени появления пика нагрузки. Наименьшее сопротивление показали образцы с вертикальным надрезом и расстоянием между катками 122 мм и меньше. Время до появления пика нагрузки в первом режиме нагружения (зарождение трещины) оказалось на 6 ч меньше, чем во втором (продвижение трещины).

Анализируя приведенный обзор, можно заметить стремление исследователей США к поиску методов испытания асфальтобетонных образцов, которые позволяют проследить процессы как зарождения, так и продвижения магистральной трещины. В последнее время исследования направлены на уточнение критериев, позволяющих предсказывать срок службы пакета монолитных асфальтобетонных слоев.

Обращают на себя внимание также попытки заменить циклические испытания испытаниями при ползучести. В.А. Золотарев **[8]** полагает, что для определения степени пластичности m[14] циклическое нагружение можно заменить постоянным нагружением (ползучестью) при изгибе и в доказательство приводит график сравнения соответствующих временных зависимостей из работы Брауна (Brown, 1977, Франция), которые практически совпадают. С другой стороны, в работе **[1]**

[14] m – показатель усталостной чувствительности материала к уровню нагружения в известном уравнении выносливости.

автор данной статьи показывает принципиальное отличие механизмов разрыва связей при монотонном и циклическом испытаниях. Хотя, возможно и совпадение коэффициентов нелинейности. Следует только иметь в виду, что изменение m всего на 0,01 приводит к изменению числа циклов до разрушения на 10^5.

В европейских стандартах технические характеристики асфальтобетона определяют с использованием следующих методов испытания:

- образцов-призм на консольный изгиб;
- циклическое сжатие, циклическое растяжение;
- циклическое косвенное растяжение (метод IDT).

В **[9]** приводятся результаты исследований влияния состава асфальтобетона на его усталостные свойства с использованием метода IDT. В ФРГ он регламентирован инструкцией **[10]**. Обычно за критерий усталости принимают число циклов до появления магистральной трещины. Хопмен с соавторами (Hopman and others, 1989) предложили вместо него использовать коэффициент диссипации энергии E_R (о чем писалось выше). В процессе испытания строят кривую зависимости жесткости образца от числа циклов $E(N)$ в Н/мм^2.

В действующих отечественных нормах **[11]** определение динамического модуля упругости и усталостные испытания асфальтобетона отсутствуют. Недавно ООО «Инновационный технический центр» был разработан документ **[12]**, в котором описываются различные методики определения выносливости асфальтобетона, включая метод IDT. Оценка выносливости нужна в исследовательских целях. В ОДМ **[12]** справедливо указано, что этот параметр необходим для возможности сравнения асфальтобетонных смесей с точки зрения их работы в покрытии.

Автор данной статьи придерживается *сопоставительного* подхода оценки срока службы дорожной одежды с асфальтобетонными слоями **[1]**, в котором используется известное уравнение:

$$N_n = (R_ц/\sigma)^m \quad , \qquad \textbf{(3)}$$

где

N_n – число циклов нагружения лабораторного образца до разрушения;

$R_ц$ – одноцикловая прочность материала монолитного нижнего слоя покрытия, включающая коэффициент перехода от лабораторного образца к покрытию, МПа;

σ – максимальное растягивающее напряжение при изгибе в подошве рассматриваемого слоя от колеса расчетного автомобиля, МПа;

m – показатель усталостной чувствительности материала к уровню нагружения.

При принятых условиях испытания параметры R_u и m, а также модуль упругости E, от которого зависит параметр σ, отражают фундаментальные свойства материала. В частности, изменение вязкости битума и его содержания в асфальтобетоне, а также содержания минерального порошка приводит к изменению значений указанных параметров, а, следовательно, и к изменению срока службы асфальтобетонного покрытия (подробнее см. в **[13]**).

Следует отметить, что наиболее трудоемким является определение показателя m. Поэтому возможность замены циклического нагружения испытанием при ползучести представляет несомненный интерес.

ВЫВОДЫ

1. Рассмотрение современных методов оценки выносливости асфальтобетона показывает, что они базируются по-прежнему в основном на циклических испытаниях лабораторных образцов.
2. Метод косвенного испытания на усталость при растяжении получает все большее распространение в США.
3. Возможность замены циклического испытания монотонным испытанием для определения показателя усталостной чувствительности представляется обнадеживающим.
4. Лабораторные исследования в США с целью объединения процессов зарождения магистральной трещины и ее роста для предсказания выносливости покрытия кажутся малоперспективными, так как в подошве нижнего монолитного слоя, в отличие от лабораторных образцов, имеются раковины – зародыши магистральных трещин.
5. Для сравнения выносливости различных составов асфальтобетона интерес представляет испытание на разлом полукруглых образцов с надрезом.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бахрах Г.С. Подход к определению срока службы асфальтобетонного покрытия / Г.С. Бахрах // Дороги и мосты. – 2014. – Вып. 32/2. – С. 250-263.*

2. *Бахрах Г.С. Подход к проблеме выносливости асфальтобетонных покрытий с позиций механики разрушения / Г.С. Бахрах / Науч. тр. Гипродорнии. – 1982. – Вып. 35. – С. 12-26.*

3. *Majidzadeh K. Fatigue and Fracture of a Bituminous Paving Mixture / K. Majidzadeh, A.T. Chan, D.V. Ramsamooj // Highway Research Record. – 1970. – № 313. – PP. – 44-54.*

4. *Горячие асфальтобетонные смеси, материалы, подбор составов смесей и строительство автомобильных дорог в Северной Америке. Передовой зарубежный опыт / Росавтодор / NCAT / NAPA. – 3-е издание. – Пер. с англ. яз. – 2009. – 411 с.*

5. *Mohammadreza S. Development of a Failure Criterion for Asphalt Mixtures under Different Modes of Fatigue Loading / S. Mohammadreza, Y.R. Kim // TRR. – 2014. – № 2447. – Vol. 4. – PP. 117-125.*

6. *Braham A.F. Laboratory Mixed-Mode Cracking of Asphalt Concrete Using the Single-Edge Notch Beam / A.F. Braham, W. Battler, F. Ni // Road Materials and Pavement Design. – 2010. – № 4. – Vol. 11. – PP. 947-968.*

7. *Soohyok I. Mode-Dependent Fracture Behavior of Asphalt Mixtures with Semicircular Bend Test / I. Soohyok, H. Ban, Y.R. Kim // TRR. – 2014. – № 2447. – Vol. 4. – PP. 23-30.*

8. *Золотарев В.А. Время как критерий оценки долговечности асфальтовых материалов / В.А. Золотарев // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2012 . – № 2. – С. 14-17.*

9. *Dragon I. Influence of the Composition of the Asphalt Mixtures on their Fatigue Performance / I. Dragon. – 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress. – 3-15th June 2012, Istanbul. – A5EE-222.*

10. *AL Sp-Asphalt 09: Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Steifigkeits- und Ermüdungsverhaltens von Asphalten mit dem Spaltzug-Schwellversuch als Eingangsgrőβe in die Dimensionierung / FGSV Verlag GmbH. – Kőln. –2009. – 31 S.*

11. *ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний. – Введ. 1999-01-01. // Меганорм [веб-сайт]. – Электрон. дан. – URL: http://meganorm.ru/Index2/1/4294850/4294850762.htm (дата обращения: 12.10. 2016).*

12. *ОДМ 218.3.018-2011. Методические рекомендации по определению усталостной долговечности асфальтобетонных покрытий. Изд. на основании распоряжения Федерального дорожного агентства от 29.12.2011 N 1034-р. // Техэксперт [веб-сайт]. – Электрон. дан. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200089961 (дата обращения: 12.10. 2016).*

13. *Бахрах Г.С. Влияние расчетных параметров на срок службы дорожной одежды с асфальтобетонным покрытием / Г.С. Бахрах // ДОРОГИ И МОСТЫ. – 2009. – Вып. 22/2. – С. 121-135.*

L I T E R A T U R A

1. *Bahrah G.S. Podhod k opredeleniju sroka sluzhby asfal'tobe-tonnogo pokrytija / G.S. Bahrah // Dorogi i mosty. – 2014. – Vyp. 32/2. – S. 250-263.*

2. *Bahrah G.S. Podhod k probleme vynoslivosti asfal'tobetonnyh pokrytij s pozicij mehaniki razrushenija / G.S. Bahrah / Nauch. tr. Giprodornii. – 1982. – Vyp. 35. – S. 12-26.*

3. *Majidzadeh K. Fatigue and Fracture of a Bituminous Paving Mixture / K. Majidzadeh, A.T. Chan, D.V. Ramsamooj // Highway Research Record. – 1970. – № 313. – PP. – 44-54.*

4. *Gorjachie asfal'tobetonnye smesi, materialy, podbor sostavov smesej i stroitel'stvo avtomobil'nyh dorog v Severnoj Amerike. Peredovoj zarubezhnyj opyt / Rosavtodor / NCAT / NAPA. – 3-e izdanie. – Per. s angl. jaz. – 2009. – 411 s.*

5. *Mohammadreza S. Development of a Failure Criterion for Asphalt Mixtures under Different Modes of Fatigue Loading / S. Mohammadreza, Y.R. Kim // TRR. – 2014. – № 2447. – Vol. 4. – PP. 117-125.*

6. *Braham A.F. Laboratory Mixed-Mode Cracking of Asphalt Concrete Using the Single-Edge Notch Beam / A.F. Braham, W.Battler, F. Ni // Road Materials and Pavement Desighn. – 2010. – № 4. – Vol. 11. – PP. 947-968.*

7. *Soohyok I. Mode-Dependent Fracture Behavior of Asphalt Mixtures with Semicircular Bend Test / I. Soohyok, H. Ban, Y.R. Kim // TRR. – 2014. – № 2447. – Vol. 4. – RR. 23-30.*

8. *Zolotarev V.A. Vremja kak kriterij ocenki dolgovechnosti as-fal'tovyh materialov / V.A. Zolotarev // Nauka i tehnika v dorozhnoj otrasli. – 2012 . – № 2. – S. 14-17.*

9. *Dragon I. Influence of the Composition of the Asphalt Mixtures on their Fatigue Performance / I. Dragon. – 5th Euroasphalt & Eurobitume Congress. – 3-15th June 2012, Istanbul. – A5EE-222.*

10. *AL Sp-Asphalt 09: Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Steifigkeits- und Ermüdungsverhaltens von Asphalten mit dem Spaltzug-Schwellversuch als Eingangsgrőβe in die Dimensionierung / FGSV Verlag GmbH. – Kőln. –2009. – 31 S.*

11. *GOST 12801-98. Materialy na osnove organicheskih vjazhushhih dlja dorozhnogo i ajerodromnogo stroitel'stva. Metody ispytanij. – Vved. 1999-01-01. // Meganorm [veb-sajt]. – Jelektron. dan. – URL: http://meganorm.ru/Index2/1/4294850/4294850762.htm (data obrashhenija: 12.10. 2016).*

12. *ODM 218.3.018-2011. Metodicheskie rekomendacii po opredele-niju ustalostnoj dolgovechnosti asfal'tobetonnyh pokrytij. Izd. na osnovanii rasporjazhenija Federal'nogo dorozhnogo agentstva ot 29.12.2011 N 1034-r. // Tehjekspert [veb-sajt]. – Jelektron. dan. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200089961 (data obrashhenija: 12.10. 2016).*

13. *Bahrah G.S. Vlijanie raschetnyh parametrov na srok sluzhby dorozhnoj odezhdy s asfal'tobetonnym pokrytiem / G.S. Bahrah // DOROGI I MOSTY. – 2009. – Vyp. 22/2. – S. 121-135.*

DEVELOPMENT OF METHODS FOR EVALUATIING ASPHALT CONCRETE ENDURANCE

Ph. D. (Tech.) ***G.S. Bakhrakh***
(FAI «ROSDORNII»)
Contact information: bakhrakh35@mail.ru

Different methods of asphalt concrete fatigue testing applied in USA are reviewed. It is noted that such testing is not available in Russian reference documents. Recently the researches have been focused on refinement of the criteria for forecasting of service life of monolithic asphalt concrete layers package. It seems to be possible to change cycle testing for monotonic testing to determine asphalt concrete fatigue sensitivity index.
Key words: *asphalt concrete fatigue testing, creep compliance, dynamic modulus of elasticity, endurance, semi-circular bend.*

Рецензент: д-р техн. наук А.В. Руденский (ФАУ «РОСДОРНИИ»).
Статья поступила в редакцию: 05.07.2016 г.