

УДК 625.85

• © В.А. Золотарев, докт. техн. наук, профессор (ХНАДУ)

# ОЦЕНКА ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ ЖИЗНИ АСФАЛЬТОБЕТОНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ СТАТИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

*Продолжение, начало в АУ № 1 за 2013 год*

**Аннотация.** Предложен новый аспект оценки долговечности асфальтобетонов по продолжительности его жизни под постоянно действующими нагрузками по принципу ползучести. Показано, что продолжительность жизни гораздо объективнее характеризует долговечность асфальтобетона, чем показатели прочности и модули упругости. Продолжительность жизни рассматривается как альтернативный показатель циклической усталости. Это утверждение основывается на соответствии значений коэффициентов пластичности асфальтобетонов при циклических и статических испытаний, при режимах загрузки и деформирования, при разных схемах напряженного состояния. Предложен ускоренный метод определения устойчивости асфальтобетонов, основывающийся на одновременном воздействии на асфальтобетон нагрузок и жидких агрессивных сред.

**Ключевые слова:** битум, асфальтобетон, усталость, продолжительность жизни, режимы механического воздействия, схемы напряженного состояния.

**Анотація.** Запропоновано новий аспект оцінки довговічності асфальтобетонів за тривалістю його життя під постійно діючими навантаженнями за принципом повзучості. Показано, що тривалість життя набагато об'єктивніше характеризує довговічність асфальтобетону, ніж показники міцності і модулі пружності. Тривалість життя розглядається як альтернативний показник циклової втоми. Це твердження ґрунтується на відповідності значень коефіцієнтів пластичності асфальтобетонів при циклічних і статичних випробуваннях, при режимах завантаження і деформування, при різних схемах напруженого стану. Запропоновано прискорений метод визначення стійкості асфальтобетонів, що ґрунтується на одночасному впливі на асфальтобетон навантажень та рідких агресивних середовищ.

**Ключові слова:** бітум, асфальтобетон, втома, тривалість життя, режими механічної дії, схеми напруженого стану.

**Annotation.** A new aspect of the assessment of durability of asphalt on Duration of his life under the constant influence of load on the principles grip. It is shown that the life expectancy is much more objective characterizes asphalt durability than indicators of strength and modulus of elasticity. Life expectancy is considered as an alternative measure of the cyclic fatigue. This is based on the values of the coefficients under asphalt ductility under cyclic and static tests, loading and deformation modes, with various schemes of the state of stress. We propose a rapid method of determining the stability of the asphalt, which is based on the simultaneous effect on asphalt concrete loads and liquid aggressive media.

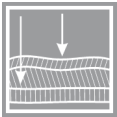
**Key words:** bitumen, asphalt, fatigue, life expectancy, modes of mechanical action, schemes stress.

## Идентичность сущности разрушения при циклических, статических нагружениях и различных схемах напряженно-деформированного состояния

Если исходить из того, что разрушение асфальтобетона обуславливается накоплением критических трещин, а точнее, вновь образовавшихся полых зон или поверхностей, то в конечном итоге время жизни отвечает этому моменту. Вопрос в том, будет ли время накопления этих дефектов зависеть от того, какой режим нагружения, вызывающий одинаковые напряжения, принят: статический, периодический, циклический, равными или различными по нагрузкам циклам или другой. Очевидно, что использова-

ние цикла нагрузка-разгрузка прерывает процесс микротрещинообразования, но вряд ли стоит ожидать полного залечивания трещин, хотя процесс аутогезии вяжущего или повторной адгезии вяжущего к поверхности каменного материала может иметь место и быть более или менее активным в зависимости от вязкости битума, температуры, продолжительности отдыха.

С учетом этого можно предположить, что время жизни под постоянно действующим напряжением и суммарное время циклических нагружений может быть разным. Тем не менее, в настоящее время существуют возможности сравнения и пересчета времен жизни асфальтобетона с переходом от одного режима



к другому. При этом принципиальным является вопрос о виде зависимостей времени жизни от величины напряжения при статическом или циклическом нагружении. То, что они являются степенными многократно доказано. Следовательно, задача сводится к определению величин показателей степени в уравнении Вейлера. В этом отношении принципиальным является то, что величины этих показателей зависят, главным образом, от скорости релаксационных процессов в битумном вяжущем, замедляющихся за счет структурирующей способности минеральных поверхностей.

Чувствительность временных зависимостей напряжений, характеризуемых значениями коэффициентов пластичности, рассчитываемых по приращениям логарифмов напряжений к соответствующим приращениям времен жизни, практически не изменяется с изменением схемы напряженного состояния (рис. 4) [1]. Это следует из сравнения данных [2] и [3], которое показывает, что при равном времени жизни, например 100 с, напряжения при сдвиге (кручении) от напряжений при изгибе отличаются в 4,4 раза, тогда как время жизни под напряжением 0,175 МПа при сдвиге в 250 раз меньше, чем изгибе. В то же время коэффициенты пластичности одинаковы при деформировании с постоянной скоростью и при испытаниях на ползучесть [2]. Кроме того, нет оснований ожидать что релаксационные процессы зависят от схемы напряженного состояния, поскольку они равно вероятны по всему объему тела.

В [4] также показано, что наблюдается практическая параллельность прямых усталости, полученных разными авторами по схеме изгиба (P.S. Pell и I.F. Taylor) и осевого растяжения-сжатия (K.D. Raithby и A.V. Stirling). При этом количество циклов до разрушения при сопоставимом напряжении было почти в 10 раз меньше по схеме сжатия-растяжения, чем при изгибе. В [4] это связывали с полной передачей напряжения сжатия-растяжения на всю площадь сечения образца, тогда как при изгибе нагружение передается на две зоны – сжатия и растяжения. Из данных [4] следует, что влияние цикличности в накоплении дефектов при усталостных испытаниях несущественно.

Имеющиеся в литературе данные также свидетельствуют о том, что значения показателей пластичности, определяемые при усталостных испытаниях в режимах с заданными амплитудами деформаций и постоянным напряжением очень близки. В работе [4] были описаны исследования по сравнению устойчивости при циклическом и статическом нагружении цилиндрических образцов асфальтобетон в камере трехосного сжатия. Для получения совместимых кривых уровень синусоидальных нагружений принимали равным 61 % от уровня постоянного нагружения при ползучести. При температуре 20 °С установлена общая зависимость, описывающая результаты, полученные при разных методах испытаний (рис. 6).

В дополнение к этому можно отметить, что в [5] были исследованы асфальтобетоны, изъятые из покрытия накануне открытия движения, через 5, 15, 24 и 51 месяц эксплуатации. Опыты на усталость производились в различных лабораториях: при постоянных синусоидальных нагружениях в Shell Fra-aise, а при синусоидальных постоянных деформациях в Центральной лаборатории дорог и мостов Франции. Полученные результаты (рис. 7) свидетельствуют о практическом равенстве коэффициентов пластичности в обоих случаях: перед открытием движения – 0,16 и 0,17; через 5 месяцев 0,15 и 0,16; через 51 месяц – 0,12 и 0,11. Это в свою очередь может служить аргументом в пользу идентичности релаксационных процессов в обоих случаях и определяющей роли в определении характера временных зависимостей соотношение времен релаксации и действия нагрузки или деформирования.

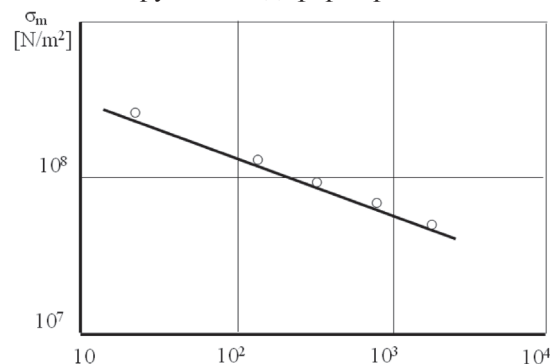
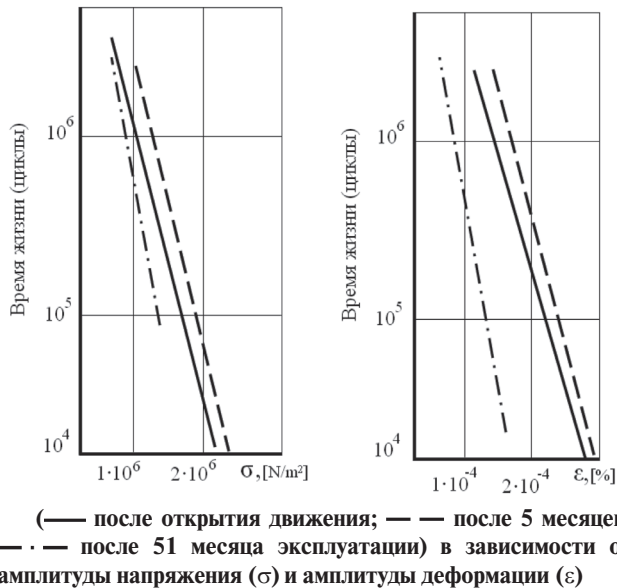
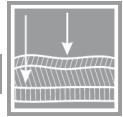


Рис. 6. Сравнение временных зависимостей при циклическом нагружении (○) и ползучести (сплошная линия) [4]

В работе [6] на основе установленных для 12 асфальтобетонов, по составу подобных типу Б, с использованием машины MAER-LPC, критической деформации линейности и временной зависимости модулей упругости при статическом нагружении обосновывается возможность определения выносливости при циклической усталости. В [6] также утверждается что потеря линейности играет главную роль в развитии усталостных разрушений.

Объективность этого предположения достаточно высока поскольку в испытаниях на ползучесть течение с постоянной скоростью начинает развиваться после участка, на котором заканчивается развитие условно мгновенной упругости, характеризуемые соответствующим модулем упругости. Отсюда следует, что направленное повышенное критического напряжения и критической деформации, ограничивающих область линейного вязкоупругого деформирования, приводит к повышению выносливости асфальтобетона при статических и циклических испытаниях на усталость [7]. Это может касаться, прежде всего, асфальтобетонов на основе модифицированных битумов, когда увеличение содержания полимера типа СБС в асфальтобетоне приводит к повышению критических напряжений и деформаций, отвечающих переходу в область нелинейного деформирования [8].



**Рис. 7.** Время жизни в циклах асфальтобетона, взятого из покрытия

#### Заключение

1. Термин долговечность, является, вероятно, одним из наиболее употребляемых в отношении зданий, сооружений, конструкций и материалов и в то же время наименее конкретизированным и количественно определенным. В отношении нежестких дорожных одежд в последние годы он приобретает содержательность, благодаря появлению и развитию концепции вечных дорог. Конструирование дорожной одежды с заданной продолжительностью жизни 40 – 50 лет становится все более реальным. В связи с этим становится актуальной и необходимость предсказания жизненного цикла сменного верхнего слоя покрытия во временном измерении.

2. Такая необходимость в отношении асфальтобетона усугубляется тем, что его суть и свойства определяются битумным вяжущим, которое как термопластичное реологическое тело исключительно чувствительно к температуре и скорости деформирования. Именно состав, структура и состояние битумного вяжущего определяют поведение асфальтобетона в реальных условиях эксплуатации.

3. Временная характеристика свойств битума гораздо более чувствительна к воздействию различных факторов, чем традиционные механические показатели. Это касается вязкости, времени адгезионной устойчивости, циклической ползучести и ползучести при статическом нагружении.

4. В качестве временных показателей жизненного цикла асфальтобетона чаще всего используются результаты усталостных испытаний, выраженные количеством циклов до разрушения при циклическом нагружении или гармоническом деформировании или нагружении. К ним могут быть отнесены и результаты испытаний на колееобразование, выраженные в количестве проходов, необходимых для образования заданной глубины колеи. Измене-

ние колеи в несколько раз может сопровождаться изменением количества проходов в десятки раз.

5. Циклическая усталостная выносливость, обладая высокой чувствительностью к составу, структуре и состоянию асфальтобетона, является сложной характеристикой, требующей специального оборудования, больших затрат времени, и зависящей от условий испытаний, схемы напряженного состояния, режима, формы и ритмичности нагружающего воздействия. Эти осложнения устраняются при определении времени жизни асфальтобетона под действием серии постоянных нагрузений при чистом изгибе. Более того, эта схема разрушения является исключительно информативной для оценки времени жизни асфальтобетонов при одновременном воздействии нагрузок и жидких агрессивных сред. Чувствительность времени жизни асфальтобетонов в десятки и сотни раз выше, чем прочности на сжатие, изгиб, сдвиг.

6. Релаксационный характер процессов деформирования и разрушения асфальтобетонов обеспечивает близость коэффициентов пластичности, определенных: в результате усталостных циклических и статических испытаний; полученных при изгибе и сдвиге, осевом растяжении-сжатии; при синусоидальных нагружениях и деформациях. Более того, вполне осуществимым, при современном состоянии развития вычислительной теории и техники, является переход от времени жизни при статических испытаниях к количеству циклов до разрушения и наоборот. При этом испытания по определению времени жизни асфальтобетона под действием постоянных нагрузок отличаются простотой, применением несложного и надежного оборудования, низкой стоимостью.

7. Приведенные здесь данные и суждения свидетельствуют в пользу введения, после накопления данных, в нормативные документы принципиально новых критериев: времени жизни асфальтобетона при нормированных уровнях напряженного состояния и коэффициентов средоустойчивости как отношения времени жизни под нагрузкой в среде ко времени жизни под той же нагрузкой на воздухе.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Золотарев В.А. Оценка продолжительности жизни асфальтобетона под действием статического нагружения // Автошляховик України. – 2013. – № 1. – С. 25 – 33.
2. Золотарев В.А. Долговечность дорожных асфальтобетонов. – Харьков: Вища школа, 1977. – 116 с.
3. Ефремов С.В. Долговечность асфальтобетона в условиях воздействия агрессивных сред: Дисс. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук – Харьков, 2010. – 187 с.
4. Brown S.F. Essais triaxiaux sur enrobés bitumineux en charge-repete ou en flauge // Bull. Liaison Labo. P. et Ch., Special V. – Bitumes et enrobés bitumineux. – 1977. – P. 125 – 138.
5. Doan T.H., Grignard A., Uge P. Evolution sur route de liants et enrobés bitumineux // Bull. Liaison Labo P. Et Ch., Special V. – Bitumes et enrobés bitumineux. – 1977. – P. 275 – 283.
6. Linder R., Moutier F., Penet M., Peyzet F. La machine d'essais rheologique asservie (MAER-LCP) et son utilisation pour l'essai de traction LPC sur enrobés // Bull. Liaison Labo. P. et Ch. – 1986. – № 142. – P. 132 – 138.
7. Золотарев В.А. Фундаментальные показатели линейного вязко-упругого деформирования асфальтобетона // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2010. – № 3. – С. 24 – 27.
8. Золотарев В.А., Лапченко А.С. Реологические свойства асфальтобетонов на основе битумов с большим содержанием полимера // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2004. – № 3. – С. 23 – 26.