

## ИССЛЕДОВАНИЕ УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА С МОДИФИЦИРУЮЩЕЙ ДОБАВКОЙ

Коровкин М.О.<sup>1</sup>, Идрисов И.Х.<sup>2</sup>, Ерошкина Н.А.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, Россия (440028, Пенза, ул. Германа Титова, 28), e-mail: [m\\_korovkin@mail.ru](mailto:m_korovkin@mail.ru)

<sup>2</sup>ООО НПП «ГЕОТЕК», Пенза, Россия (440068, Пенза, ул. Центральная, 1)

---

Рассмотрена методология оценки усталостной прочности асфальтобетона. Приведены результаты исследования этой характеристики при косвенном растяжении цилиндрических образцов асфальтобетона с адгезионной добавкой «Афтисотдор» на лабораторном комплексе для статических и динамических испытаний производства фирмы APS GmbH. Рассмотрен вопрос критерия оценки потери работоспособности материала при его циклическом нагружении. Показано, что различие в определении долговечности материалов по «энергетическому коэффициенту» и снижению модуля упругости невелико. Установлено, что состав асфальтобетона с добавкой «Афтисотдор» имеет более высокую усталостную прочность в сравнении с бездобавочным асфальтобетоном. При этом прочностные показатели этих составов при статическом нагружении имеют приблизительно равные значения. Исследования показали, что модифицирующая добавка значительно повышает долговечность асфальтобетона.

---

Ключевые слова: асфальтобетон, модифицирующая добавка, усталостная прочность, диссипация энергии, циклическое нагружение, критерий разрушения

## INVESTIGATION OF THE FATIGUE RESISTANCE OF ASPHALT CONCRETE WITH MODIFYING ADDITIVE

Korovkin M.O.<sup>1</sup>, Idrisov I.K.<sup>2</sup>, Eroshkina N.A.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russia (440028, Penza, 28, German Titov St.), e-mail: [m\\_korovkin@mail.ru](mailto:m_korovkin@mail.ru)

<sup>2</sup>ООО НПП «Geotek», Penza, Russia (440068, Penza, 1, Central St.)

---

The methodology of evaluation of fatigue resistance of asphalt concrete is given. The results of the study of this characteristics at the indirect tensile of cylindrical specimens of asphalt concrete with adhesive additive "Aftisotdor" on the lab complex for dynamic and static testing produced by APS GmbH are presented. The question about the evaluation criteria of loss of performance capability of material under cyclic loading was considered. It is shown that the difference in the determining of durability of materials for the "energy ratio" and a reduction of elastic modulus is low. It was established that the composition of asphalt concrete with the additive "Aftisotdor" has a higher fatigue resistance as compared with asphalt concrete without additive. In this case, the strength characteristics of these materials under static loading had approximately the same values. Our studies have shown that modifying additive significantly increases the durability of asphalt concrete.

---

Keywords: asphalt concrete, modifying additive, fatigue resistance, energy dissipation, cyclic loading, fracture criterion

Разрушение и деформация дорожной одежды, состояние которой во многом определяет качество автодороги, происходят под действием комплекса различных факторов: деформаций земляного полотна, транспортных и погодноклиматических воздействий. Одним из важнейших факторов, определяющих долговечность дорожной одежды, является способность асфальтобетона противостоять действию транспортной динамической нагрузки, которая обуславливает усталостное разрушение дорожной одежды.

В дорожно-строительной практике многих государств Европейского Союза, США и некоторых других стран используются стандарты и другие нормативные документы [1-3],

предусматривающие испытание асфальтобетона при циклическом нагружении, что в большей степени соответствует реальным режимам эксплуатации асфальтобетона.

В зависимости от свойств связующего и используемых модифицирующих добавок усталостная прочность различных составов асфальтобетонов может существенно различаться. При этом характеристики этих составов, определенные при квазистатическом нагружении, в соответствии с отечественным ГОСТом могут иметь сходные значения.

**Целью настоящей работы** является исследование влияния модифицирующей добавки «Афтисотдор» на усталостную прочность асфальтобетона.

### **Материалы и методы исследования**

Для исследования усталостной прочности асфальтобетона была использована методика стандарта ЕС [2], предусматривающая проведение испытаний асфальтобетонных образцов цилиндрической формы. Применение этой методики было обусловлено возможностью использования образцов, предусмотренных отечественным стандартом для испытания асфальтобетона.

Из асфальтобетона формовались образцы диаметром 101 мм и высотой 100 мм, из которых вырезались цилиндрические образцы высотой 38-42 мм. Для изготовления образцов применялся асфальтобетон типа Б марки П. В качестве модифицирующей добавки использовалась добавка «Афтисотдор» на основе карбоновых кислот и смол растительного происхождения. Эта добавка является смесью поверхностно-активных веществ, обеспечивающих повышение адгезии битума к заполнителю. Прочность асфальтобетонов с добавкой и без добавки «Афтисотдор» при 20°C находилась в интервале 3,8-4,0 МПа при их испытании по ГОСТ [4].

Эксперимент проводился на испытательном комплексе для статических и динамических испытаний, сконструированном и изготовленном немецкой фирмой APS GmbH. Сервогидропривод этой установки позволяет создавать циклическую нагрузку до 50 кН с частотой до 100 Гц (рис. 1). Использование различной оснастки дает возможность реализовать на установке различные схемы нагружения образцов. В связи с тем, что свойства асфальтобетона зависят от температуры, в испытательном комплексе предусмотрена климатическая камера, обеспечивающая температуру от -40 до +60 °С.

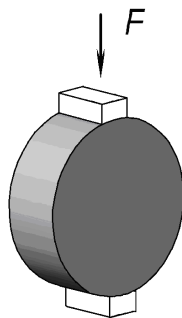


Рис. 1. Испытательный комплекс для испытания асфальтобетона:

- 1 – испытательная машина; 2 – климатическая камера; 3 – оснастка для испытаний;  
 4 – блок контроллеров; 5 – блок управления; 6 – гидравлический блок;  
 7 – дистанционный пульт управления; 8 – управляющий компьютер

Испытания и обработка их результатов выполнялись в соответствии с методикой [3], которая используется в немецкой дорожно-строительной практике для оценки долговечности асфальтобетона и назначения толщины слоя асфальтобетона при проектировании и строительстве дорог. В соответствии с этой методикой испытание проводится на косвенное растяжение образца цилиндрической формы (рис. 2а) в специальной оснастке, помещенной в климатическую камеру. Образец подвергается повторяющемуся воздействию нагрузки в форме синуса (рис. 2б).

а)



б)

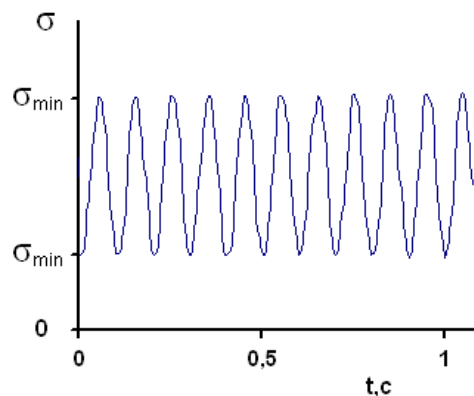


Рис. 2. Схема нагружения образца (а) и напряжения, возникающие в образце при циклическом нагружении (б)

При оценке усталостной прочности асфальтобетона использовались два критерия:

1) критерий, основанный на «энергетическом коэффициенте»  $ER(N)$ ;

2) критерий, основанный на двухкратном снижении модуля упругости после циклического нагружения.

Первый критерий рассчитывался следующим образом. В соответствии с методикой [3] определение количества циклов нагружения, вызывающих появление макротрещин  $N_M$ , производится по критерию, который предложен Норман и др. [5] и в соответствии с которым для каждого цикла рассчитывается «энергетический коэффициент»  $ER(N) = |E(N)| \cdot N$ , где  $|E(N)|$  – модуль жесткости  $|E(N)|$  для  $N$ -го цикла нагружения,  $N$  – число циклов. Норман и др. [5] считают, что предел работоспособности бетона достигнут, если  $ER(N)$  начинает снижаться (рис. 3).

### Результаты исследования и их обсуждение

Сравнение результатов исследования показало, что начало появления макротрещин, зафиксированное по «энергетическому коэффициенту» и критерию, принятому в стандарте Европейского Союза [2] (двойное снижение начального модуля упругости или двойное увеличение начальной деформации) наступает при большем числе циклов нагружения асфальтобетона (см. рис. 3). Однако значения усталостной прочности, определенные по первому и второму критериям, достаточно близки.

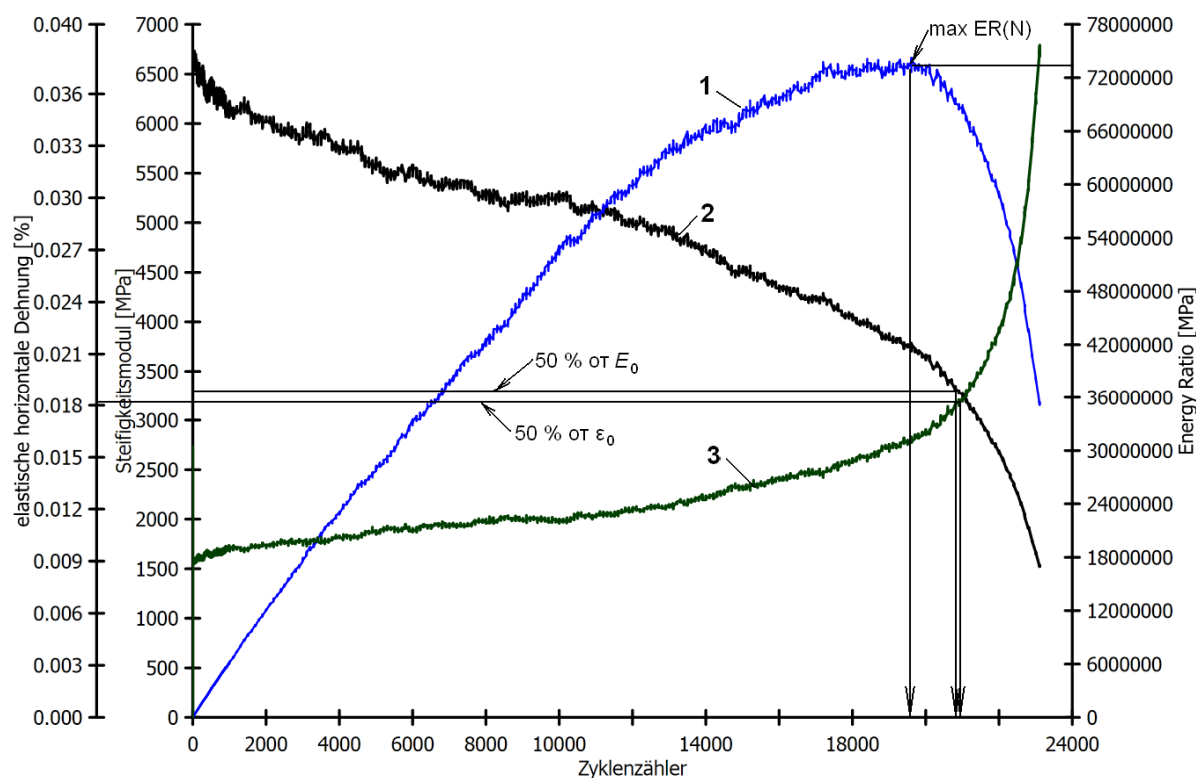


Рис. 3. Изменение «энергетического коэффициента» (1), модуля упругости (2), упругих деформаций (3) под действием циклического нагружения асфальтобетона и начало образования макротрещин по различным критериям

На рис. 4 приводятся результаты определения количества циклов нагружения до появления макротрещин  $N_M$  составов асфальтобетона без добавки и с добавкой модификатора. Появление макротрещины в образце определялось по критерию двойного снижения жесткости. Как уже было отмечено, при определении прочности асфальтобетона по квазистатическому режиму в соответствии с ГОСТ [4] эти составы имели равную прочность.

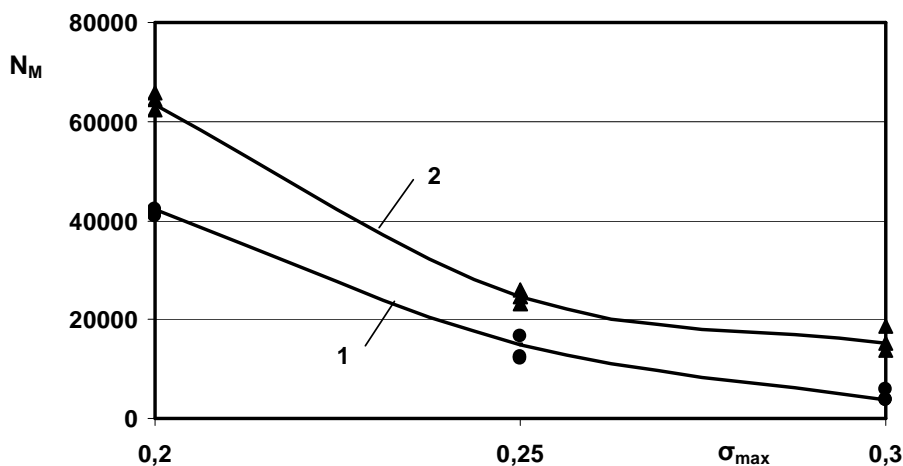


Рис. 4. Влияние уровня нагружения на количество циклов до образования макротрещин в образцах асфальтобетона без добавки (1) и с добавкой ПАВ (2)

Как видно из графиков, приведенных на рис. 4, усталостная прочность асфальтобетона при введении добавки ПАВ значительно возросла, что связано с повышением адгезии битума к заполнителю. Увеличение усталостной прочности при введении в смесь добавки зависит от максимального уровня напряжения в цикле нагружения. Положительное влияние добавки на свойства асфальтобетона проявилось только при циклическом нагружении, которое больше соответствует реальному режиму эксплуатации асфальтобетона по сравнению с режимом квазистатического испытания.

### Выводы

Установлено, что модифицирующая добавка «Афтисотдор» за счет улучшения сцепления между битумом и заполнителем повышает усталостную прочность при циклическом нагружении асфальтобетона.

В связи с расширением использования в производстве асфальтобетона различных модифицирующих полимерных добавок, действие которых может проявляться при динамических режимах нагружения, целесообразно включить в ГОСТ [4] методику определения усталостной прочности, гармонизированную со стандартом Европейского Союза [2].

## Список литературы

1. EN 12697-25:2005. Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 25: Cyclic compression test.
2. EN 12697-24:2012. Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 24: Resistance to fatigue.
3. AL Sp-Asphalt 09 – Arbeitsanleitung zur Bestimmung des Steifigkeits- und Ermüdungsverhaltens von Asphalten mit dem Spaltzug-Schwellversuch als Eingangsgröße in der Dimensionierung. Ausgabe 2009. – Köln: FGSV Verlag, 2009. 32 S.
4. ГОСТ 12801-98. Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.
5. Норман Р. С., Кунст Р. А., Пронк Ж. С. A Renewed Interpretation Method for Fatigue Measurements, Verification of Miner's Rule // 4<sup>th</sup> Eurobitume Symposium. 1989. Vol. 1. P. 557-561.

### Рецензенты:

Демьянова В.С., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Инженерная экология» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза.

Логанина В.И., д.т.н., профессор, зав. кафедрой «Управление качеством и технологии строительного производства» Пензенского государственного университета архитектуры и строительства, г. Пенза.