

DOI: 10.33942/sit1709

УДК 625.855.3.033.37

## АСФАЛЬТБЕТОНДУН ЧЫДАМДУУЛУГУНУН ЧАРЧОО МӨӨНӨТҮН БААЛОО

Курбанбаев А.Б., Саткыналиев К.Т., Мурзакматов Д.К., Турдубай уулу С.

*Н.Исанов атындагы Кыргыз мамлекеттик курулуш, транспорт жана архитектура университети, КР, Бишкек  
alai.68@mail.ru, kanagpi@gmail.com, daiyr.90@mail.ru, boss.turdubay@mail.ru*

*Бул макалада асфальт бетонунун узак талыгуусун баалоо каралды.*

*Чечүүчү сөздөр: асфальт бетон; талыгуу; баалоо, жол төшөлмө, материал, ийилүү, майышуу, сыноо.*

## ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Курбанбаев А.Б., Саткыналиев К.Т., Мурзакматов Д.К., Турдубай уулу С.

*Кыргызский Государственный университет строительства транспорта и архитектуры им.Н.Исанова,  
Кыргызстан, г. Бишкек, alai.68@mail.ru, kanagpi@gmail.com, daiyr.90@mail.ru, boss.turdubay@mail.ru*

*В данной статье рассматривается оценка усталостной долговечности асфальтобетона.*

*Ключевые слова: асфальтобетон, усталость, оценка, дорожная одежда, материал, изгиб, деформация, испытание.*

## EVALUATION OF FATIGUE LIFE OF ASPHALT CONCRETE

Kurbanbaev A.B., Satkynaliev K.T., Murzakmatov D.K., Turdubay uulu S.

*Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture n.a. N. Isanov, Kyrgyz Republic, Bishkek city,  
alai.68@mail.ru, kanagpi@gmail.com, daiyr.90@mail.ru, boss.turdubay@mail.ru*

*This article discusses the evaluation of the fatigue life of asphalt concrete.*

*Key words: asphalt concrete, fatigue, assessment, pavement, material, bending, deformation, testing.*

Воздействие потока автомобильного транспорта на покрытие в течение всего срока службы является одним из важнейших эксплуатационных факторов. В результате движения автомобилей покрытие подвергается многократным циклическим деформациям, приводящим к развитию в материале покрытия явлений усталости, которые характерны для всех используемых при строительстве конструктивных слоев дорожных одежд материалов. Представляет интерес оценка усталости асфальтобетона, как основного материала, применяемого при устройстве покрытий.

Явление усталости заключается в развитии постепенных изменений структуры материала, начиная с роста микродефектов и кончая образованием трещин под действием многократно прилагаемых напряжений. Исследования процессов усталости различных материалов, в том числе асфальтобетона, показали, что наблюдается прямая зависимость между количеством циклов приложения нагрузки  $n$ , приводящим к разру-

шению материала, и амплитудой действующего напряжения  $\delta$  или амплитудой деформации материала  $\varepsilon$  при каждом цикле [1—4]. Наклоны графиков  $n(\varepsilon)$  или  $n(\delta)$  к оси времени характеризуют коэффициент усталости материала.

Исследования усталости асфальтобетонов, проведенные лабораторией и позднее в Муниципальной предприятии «Испытательной дорожной лаборатории» и показали, что значение коэффициента усталости асфальтобетона  $t$  непосредственно связано со степенью его пластичности  $P$ , т. е. оно зависит от состава материала, температуры и вида напряженного состояния (режима нагружения). Связь между  $t$  и  $P$  может быть выражена формулой:

$$m = KP \lg e / (\lg e - P \lg t_0),$$

где  $K$  — коэффициент условий работы материала;  $e$  — основание натурального логарифма;  $t_0$  — длительность цикла нагружения.

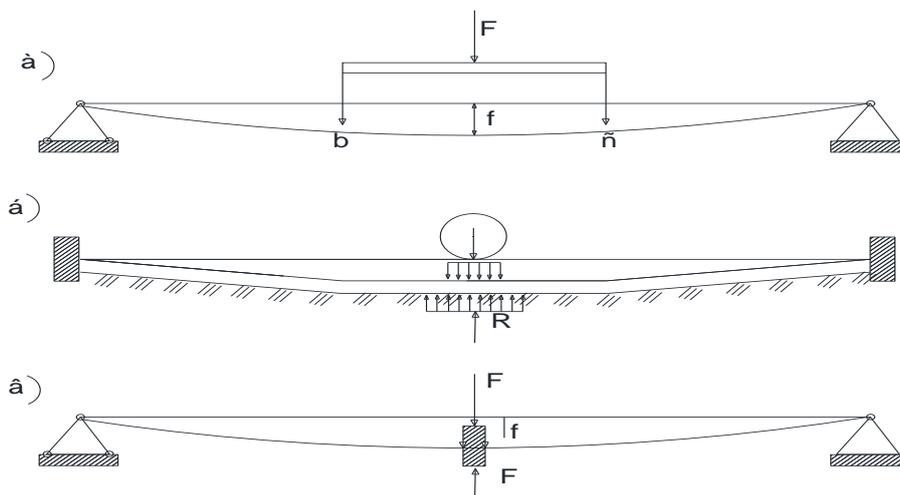
Коэффициент условий работы зависит от состава материала и режима нагружения. Значение величины коэффициента определяется, в частности, особенностями порового пространства асфальтобетона и зависит от степени насыщения пор водой. Исследования показали, что усталостная долговечность асфальтобетона в водонасыщенном состоянии в 1,5-2 раза ниже, чем в сухом [1, 2].

Физический механизм ускоренного усталостного разрушения асфальтобетона, подвергающегося циклическому динамическому деформированию, заключается в возникновении импульсных гидродинамических давлений в насыщенных водой порах, периодически попадающих в зону сжатия, вследствие несжимаемости воды и ограниченной возможности ее перемещения в поровом пространстве. Это явление необходимо учитывать при прогнозировании долговечности асфальтобетонных покрытий, так как во многих регионах они существенную часть срока службы работают в водонасыщенном состоянии. Для правильного прогнозирования долговечности асфальтобетонных покрытий очень важен обоснованный выбор режима нагружения при проведении усталостных испытаний, в частности, таких параметров, как частота нагружения, амплитуда деформации образца (или амплитуда действующего напряжения), схема напряженного состояния.

Оптимальная частота нагружения должна быть близка к реальной частоте воздействия на покрытие нагрузок от движущегося потока автомобильного транспорта, а длительность одного цикла нагружения — к длительности нагружения покрытия при проезде автомобиля. При скорости 60 км/ч длительность однократного нагружения близка к 0,02 с, поэтому частоту нагружения при испытаниях на усталость синусоидальной нагрузкой целесообразно принимать 800—900 мин<sup>-1</sup> (принимая, что длительность воздействия расчетного напряжения составляет около 30 % общей длительности цикла). Величина амплитуды деформации (или амплитуды напряжения) принимается такой, чтобы испытание возможно ближе имитировало реальные условия работы асфальтобетона в покрытии и в то же время обеспечивало оптимальную продолжительность испытания.

На стенде для проведения усталостных испытаний, используемом в Муниципальной предприятии «Испытательной дорожной лаборатории», частота нагружений образцов асфальтобетона составляет 868 мин<sup>-1</sup>, а амплитуда прогибов балочек размером 16\*4\*2,5 см принимается 0,025-0,045 см. Схема испытания, предусматривающая прогиб балочек, выбрана в связи с тем, что расчетной схемой работы асфальтобетонного покрытия является его прогиб под колесом автомобиля.

Большое значение для имитации реальных условий работы покрытия имеет выбор схемы воздействия нагрузки на образец. Во многих работах, посвященных исследованию процессов усталости асфальтобетонов, предпочтение отдается схеме чистого изгиба (рис. 1, а), при котором максимальная деформация растяжения приходится на середину образца, не подвергающуюся непосредственному контакту с нагружающим устройством. Такая схема облегчает теоретический анализ напряжений и деформации в указанной зоне образца, однако она не вполне соответствует реальной схеме нагружения.



**Рис. 1. Схемы нагружения:**

а- чистый изгиб балки; б- изгиб слоя покрытия при эксплуатации; в - консольный изгиб (bc - зона чистого изгиба, F- вертикальная нагрузка, R - реакция дорожного основания f- прогиб)

При эксплуатации изгиб покрытия происходит в условиях обжатия материала под действием вертикальной нагрузки от колеса автомобиля и реакции дорожного основания (рис. 1,б). Для более точной имитации реальных условий эксплуатации покрытия на испытательном стенде Муниципальной предприятия «Испытательной дорожной лаборатории» принята схема защемленного консольного изгиба, предусматривающая обжатие образца в середине изгибаемой балки (рис. 1,в). Существенная разница между схемами на рис. 1, а заключается в том, что при одинаковой величине прогиба балки (точнее величине вертикального перемещения балки в центре пролета) величина усилия, необходимого для достижения заданной амплитуды перемещения, будет различной [3].

Так, в случае деформирования балки по схеме чистого изгиба величина прогиба  $f$  может быть рассчитана по формуле (1):

$$f = Fl^3 / 48EI,м \tag{1}$$

где  $F$  — вертикальная нагрузка;  $l$  — расстояние между опорами;  $E$  — модуль упругости асфальтобетона;  $I$  — момент инерции сечения образца.

В случае деформирования балки по схеме кон. сального изгиба величина  $f$  может быть рассчитана по формуле (2):

$$f = F(l/2)^3 / 3EI \tag{2}$$

Следовательно, для обеспечения одинаковых значений амплитуды  $f$  по схеме консольного изгиба требуется вдвое меньшее усилие, чем при чистом изгибе. В частности, при испытании асфальтобетонных образцов-балочек длиной 16 см при расстоянии между опорами 14 см величина вертикального усилия, необходимого для обеспечения

амплитуды вертикального перемещения образца по середине пролета 0,045 см при схеме нагружения как на рис. 1, а, составит 30 кг, а при схеме консольного изгиба — 15 кг (при динамическом модуле упругости асфальтобетона 20 000 кг/см<sup>2</sup>).

Различия в расчетной схеме нагружения приводят к разным значениям наибольшего растягивающего напряжения на нижней поверхности балки. При загрузении по схеме, приведенной на рис. 1, в, оказывает влияние эффект обжатия материала. В результате совместного воздействия указанных факторов одинаковые значения долговечности образцов обеспечиваются в случаях приложения нагрузок по разным схемам нагружения (см. рис. 1, а и 1, в) при различных значениях амплитуды перемещения в середине пролета балки.

Следует отметить, что при эксплуатации дорожных конструкций реализуется схема нагружения как на рис. 1, б, близкая к схеме показанной на рис. 1, в. В связи с этим фактическая долговечность асфальтобетона в покрытии должна больше совпадать с результатами испытания по схеме на рис. 1, в, чем на рис. 1, а.

Представляет интерес сравнение усталостной долговечности асфальтобетонов, полученной при разных схемах нагружения, с реальной. Под действием расчетного автомобиля с нагрузкой на ось 6—10 т при движении его со скоростью 60 км /ч прогиб покрытия обычно составляет 0,01—0,03 см. При этом долговечность покрытия без учета воздействия температурных напряжений и увлажнения может быть принята 10 лет, что при расчетной интенсивности движения 400 авт./сут соответствует долговечности, равной  $1 \cdot 10^6$  циклам нагружения.

Данные по усталостной долговечности асфальтобетона, полученные на стенде Муниципальной предприятия «Испытательной дорожной лаборатории», приведены на рис. 2 (точка С). Данным зарубежных исследователей (испытания по схеме чистого изгиба) соответствует точка В. На рис. 2 приведены также данные Муниципальной предприятия «Испытательной дорожной лаборатории» по испытанию асфальтобетонных образцов балочек на чистый изгиб при однократном динамическом нагружении до разрушения на установке МИП-100 (точка А). Точка Д соответствует долговечности асфальтобетона в реальных условиях работы покрытия (амплитуда прогиба 0,01 см, число циклов до разрушения  $1 \cdot 10^6$ )

Результаты испытаний на усталость, проведенные при различных режимах нагружения по методике Муниципальной предприятия «Испытательной дорожной лаборатории» (линия 2 на рис. 2), дают хорошее совпадение с реальной долговечностью асфальтобетона в покрытии (точка Д). Результаты испытания на усталость, полученные в условиях чистого изгиба, хорошо согласуются с данными испытания при однократном нагружении (линия 1 на рис. 2). Однако режим испытания в условиях чистого изгиба не дает правильного представления о фактической долговечности асфальтобетона в покрытии. Это обусловлено тем, что схема чистого изгиба не реализуется на практике. Более близкой к реальным условиям эксплуатации является схема консольного изгиба.

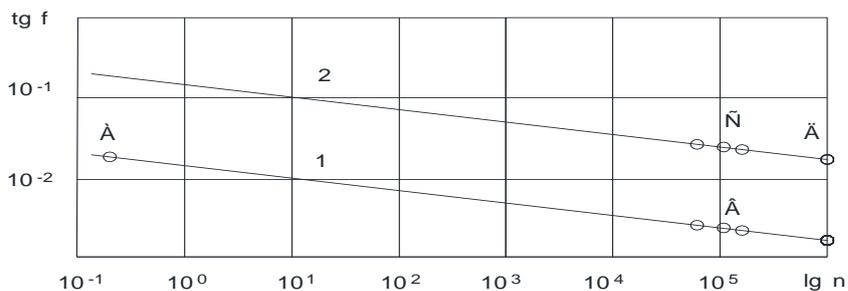


Рис. 2. Зависимость усталостной долговечности асфальтобетона от амплитуды прогиба

**Выводы**

Для прогнозирования усталостной долговечности асфальтобетона в покрытиях большое значение имеет правильный выбор методики проведения испытаний, в наибольшей степени имитирующий реальные условия эксплуатации и реальные расчеты дорожной одежды выполненные в статье «Анализ конструкций дорожных одежд участка автомобильной дороги Бишкек-Нарын-Торугарт (147 – 172 км)» с которой, в соответствии с данными расчета по рабочему слою земляного полотна из крупнообломочного грунта устраивается нижний слой основания (выравнивающий слой) из щебеночно – песчаной смеси С4, толщиной 15 см с последующим устройством верхнего слоя основания из горячего пористого крупнозернистого асфальтобетона на битуме БНД 60/90, толщиной 12 см, нижнего слоя покрытия из горячего крупнозернистого асфальтобетона 1 марки на битуме БНД 60/90 толщиной 10 см и верхнего слоя покрытия из щебеночно – мастичного асфальтобетона ЩМА – 20 толщиной 5 см. Толщина дорожной одежды на нагрузку А3 (13т) 42 см, а толщина дорожной одежды на нагрузку А1 (10т) 27 см. [4].

Методика усталостных испытаний, дающая результаты, наиболее близко совпадающие с реальными условиями, предусматривает циклический изгиб образцов балочек с частотой 800—900 мин<sup>-1</sup> при схеме нагружения, когда происходит обжатие материала балочек в середине пролета (имитация воздействия колеса и реакции основания).

Испытания образцов на усталость следует проводить в сухом и водонасыщенном состоянии, что дает возможность на основании полученных данных назначать расчетные значения коэффициентов усталости в зависимости от климатических условий района расположения дороги.

**Список литература**

1. Руденский А. В. Дорожные асфальтобетонные покрытия. М.: Транспорт, 1992. 254 с.
2. Руденский А. В., Гегелия Д. И., Калашиникова Т. М. Штромберг А. А. Усталость асфальтобетона в условиях водонасыщения и циклического замораживания-оттаивания. Труды Гипродорнии, вып. 24, 1975, с. 131—137.
3. Филин А. П. Прикладная механика твердого деформируемого тела. Т. 1. М.: Наука, 1975. 832 с.
4. Статья «Анализ конструкций дорожных одежд участка автомобильной дороги Бишкек-Нарын-Торугарт (147 – 172 км)» Вестник КГУСТА №2. 2015г. Ансеметов М.Ч., Солтобаев Т.О., А.А. Приходько, Омурбек уулу Р.