

ISSN 1991-3494

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Ш Ы С Ы

ВЕСТНИК

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

THE BULLETIN

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С 1944 ГОДА
PUBLISHED SINCE 1944

2

АЛМАТЫ
АЛМАТЫ
ALMATY

2015

НАУРЫЗ
МАРТ
MARCH

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі

М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы :

биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Айтхожина Н.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байпақов К.М.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Байтулин И.О.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Берсімбаев Р.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Газалиев А.М.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Дүйсенбеков З.Д.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Елешев Р.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Қалменов Т.Ш.**; фил. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Нысанбаев А.Н.**; экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА академигі **Сатубалдин С.С.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбжанов Х.М.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішев М.Е.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбішева З.С.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Абсадықов Б.Н.** (бас редактордың орынбасары); а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баймұқанов Д.А.**; тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Байтанаев Б.А.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Давлетов А.Е.**; физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Қалимолдаев М.Н.**; геогр. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Медеу А.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Огарь Н.П.**; техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Таткеева Г.Г.**; а.-ш. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Үмбетаев И.**

Р е д а к ц и я к е ñ е с і :

Ресей ҒА академигі **Велихов Е.П.** (Ресей); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Гашимзаде Ф.** (Әзірбайжан); Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Джрбашян Р.Т.** (Армения); Ресей ҒА академигі **Лаверов Н.П.** (Ресей); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Москаленко С.** (Молдова); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Рудик В.** (Молдова); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Сагян А.С.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Тодераш И.** (Молдова); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Якубова М.М.** (Тәжікстан); Молдова Республикасының ҰҒА корр. мүшесі **Лупашку Ф.** (Молдова); техн. ғ. докторы, профессор **Абиев Р.Ш.** (Ресей); техн. ғ. докторы, профессор **Аврамов К.В.** (Украина); мед. ғ. докторы, профессор **Юрген Аппель** (Германия); мед. ғ. докторы, профессор **Иозеф Банас** (Польша); техн. ғ. докторы, профессор **Гарабаджиу** (Ресей); доктор PhD, профессор **Ивахненко О.П.** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Изабелла Новак** (Польша); хим. ғ. докторы, профессор **Полещук О.Х.** (Ресей); хим. ғ. докторы, профессор **Поняев А.И.** (Ресей); профессор **Мохд Хасан Селамат** (Малайзия); техн. ғ. докторы, профессор **Хрипунов Г.С.** (Украина)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Н.А. Айтхожина**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **К.М. Байпаков**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **И.О. Байтулин**; доктор биол. наук, проф., академик НАН РК **Р.И. Берсимбаев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор с.-х. наук, проф., академик НАН РК **З.Д. Дюсенбеков**; доктор сельскохоз. наук, проф., академик НАН РК **Р.Е. Елешев**; доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Т.Ш. Кальменов**; доктор фил. наук, проф., академик НАН РК **А.Н. Нысанбаев**; доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **С.С. Сатубалдин**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.М. Абжанов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Е. Абишев**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **З.С. Абишева**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Н. Абсадыков** (заместитель главного редактора); доктор с.-х. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Д.А. Баймуканов**; доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.А. Байтанаев**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Е. Давлетов**; доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Н. Калимолдаев**; доктор геогр. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А. Медеу**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Н.П. Огарь**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Г.Г. Таткеева**; доктор сельскохоз. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И. Умбетаев**

Редакционный совет:

академик РАН **Е.П. Велихов** (Россия); академик НАН Азербайджанской Республики **Ф. Гашимзаде** (Азербайджан); академик НАН Украины **В.В. Гончарук** (Украина); академик НАН Республики Армения **Р.Т. Джрбашян** (Армения); академик РАН **Н.П. Лаверов** (Россия); академик НАН Республики Молдова **С. Москаленко** (Молдова); академик НАН Республики Молдова **В. Рудик** (Молдова); академик НАН Республики Армения **А.С. Сагиян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **И. Тодераш** (Молдова); академик НАН Республики Таджикистан **М.М. Якубова** (Таджикистан); член-корреспондент НАН Республики Молдова **Ф. Лупашку** (Молдова); д.т.н., профессор **Р.Ш. Абиев** (Россия); д.т.н., профессор **К.В. Аврамов** (Украина); д.м.н., профессор **Юрген Аппель** (Германия); д.м.н., профессор **Иозеф Банас** (Польша); д.т.н., профессор **А.В. Гарабаджиу** (Россия); доктор PhD, профессор **О.П. Ивахненко** (Великобритания); д.х.н., профессор **Изабелла Новак** (Польша); д.х.н., профессор **О.Х. Полещук** (Россия); д.х.н., профессор **А.И. Поняев** (Россия); профессор **Моход Хасан Селамат** (Малайзия); д.т.н., профессор **Г.С. Хрипунов** (Украина)

«Вестник Национальной академии наук Республики Казахстан». ISSN 1991-3494

Собственник: РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5551-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18.

www: nauka-nanrk.kz, bulletin-science.kz

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

N.A. Aitkhozhina, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **K.M. Baipakov**, dr. hist. sc., prof., academician of NAS RK; **I.O. Baitulin**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **R.I. Bersimbayev**, dr. biol. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Z.D. Dyusenbekov**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **R.Ye. Yeleshev**, dr. agr. sc., prof., academician of NAS RK; **T.Sh. Kalmenov**, dr. phys. math. sc., prof., academician of NAS RK; **A.N. Nysanbayev**, dr. phil. sc., prof., academician of NAS RK; **S.S. Satubaldin**, dr. econ. sc., prof., academician of NAS RK; **Kh.M. Abzhanov**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Ye. Abishev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.S. Abisheva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.N. Absadykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK (deputy editor); **D.A. Baimukanov**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **B.A. Baytanayev**, dr. hist. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A.Ye. Davletov**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.N. Kalimoldayev**, dr. phys. math. sc., prof., corr. member of NAS RK; **A. Medeu**, dr. geogr. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **N.P. Ogar**, dr. biol. sc., prof., corr. member of NAS RK; **G.G. Tatkeeva**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **I. Umbetayev**, dr. agr. sc., prof., corr. member of NAS RK

Editorial staff:

E.P. Velikhov, RAS academician (Russia); **F. Gashimzade**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **R.T. Dzhrbashian**, NAS Armenia academician (Armenia); **N.P. Laverov**, RAS academician (Russia); **S.Moskalenko**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Rudic**, NAS Moldova academician (Moldova); **A.S. Sagiyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **I. Toderas**, NAS Moldova academician (Moldova); **M. Yakubova**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **F. Lupaşcu**, NAS Moldova corr. member (Moldova); **R.Sh. Abiyev**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **K.V. Avramov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine); **Jürgen Appel**, dr.med.sc., prof. (Germany); **Joseph Banas**, dr.med.sc., prof. (Poland); **A.V. Garabadzhiu**, dr.eng.sc., prof. (Russia); **O.P. Ivakhnenko**, PhD, prof. (UK); **Isabella Nowak**, dr.chem.sc., prof. (Poland); **O.Kh. Poleshchuk**, chem.sc., prof. (Russia); **A.I. Ponyaev**, dr.chem.sc., prof. (Russia); **Mohd Hassan Selamat**, prof. (Malaysia); **G.S. Khripunov**, dr.eng.sc., prof. (Ukraine)

Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.
ISSN 1991-3494

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5551-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/>, <http://bulletin-science.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2015

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

EXPERIMENTAL EVALUATION OF HOT MIX ASPHALT FATIGUE DURABILITY

B. B. Teltayev

Kazakhstan Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: bagdatbt@yahoo.com

Key words: hot mix asphalt, fatigue, durability, four point bending equipment.

Abstract. In the paper the results of experimental evaluation of the conventional fine graded hot mix asphalt fatigue durability are presented. The hot mix asphalt was prepared with using of road viscous bitumen of grade BND-100/130. Testing of hot mix asphalt specimens has been carried out in laboratory conditions on the four point bending equipment at temperatures of 0, 10, 20, 30 °C and at frequency of 10 Hz in the mode of controlled strain. Dependence of the hot mix asphalt initial modulus from temperature has been stated. Graphs of dependence of the hot mix asphalt fatigue durability from controlled strain value and above indicated temperatures have been plotted. By mean of statistical processing of obtained results a mathematical equation for describing of the hot mix asphalt fatigue durability from strain and temperature has been obtained.

УДК 691.16:539.431

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ АСФАЛЬТОБЕТОНА

Б. Б. Телтаев

Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: асфальтобетон, усталость, долговечность, прибор четырехточечного изгиба.

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментального определения усталостной долговечности традиционно используемого в дорожном строительстве горячего мелкозернистого асфальтобетона, приготовленного с использованием дорожного вязкого битума марки БНД-100/130. Испытание образцов асфальтобетона выполнялось в лабораторных условиях с помощью прибора четырехточечного изгиба при температурах 0, 10, 20 и 30 °C и при частоте нагружения 10 Гц в режиме контролируемой деформации. По результатам испытания установлена зависимость начального комплексного модуля от температуры и построены графики зависимости усталостной долговечности асфальтобетона от величины контролируемой деформации при указанных выше температурах. Путем статистической обработки полученных данных установлено единое математическое выражение для описания зависимости усталостной долговечности асфальтобетона от деформации и температуры.

Асфальтобетон является наиболее распространенным материалом, из которого устраиваются верхние наиболее прочные слои конструкций дорожных одежд современных автомобильных дорог. Одним из видов разрушения дорожных асфальтобетонов – это усталостное растрескивание, появляющееся из-за многократного проезда автомобилей. Поэтому в действующем нормативном документе [1] предусмотрен расчет конструкций дорожных одежд по критерию усталостного разрушения монолитных (асфальтобетонных) материалов.

В настоящей работе выполнена экспериментальная оценка усталостной долговечности горячего мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б. Этот вид асфальтобетона в Казахстане традиционно используется для устройства покрытия автомобильных дорог высших технических

категорий [1, 2]. Приготовление асфальтобетонной смеси, изготовление образцов и их испытание выполнено в лаборатории Казахстанского дорожного научно-исследовательского института.

Асфальтобетон, удовлетворяющий требованиям стандарта СТ РК 1225 [3] был приготовлен с использованием щебня фракций 5-10 мм (20 %), 10-15 мм (13 %) и 15-20 мм (10 %) из Ново-Алексеевского карьера (Алматинская область), отсев дробления фракции 0-5 мм (50 %) из завода «Асфальтобетон-1» (г. Алматы) и активированного минерального порошка (7 %) из Кордайского карьера (Жамбылская область).

В качестве вяжущего был использован битум марки БНД-100/130, удовлетворяющий требованиям стандарта СТ РК 1373 [4]. Битум был произведен Павлодарским нефтехимическим заводом из сырой нефти Западной Сибири (Россия) способом прямого окисления.

Основные стандартные показатели битума, щебня и асфальтобетона представлены в таблицах 1–3. Кривая гранулометрического состава минеральной части асфальтобетона показана на рисунке 1.

Таблица 1 – Основные стандартные показатели битума

Показатель	Единица измерения	Требования СТ РК 1373-2013	Значение
Пенетрация, 25 °С, 100 гр, 5 с	0,1 мм	100-130	98
Индекс пенетрации PI	–	-1,0... +1,0	-0,96
Растяжимость:	см		
- 25 °С		≥ 65	139
- 0 °С		≥ 4,0	5,5
Температура размягчения	°С	≥ 43	45,3
Температура хрупкости	°С	≤ -20	-24,6
Динамическая вязкость, 60 °С	Па·с	≥ 75	174,2
Кинематическая вязкость	мм ² /с	≥ 180	409,0

Таблица 2 – Основные стандартные показатели щебня

Показатель	Единица измерения	Требование СТ РК 1284-2004	Значение	
			фракция 5-10 мм	фракция 10-20 мм
Средняя плотность	г/см ³	–	2,55	2,62
Содержание игловатых и лещадных зерен	%	≤ 25	13	9
Содержание пылеватых и глинистых частиц	%	≤ 1,0	0,3	0,2
Сцепление с битумом	–	–	Удовл.	Удовл.
Водонасыщение	%	–	1,93	0,90

Таблица 3 – Основные стандартные показатели асфальтобетона

Показатель	Единица измерения	Требования СТ РК 1225-2013	Значение
Средняя плотность	г/см ³	–	2,39
Водонасыщение	%	1,5-4,0	2,3
Пористость минеральной части	%	≤ 19	14
Пористость асфальтобетона	%	2,5-5,0	3,8
Прочность при сжатии:	МПа		
- 0 °С		≤ 13,0	7,3
- 20 °С		≥ 2,5	3,4
- 50 °С		≥ 1,3	7,3
Водостойкость	–	≥ 0,85	0,92
Сдвигустойчивость	МПа	≥ 0,38	0,40
Трещиностойкость	МПа	4,0-6,5	4,1

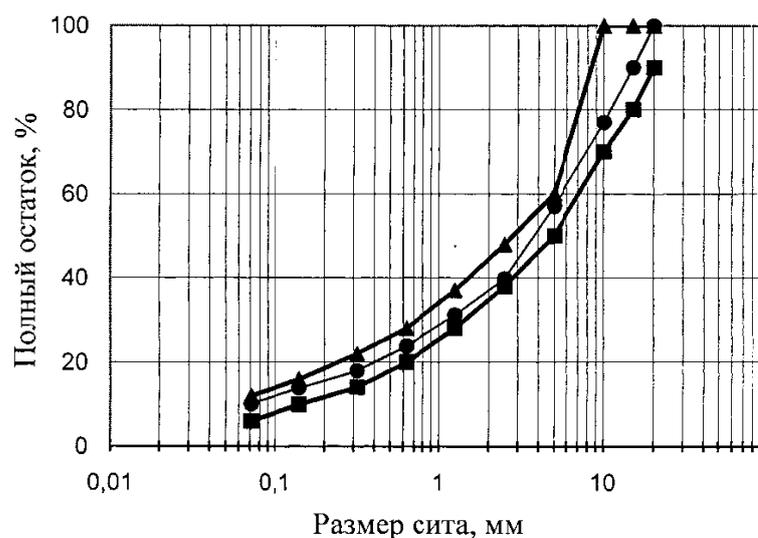


Рисунок 1 – Кривая гранулометрического состава минеральной части асфальтобетона

Испытание образцов асфальтобетона осуществлялся по стандарту Европы EN 12697-24 [5] на приборе компании Соорег (Великобритания) по схеме четырехточечного изгиба (4PB beam test) модели CRT-SA4 PT-BB (рисунок 2) в режиме контролируемой деформации. Образцы асфальтобетона в виде прямоугольной балки длиной 380 мм, шириной 50 мм и высотой 50 мм были изготовлены следующим образом. Сначала с помощью роллерного компактора компании Соорег модели CRT-RC2S по стандарту EN 12697-33 [6] были приготовлены образцы асфальтобетона в виде прямоугольной плиты. Затем из асфальтобетонных плит были вырезаны образцы в виде балки. Отклонения в размерах балок не превышали 2 мм.



Рисунок 2 – Прибор четырехточечного изгиба в климатической камере

При испытании частота нагружения была принята равной 10 Гц. Температура равнялась 0, 10, 20 и 30 °С. Величина контролируемой деформации в зависимости от температуры находилась в пределах от 0,000200 до 0,000700. Все образцы испытывались до уменьшения жесткости (комплексного модуля) до 50 % (E_{f50}^*) от первоначальной величины E_{50}^* (комплексный модуль при 50-м цикле нагружения).

Максимальные значения напряжения (σ_{max} , Па) и деформации (ε_{max} , м/м) в асфальтобетонном образце в любом цикле нагружения определяются по формулам:

$$\sigma_{max} = \frac{3 \cdot a \cdot P}{b \cdot h^2}, \quad (1)$$

$$\varepsilon_{\max} = \frac{12 \cdot h \cdot \ell}{3 \cdot L^2 - 4 \cdot a^2}, \quad (2)$$

где P – сила, Н; b , h – ширина и высота образца соответственно, м; L – расстояние между внешними опорами, м; a – расстояние между внутренними опорами, м; ℓ – максимальный прогиб в центре образца, м.

Жесткость (комплексный модуль E^* , Па) в любом цикле вычисляется по формуле:

$$E^* = \frac{\sigma_{\max}}{\varepsilon_{\max}}. \quad (3)$$

Всего было испытано 39 образцов асфальтобетона. При каждом значении температуры и контролируемой (постоянной) деформации число параллельных испытаний составляло от 2 до 4. Усредненные результаты испытания представлены в таблице 4. Из таблицы видно, что величина комплексного модуля сильно изменяется в зависимости от температуры, но имеет хорошую однородность при отдельных значениях температуры. Температурная зависимость начального комплексного модуля показана на рисунке 3. Она с высокой достоверностью ($R^2 = 0,945$) описывается экспоненциальной зависимостью:

$$E_{50}^* = 11054,208 \cdot e^{-0,091 \cdot T}, \quad (4)$$

где E_{50}^* – начальный комплексный модуль асфальтобетона, МПа; T – температура, °С.

Усталостная долговечность (число циклов нагружения до разрушения) асфальтобетона сильно зависит как от температуры, так и от величины контролируемой деформации. Усталостная долговечность растет с уменьшением деформации и повышением температуры.

Таблица 4 – Результаты испытания асфальтобетонных образцов на приборе четырехточечного изгиба

Постоянная деформация ε	Количество образцов	Начальный комплексный модуль E_{50}^* , МПа	Конечный комплексный модуль E_{f50}^* , МПа	Число циклов нагружения до разрушения N_f
Температура $T = 0$ °С				
0,000200	2	10 649,66	5 145,47	242 700
0,000300	2	9 141,29	4 428,10	17 430
0,000400	2	10 189,78	4 913,74	3 122
Температура $T = 10$ °С				
0,000200	3	5 954,92	2 950,26	523 332
0,000250	3	6 239,26	3 000,51	193 080
0,000300	3	5 911,92	2 871,36	39 833
0,000350	3	6 541,83	3 168,44	26 333
0,000400	4	6 097,06	2 897,28	18 296
Температура $T = 20$ °С				
0,000300	2	1 148,25	543,20	683 189
0,000400	2	1 417,22	648,64	105 464
0,000500	2	1 399,27	633,09	129 862
0,000600	2	1 088,05	498,23	42 580
0,000700	2	1 380,33	607,98	20 640
Температура $T = 30$ °С				
0,000500	2	771,53	354,25	70 370
0,000600	3	881,65	393,91	29 492
0,000700	2	807,10	366,88	27 110

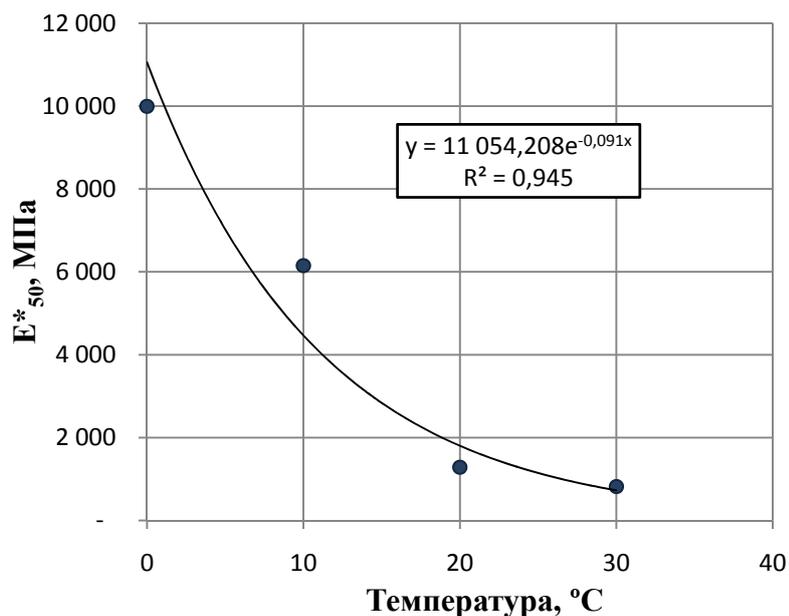


Рисунок 3 – Зависимость начального комплексного модуля от температуры

В процессе обработки результатов испытания было найдено, что данные об усталостной долговечности рассматриваемого вида асфальтобетона при температурах 20 и 30 °C можно объединить. С учетом этого на рисунке 4 представлена зависимость усталостной долговечности асфальтобетона от контролируемой деформации при разных температурах. Как видно, в логарифмических координатах зависимость усталостной долговечности от деформации при всех рассмотренных значениях температуры описывается уравнением прямой линии с высокими значениями достоверности. Это значит, что указанная зависимость представляет собой степенную функцию следующего вида:

$$N_f = k_1 \cdot \varepsilon^{k_2} \tag{5}$$

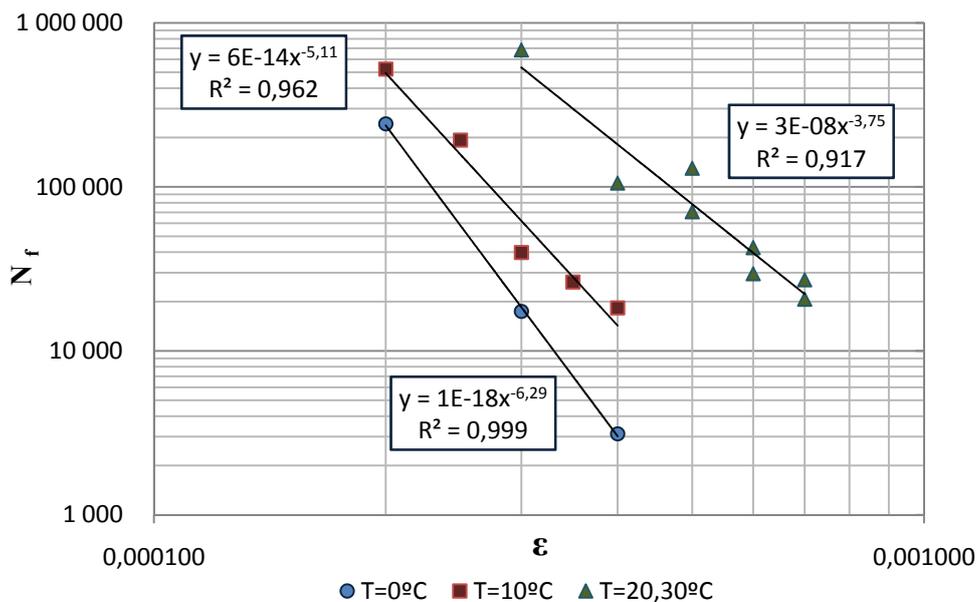


Рисунок 4 – Зависимость усталостной долговечности асфальтобетона от деформации при разных температурах

Следует отметить, что коэффициент k_2 показывает на какой порядок уменьшается усталостная долговечность (число циклов нагружения до разрушения) при увеличении деформации на один порядок. Значения коэффициентов k_1 , k_2 и показателя достоверности (R^2) зависимости (5) при разных температурах даны в таблице 5. Как видно, оба коэффициента изменяются в зависимости от температуры. Так как значение коэффициента k_2 уменьшается с повышением температуры, можно утверждать, что чувствительность асфальтобетона к изменению деформации уменьшается по мере повышения температуры. Графики этих зависимостей представлены на рисунках 5 и 6.

Таблица 5 – Значения коэффициентов k_1 , k_2 и показателя достоверности R^2

Температура, °C	Коэффициенты		Показатель достоверности R^2
	k_1	k_2	
0	$1 \cdot 10^{-18}$	-6,29	0,999
10	$6 \cdot 10^{-14}$	-5,11	0,962
20, 30	$3 \cdot 10^{-8}$	-3,75	0,917

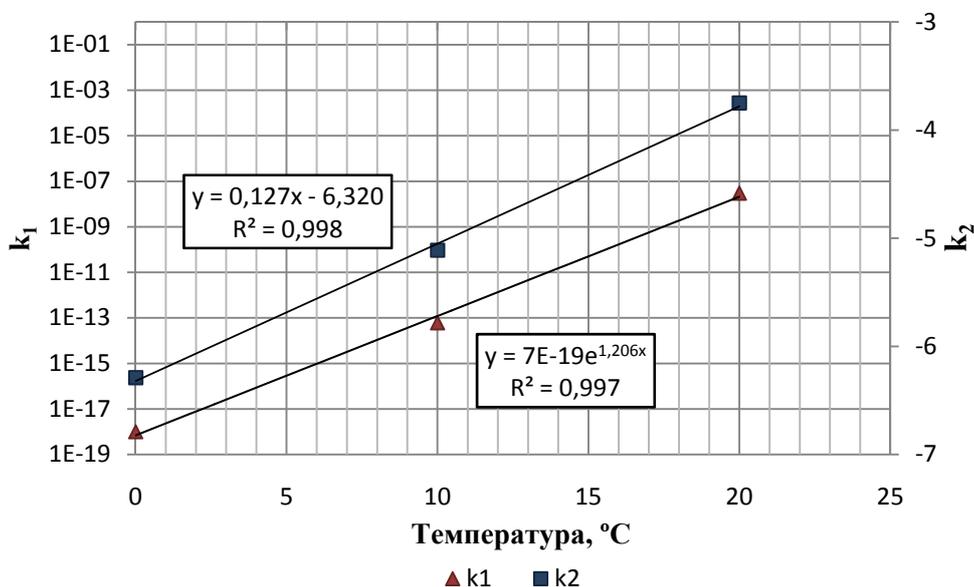


Рисунок 5 – Зависимость коэффициентов k_1 и k_2 уравнения (5) от температуры

Оказалось, что температурная зависимость коэффициента k_1 удовлетворительно аппроксимируется экспоненциальной функцией:

$$k_1 = 7 \cdot 10^{-19} \cdot e^{1,2063 \cdot T}, \tag{6}$$

а коэффициента k_2 – линейной функцией:

$$k_2 = 0,127 \cdot T - 6,3201. \tag{7}$$

Подставляя выражения (6) и (7) в уравнение (5), получим единое выражение для описания зависимости усталостной долговечности асфальтобетона от деформации и температуры в следующем виде:

$$N_f = 7 \cdot 10^{-19} \cdot e^{1,2063 \cdot T} \cdot \varepsilon^{(0,127 \cdot T - 6,3201)}. \tag{8}$$

Рекомендуется выражением (8) пользоваться для определения усталостной долговечности (число циклов нагружения до разрушения) рассмотренного вида асфальтобетона при частоте контролируемого деформирования 10 Гц и температуре от 0 до 30 °C.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] СН РК 3.03-19-2006. Проектирование дорожных одежд нежесткого типа. – Астана, 2007. – 87 с.
[2] СНиП РК 3.03-09-2006*. Автомобильные дороги. – Астана, 2007. – 51 с.
[3] СТ РК 1225-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Астана, 2013. – 27 с.
[4] СТ РК 1373-2013. Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вяжущие. Технические условия. – Астана, 2013. – 16 с.
[5] EN 12697-24. Bituminous Mixtures. Test Methods for Hot Mix Asphalt. – Part 24: Resistance to Fatigue. European Committee for Standardization. – Brussels, Belgium. – 2004. – 64 p.
[6] EN 12697-33. Bituminous Mixtures. Test Methods for Hot Mix Asphalt. – Part 33: Specimen prepared by roller compactor. – European Committee for Standardization. Brussels, Belgium. – 2003. – 22 p.

REFERENCES

- [1] CN RK 3.03-19-2006. Design of flexible pavements. Astana, 2007. 87 p. (in Russ.).
[2] CNIP RK 3.03-09-2006*. Roads. Norms of design. Astana, 2007. 51 p. (in Russ.).
[3] СТ РК 1225-2013. Hot mix asphalt for roads and airfields. Technical specifications. Astana, 2013. 27 p. (in Russ.).
[4] СТ РК 1373-2013. Bitumens and bitumen binders. Oil road viscous bitumens. Technical specifications. Astana, 2013. 16 p. (in Russ.).
[5] EN 12697-24. Bituminous Mixtures. Test Methods for Hot Mix Asphalt. Part 24: Resistance to Fatigue. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium. 2004. 64 p. (in Eng.).
[6] EN 12697-33. Bituminous Mixtures. Test Methods for Hot Mix Asphalt. Part 33: Specimen prepared by roller compactor. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium. 2003. 22 p. (in Eng.).

АСФАЛЬТОБЕТОННЫҢ ШАРШАУ ҰЗАҚМЕРЗІМДІЛІГІН
ТӘЖІРИБЕЛІК АНЫҚТАУ

Б. Б. Телтаев

Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: асфальтбетон, шаршау, ұзақмерзімділік, төрт нүктелі иілу аспабы.

Аннотация. Мақалада жол құрылысында үнемі қолданылатын ыстық майда түйіршікті асфальтбетонның шаршау ұзақмерзімділігін тәжірибелік анықтау нәтижелері келтірілген. Асфальтбетон МЖБ-100/130 маркалы тұтқыр жол битумын пайдаланып дайындалды. Асфальтбетон үлгілерін сынау зертхана жағдайында төрт нүктелі иілу аспабының көмегімен 0, 10, 20 және 30 °С температураларда, 10 Гц жүктеу жиілігімен бақыланатын деформация жағдайында орындалды. Сынақ нәтижелері бойынша асфальтбетонның бастапқы комплекстік модулінің температурамен байланысы және оның шаршау ұзақмерзімділігінің бақыланатын деформация мәнімен жоғарыда аталған температуралардағы байланысының графиктері сызылды. Алынған дефектерді статистикалық өңдеу жолымен асфальтбетонның ұзақмерзімділігінің деформациямен және температурамен байланысының ортақ математикалық өрнегі анықталды.

Поступила 20.03.2015 г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

bulletin-science.kz

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 14.04.2015.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
18,9 п.л. Тираж 2000. Заказ 2.