

ISSN 2518-170X (Online),
ISSN 2224-5278 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ГЕОЛОГИЯ ЖӘНЕ ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
СЕРИЯСЫ



СЕРИЯ
ГЕОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК



SERIES
OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

1 (421)

ҚАҢТАР – АҚПАН 2017 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2017 г.
JANUARY – FEBRUARY 2017

ЖУРНАЛ 1940 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1940 г.
THE JOURNAL WAS FOUNDED IN 1940.

ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK

Б а с р е д а к т о р ы

э. ғ. д., профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі

И.К. Бейсембетов

Бас редакторының орынбасары

Жолтаев Г.Ж. проф., геол.-мин. ғ. докторы

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Абаканов Т.Д. проф. (Қазақстан)
Абишева З.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Алиев Т. проф., академик (Әзірбайжан)
Бакиров А.Б. проф., (Қырғыстан)
Беспәев Х.А. проф. (Қазақстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Қазақстан)
Буктуков Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Бұлат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Тәжікстан)
Грэвис Р.М. проф. (АҚШ)
Ерғалиев Г.Х. проф., академик (Қазақстан)
Жуков Н.М. проф. (Қазақстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Қазақстан)
Қожахметов С.М. проф., академик (Қазақстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Ресей)
Курскеев А.К. проф., академик (Қазақстан)
Курчавов А.М. проф., (Ресей)
Медеу А.Р. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Мұхамеджанов М.А. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Нигматова С.А. проф. (Қазақстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Қазақстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Қазақстан)
Сейтов Н.С. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., корр.-мүшесі (Қазақстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (АҚШ)
Штейнер М. проф. (Германия)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Геология мен техникалық ғылымдар сериясы».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №10892-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18, <http://nauka-nanrk.kz/geology-technical.kz>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Редакцияның Қазақстан, 050010, Алматы қ., Қабанбай батыра көш., 69а.

мекенжайы: Қ. И. Сәтбаев атындағы геология ғылымдар институты, 334 бөлме. Тел.: 291-59-38.

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р

д. э. н., профессор, член-корреспондент НАН РК

И. К. Бейсембетов

Заместитель главного редактора

Жолтаев Г.Ж. проф., доктор геол.-мин. наук

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

Абаканов Т.Д. проф. (Казахстан)
Абишева З.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Алиев Т. проф., академик (Азербайджан)
Бакиров А.Б. проф., (Кыргызстан)
Беспаяев Х.А. проф. (Казахстан)
Бишимбаев В.К. проф., академик (Казахстан)
Буктуков Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Булат А.Ф. проф., академик (Украина)
Ганиев И.Н. проф., академик (Таджикистан)
Грэвис Р.М. проф. (США)
Ергалиев Г.Х. проф., академик (Казахстан)
Жуков Н.М. проф. (Казахстан)
Кенжалиев Б.К. проф. (Казахстан)
Кожаметов С.М. проф., академик (Казахстан)
Конторович А.Э. проф., академик (Россия)
Курскеев А.К. проф., академик (Казахстан)
Курчавов А.М. проф., (Россия)
Медеу А.Р. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Мухамеджанов М.А. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Нигматова С.А. проф. (Казахстан)
Оздоев С.М. проф., академик (Казахстан)
Постолатий В. проф., академик (Молдова)
Ракишев Б.Р. проф., академик (Казахстан)
Сейтов Н.С. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Сейтмуратова Э.Ю. проф., чл.-корр. (Казахстан)
Степанец В.Г. проф., (Германия)
Хамфери Дж.Д. проф. (США)
Штейнер М. проф. (Германия)

«Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук».

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «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 №10892-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

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

<http://наука-нанрк.kz/geology-technical.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

Адрес редакции: Казахстан, 050010, г. Алматы, ул. Кабанбай батыра, 69а.

Институт геологических наук им. К. И. Сатпаева, комната 334. Тел.: 291-59-38.

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

E d i t o r i n c h i e f

doctor of Economics, professor, corresponding member of NAS RK

I. K. Beisembetov

Deputy editor in chief

Zholtayev G.Zh. prof., dr. geol-min. sc.

E d i t o r i a l b o a r d:

Abakanov T.D. prof. (Kazakhstan)
Abisheva Z.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Aliyev T. prof., academician (Azerbaijan)
Bakirov A.B. prof., (Kyrgyzstan)
Bespayev Kh.A. prof. (Kazakhstan)
Bishimbayev V.K. prof., academician (Kazakhstan)
Buktukov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Bulat A.F. prof., academician (Ukraine)
Ganiyev I.N. prof., academician (Tadjikistan)
Gravis R.M. prof. (USA)
Yergaliev G.Kh. prof., academician (Kazakhstan)
Zhukov N.M. prof. (Kazakhstan)
Kenzhaliyev B.K. prof. (Kazakhstan)
Kozhakhmetov S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Kontorovich A.Ye. prof., academician (Russia)
Kurskeyev A.K. prof., academician (Kazakhstan)
Kurchavov A.M. prof., (Russia)
Medeu A.R. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Muhamedzhanov M.A. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Nigmatova S.A. prof. (Kazakhstan)
Ozdoyev S.M. prof., academician (Kazakhstan)
Postolatii V. prof., academician (Moldova)
Rakishev B.R. prof., academician (Kazakhstan)
Seitov N.S. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Seitmuratova Ye.U. prof., corr. member. (Kazakhstan)
Stepanets V.G. prof., (Germany)
Humphery G.D. prof. (USA)
Steiner M. prof. (Germany)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technology sciences.

ISSN 2518-170X (Online),

ISSN 2224-5278 (Print)

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 10892-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

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

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

Editorial address: Institute of Geological Sciences named after K.I. Satpayev
69a, Kabanbai batyr str., of. 334, Almaty, 050010, Kazakhstan, tel.: 291-59-38.

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES

ISSN 2224-5278

Volume 1, Number 421 (2017), 186 – 196

B. B. Teltayev, Y. D. Amirbayev

Kazakhstan Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: bagdatbt@yahoo.com, erik_neo@mail.ru

**EXPERIMENTAL EVALUATION OF STRENGTH
FOR ASPHALT AND POLYMER MODIFIED
ASPHALT CONCRETES AT LOW TEMPERATURES**

Abstract. Tensile strength of asphalt concretes and polymer asphalt concretes was determined experimentally at low temperatures through two methods in the paper. According to the first method the ends of the sample were fixed inflexibly. Temperature was reduced from +20°C with the rate of 10°C/h till sample damage. Critical stress and temperature were determined. According to the second method samples of asphalt and polymer asphalt concrete are deformed under the scheme of direct tension with constant rate (approximately 1 mm/min) at a constant temperature equal to -20°C till damage. The stress, when the damage of the sample occur (splitting into parts), has been admitted as the tensile strength of material. Prior to testing the samples were previously conditioned for 1, 10, 20, 30 and 40 hours. Test results showed that duration of preliminary conditioning impacts greatly on strength and deformability of asphalt and polymer asphalt concretes. During deformation with constant rate at -20°C tensile strength of all tested asphalt and asphalt concretes decreases with the increase of thermostatic conditioning duration up to 10 hours and further increase of duration does not impact practically on it. Meanwhile the strength decrease of asphalt concretes with bitumens grade BND 70/100 and BND 100/130, polymer asphalt concretes with polymers Elvaloy 4170, Calprene 501 and Butonal NS 198 is 49%, 32 %, 24 %, 25 % and 29 % respectively. During cooling with constant rate the duration of thermostatic conditioning does not impact practically on critical characteristics of asphalt concrete with bitumen grade BND 100/130 and polymer asphalt concrete with polymer Butonal NS 198. For other asphalt and polymer asphalt concretes the critical temperature is reduced with the duration increase of thermostatic conditioning, and critical stress increases. For all tested asphalt and polymer asphalt concretes the reduction of critical temperature at maximum thermostatic conditioning (40 h) is 2-2.5°C. Maximum increase of critical stress, which also complies with maximum duration of thermostatic conditioning (40 h), for asphalt concrete with bitumen grade BND 70/130, polymer asphalt concretes (BND 100/130 + Elvaloy 4170) and (BND 100/130 + Calprene 501) is equal to 28.0 %, 6.1 % and 15.0 % respectively.

Key words: asphalt concrete, polymer modified asphalt concrete, tensile strength, low temperature, thermostatic conditioning duration.

УДК 625.7/8:691.16

Б. Б. Телтаев, Е. Д. Амирбаев

Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Алматы, Казахстан

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ
АСФАЛЬТО- И ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНОВ
ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

Аннотация. В работе экспериментальным путем определена прочность при растяжении асфальтобетонов и полимерасфальтобетонов при низких температурах по двум методам. По первому методу концы образцов были закреплены жестко. Температура понижалась с +20 °С со скоростью 10 °С/ч до разрушения

образцов. Определялись критические напряжение и температура. По второй методике образцы асфальто- и полимерасфальтобетонов деформируются по схеме прямого растяжения с постоянной скоростью (около 1 мм/мин) при постоянной температуре, равной -20°C , до разрушения. Напряжение, при котором происходит разрушение (разделение на части) образца, принимается как прочность материала при растяжении. Перед испытанием образцы были предварительно термостатированы в течение 1, 10, 20, 30 и 40 часов. Результаты испытания показали, что продолжительность предварительного термостатирования оказывает существенное влияние на прочность и деформируемость асфальто- и полимерасфальтобетонов. При деформировании с постоянной скоростью при -20°C прочность всех испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов уменьшается при увеличении продолжительности термостатирования до 10 часов и дальнейшее увеличение продолжительности практически не влияет. При этом уменьшение прочности асфальтобетонов с битумами марок БНД 70/100 и БНД 100/130, полимерасфальтобетонов с полимерами Elvaloy 4170, Calprene 501 и Butonal NS 198 составляет 49%, 32 %, 24 %, 25 % и 29 % соответственно. При охлаждении с постоянной скоростью продолжительность термостатирования практически не влияет на критические характеристики асфальтобетона с битумом марки БНД 100/130 и полимерасфальтобетона с полимером Butonal NS 198. У других асфальто- и полимерасфальтобетонов с увеличением продолжительности термостатирования критическая температура уменьшается, а критическое напряжение увеличивается. Для всех испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов понижение критической температуры при максимальной продолжительности термостатирования (40 ч) составляет 2-2,5 $^{\circ}\text{C}$. Максимальное увеличение критического напряжения, соответствующее также максимальной продолжительности термостатирования (40 ч), для асфальтобетона с битумом марки БНД 70/130, полимерасфальтобетонов (БНД 100/130 + Elvaloy 4170) и (БНД 100/130 + Calprene 501) равно 28,0 %, 6,1 % и 15,0 % соответственно.

Ключевые слова: асфальтобетон, полимерасфальтобетон, прочность при растяжении, низкая температура, длительность термостатирования.

1. Введение. Низкотемпературное растрескивание является одним из часто встречающихся видов механической деструкции асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог. Этот вид деструкции на территории Казахстана встречается повсеместно. В северных регионах они часто появляются в первый же зимний период эксплуатации дороги и их число растет во времени. В научном открытии № 495 [1] было установлено, что при последовательных охлаждениях в асфальтобетонном покрытии образуются поперечные температурные трещины и блоки, являющиеся формами адаптации термодинамической системы к внешним условиям, среднее количество которых пропорционально логарифму количества охлаждений воздуха до первой критической температуры покрытия, а значение первой критической температуры зависит как от климатических характеристик, так и от реологических свойств асфальтобетона, в частности, от его прочности при растяжении.

В соответствии с требованиями стандарта [2], перед испытанием образцы асфальтобетонов в течение одного часа термостатируются при температурах испытаний. А в реальных дорожных условиях температурные условия асфальтобетонных слоев конструкции дорожной одежды изменяются в широких пределах и продолжительность периодов с определенной температурой может составить от нескольких часов до нескольких десятков суток. Для учета этого, в настоящей работе образцы асфальто- и полимерасфальтобетонов перед испытанием термостатированы в течение 1, 10, 20, 30 и 40 часов при температуре испытания, равной -20°C .

2. Материалы и методы.

2.1. Битумы и полимербитумы. В настоящей работе для приготовления асфальто- и полимерасфальтобетонов использованы следующие битумные вяжущие:

1) чистые битумы марок БНД 70/100 и БНД 100/130 Павлодарского нефтехимического завода (ПНХЗ); 2) битум марки БНД 100/130 ПНХЗ с добавкой полимера Elvaloy 4170 (1,4 % по массе битума); 3) битум марки БНД 100/130 ПНХЗ с добавкой полимера Butonal NS 198 (3,0 %); 4) битум марки БНД 100/130 ПНХЗ с добавкой полимера Calprene 501 (4,0 %).

Битумы чистый и модифицированные (полимербитумы) удовлетворяют требованиям стандартов [3, 4]. Основные стандартные показатели чистого битума и полимербитумов представлены в таблицах 1 и 2.

2.2. Асфальтобетоны и полимерасфальтобетоны. Горячие плотные асфальтобетоны и полимерасфальтобетоны типа Б по стандарту Казахстана СТ РК 1225-2013 [5] были приготовлены с использованием щебня фракций 5-10 мм (20 %), 10-15 мм (13 %), 15-20 мм (10 %) из Ново-

Таблица 1 – Основные стандартные показатели битума

Показатель	Единица измерения	Требования СТ РК 1373-2013		Значение показателей	
		БНД 70/100	БНД 100/130	БНД 70/100	БНД 100/130
Глубина проникания иглы: - 25 °С - 0 °С	0,1 мм	71-100 22	101-130 30	75 32	110 37
Индекс пенетрации PI	–	-1,0... +1,0	-1,0... +1,0	-0,87	-0,82
Растяжимость: - 25 °С - 0 °С	см	≥ 75 ≥ 3,8	≥ 90 ≥ 4,0	118 5,2	135 6,6
Температура размягчения	°С	≥ 45	≥ 43	47,5	44,0
Температура хрупкости	°С	≤ -20	≤ -22	-28,5	-30,2
Динамическая вязкость, 60 °С	Па·с	≥ 145	≥ 120	229,0	121,0
Кинематическая вязкость	мм ² /с	≥ 250	≥ 180	428,0	329,0

Таблица 2 – Основные стандартные показатели полимербитумов

Показатель	Единица измерения	Требования СТ РК 2534-2014		Значение показателей		
		БМП 50/70	БМП 100/130	БНД 100/130 + Elvaloy 4170 – 1,4 %	БНД 100/130 + Calprene 501 – 4,0 %	БНД 100/130 + Butonal NS 198 – 3,0 %
Глубина проникания иглы: 25 °С	0,1 мм	≥ 51-70	≥ 70-100	86	58	83
Растяжимость: 25 °С	см	≥ 20	≥ 25	70	42,5	51,0
Температура размягчения	°С	≥ 62	≥ 60	63,5	73,0	61,0
Температура хрупкости	°С	≤ -16	≤ -18	-29,1	-32,3	-27,4
Эластичность, при 25 °С	%	≥ 60	≥ 60	72	84	71

Алексеевского карьера (Алматинская область), отсева дробления фракции 0-5 мм (50 %) из завода «Асфальтобетон-1» (г. Алматы) и активированного минерального порошка (7 %) из Кордайского карьера (Жамбылская область).

Содержание битумов марок БМП 50/70 и БМП 70/130 в асфальтобетонах и полимерасфальтобетонах составляет 5,4 и 4,8 % соответственно по массе сухого минерального материала. Основные стандартные показатели асфальто- и полимерасфальтобетонов представлены в таблицах 3 и 4. Кривая гранулометрического состава минеральной части асфальто- и полимерасфальтобетонов показана на рисунке 1.

Таблица 3 – Основные стандартные показатели асфальтобетона

Показатель	Единица измерения	Требования СТ РК 1225-2013	Значение показателей	
			БНД 70/100	БНД 100/130
Средняя плотность	г/см ³	-	2,39	2,38
Водонасыщение	%	1,5-4,0	2,9	3,4
Пористость минеральной части	%	≤ 19	15,1	16,3
Пористость асфальтобетона	%	2,5-5,0	3,5	3,8
Прочность при сжатии: 0 °С 20 °С 50 °С	МПа	≤ 13,0 ≥ 2,5 ≥ 1,3	7,4 3,5 1,43	7,1 3,8 1,38
Водостойкость	–	≥ 0,83	0,90	0,92
Сдвигоустойчивость	МПа	≥ 0,38	0,40	0,39
Трещиностойкость	МПа	4,0-6,5	4,0	4,3

Таблица 4 – Основные стандартные показатели полимерасфальтобетонов

Показатель	Единица измерения	Требования СТ РК 1223-2013	Значение показателей		
			БНД 100/130 + Elvaloy 4170 – 1,4 %	БНД 100/130 + Calprene 501 – 4,0 %	БНД 100/130 + Butonal NS 198 – 3,0 %
Средняя плотность	г/см ³		2,41	2,41	2,405
Водонасыщение	%	1,5-3,0	2,5	2,2	2,6
Пористость минеральной части	%	≤ 19	16,0	14,3	16,6
Пористость асфальтобетона	%	2,5-5,0	3,4	3,2	3,7
Прочность при сжатии:	МПа				
0 °С		≤ 9,0	7,3	6,8	7,7
50 °С		≥ 1,8	2,4	2,6	2,2
Водостойкость	–	≥ 0,80	0,96	0,94	0,96
Сдвигоустойчивость	МПа	≥ 0,45	0,53	0,49	0,47
Трещиностойкость	МПа	4-6	4,5	4,8	4,3

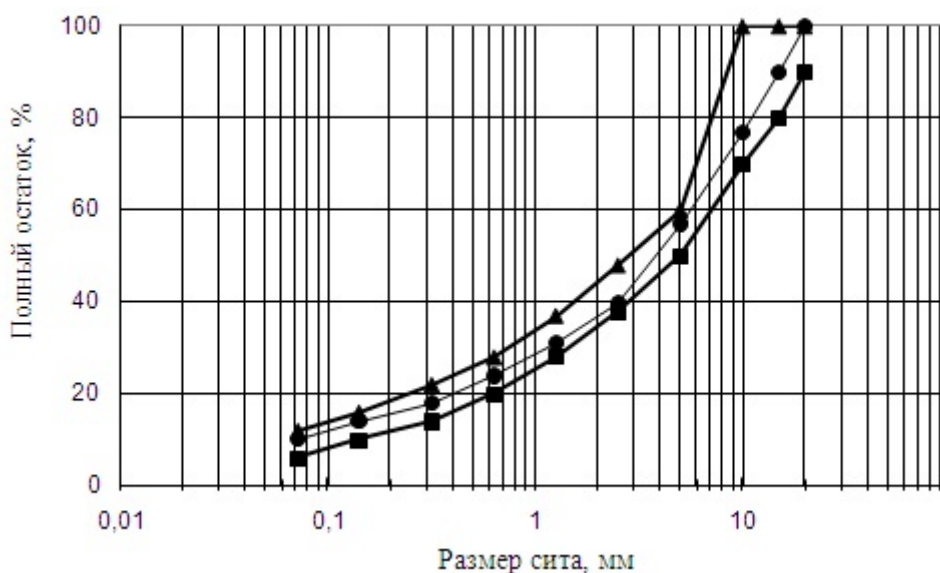


Рисунок 1 – Кривая гранулометрического состава минеральной части асфальто- и полимерасфальтобетонов

2.3. Подготовка образцов. Образцы асфальто- и полимерасфальтобетонов размером 5x5x16 см (рисунок 2) в форме прямоугольной призмы были изготовлены следующим образом. Сначала с помощью роллерного компактора (Великобритания, компания Соорег, модель CRT-RC2S) (рисунок 3) были приготовлены образцы асфальто- и полимерасфальтобетонов в форме квадратной плиты размером 5x30,5x30,5 см (рисунок 4) в соответствии с стандартом EN 12697-33 [6]. Затем путем разрезания в специальной установке из квадратных плит были получены образцы в форме прямоугольной призмы. Отклонение в размерах образцов не превышало 2 мм. К торцам образцов были приклеены металлические пластинки, предназначенные для соединения образцов с силовым механизмом и измерительными датчиками, и образец в течение 24 часов находился в специальной установке для обеспечения прочности между пластинками и образцом (рисунок 5).

Перед испытанием образцы асфальто- и полимерасфальтобетонов были помещены в морозильную камеру (рисунок 6) с температурой -20 °С и находились в термостатированном состоянии в течение 1, 10, 20, 30 и 40 часов.

2.4. Испытание образцов. Образцы асфальто- и полимерасфальтобетонов были испытаны в специальном приборе TRAVIS (рисунок 7), изготовленном компанией Infracore (Германия), по двум методам.



Рисунок 2 – Образцы асфальто- и полимерасфальтобетонов размером 5x5x16 см для испытания

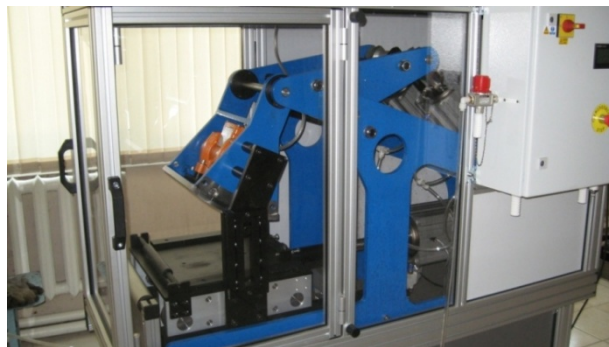


Рисунок 3 – Роллерный компактор CRT-RC2S



Рисунок 4 – Образец асфальтобетона размером 5x30,5x30,5 см в стальной форме

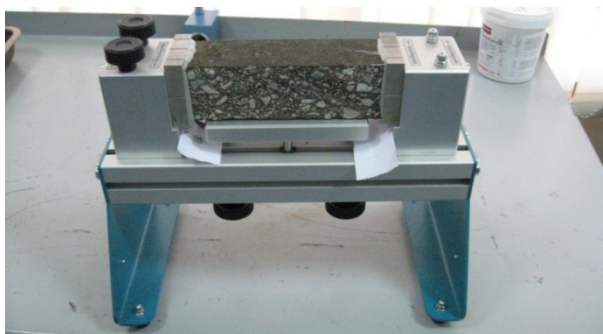


Рисунок 5 – Образец асфальтобетона с приклеенными металлическими пластинками в специальной установке



Рисунок 6 – Образцы асфальтобетона в морозильной камере



Рисунок 7 – Испытуемый образец асфальтобетона в термокамере прибора TRAVIS

По первой методике концы образцов не имели возможности деформироваться, т.е. были закреплены жестко. В термокамере температура уменьшалась с +20 °С со скоростью 10 °С/ч. Из-за ограничения свободного деформирования, в образце по мере понижения температуры появляется и увеличивается температурное напряжение и в момент времени достижения температурным напряжением предела прочности при растяжении образец разрушается. Температурное напряжение, при котором происходит разрушение (разделение на части) образца называется критическим напряжением σ_{cr} , а соответствующая температура – критической температурой T_{cr} [7, 8].

По второй методике образцы асфальто- и полимерасфальтобетона деформируются по схеме прямого растяжения с постоянной скоростью (около 1 мм/мин) при постоянной температуре, равной $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, до разрушения. Напряжение, при котором происходит разрушение (разделение на части) образца, принимается как прочность материала при растяжении.

3. Результаты и обсуждение.

3.1. Охлаждение с постоянной скоростью. В качестве примера на рисунках 8–10 представлены графики изменения температуры и температурного напряжения во времени, график изменения температурного напряжения в асфальтобетонном образце с битумом марки БНД 100/130 в зависимости от температуры после предварительного термостатирования в течение 1 часа. Как

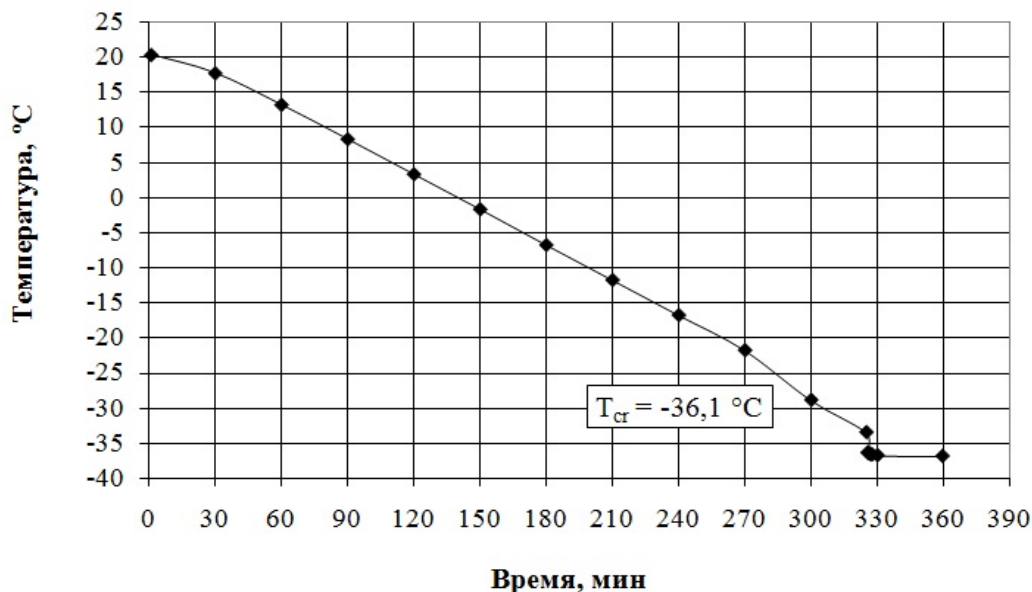


Рисунок 8 – График понижения температуры во времени образца асфальтобетона с битумом марки БНД 100/130 после предварительного термостатирования при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч

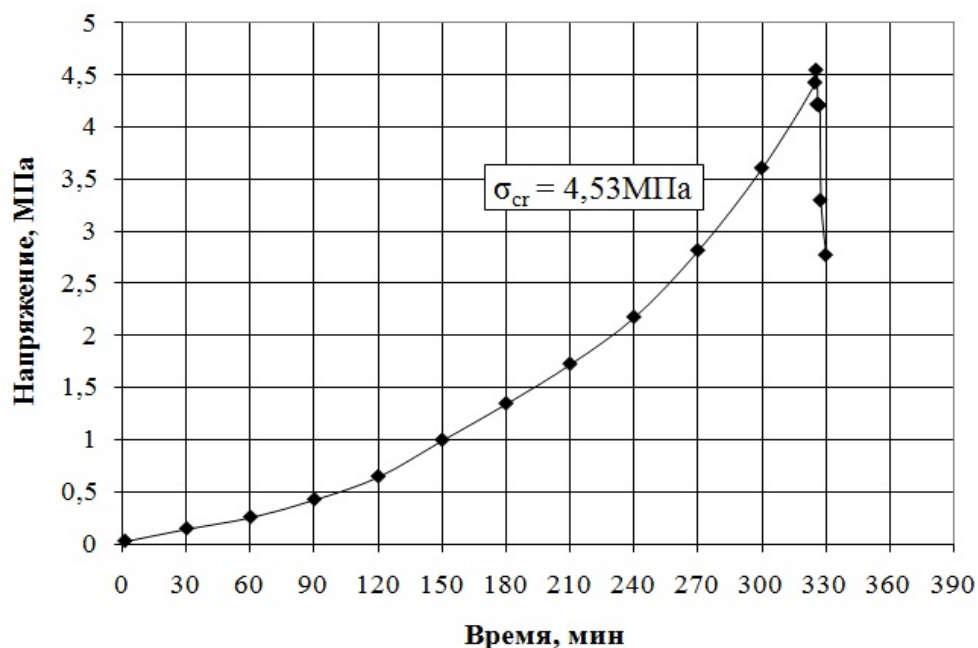


Рисунок 9 – График изменения температурного напряжения во времени в образце асфальтобетона с битумом марки БНД 100/130 после предварительного термостатирования при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 1 ч

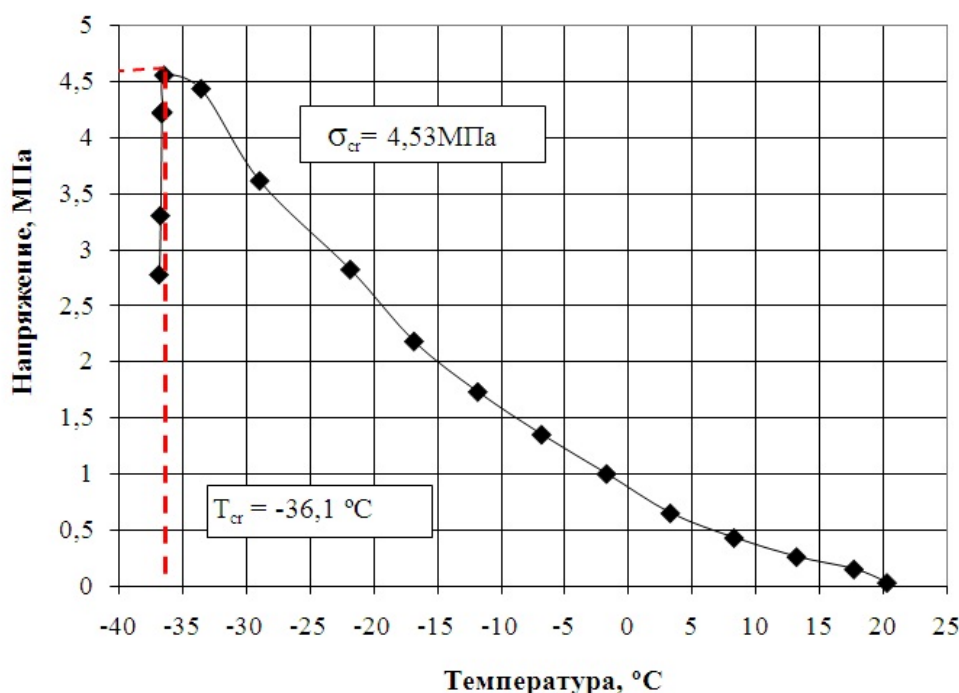


Рисунок 10 – График изменения температурного напряжения в образце асфальтобетона с битумом марки БНД 100/130 в зависимости от температуры после предварительного термостатирования при температуре -20°C в течение 1 ч

видно, прибор TRAVIS обеспечивает понижение температуры образца асфальтобетона в термокамере по линейной зависимости во времени, а температурное напряжение в образце изменяется во времени нелинейно. Как следствие, зависимость температурного напряжения от температуры имеет нелинейный характер. Видим, что в результате испытания определено: критические напряжение и температура равны $\sigma_{cr} = 4,53 \text{ МПа}$ и $T_{cr} = -36,1^{\circ}\text{C}$.

Значения критических напряжений и температур испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных длительностях предварительного термостатирования представлены в гистограммах (рисунки 11, 12), а величины увеличения критического напряжения и уменьшения критической температуры даны в таблицах 5 и 6 соответственно. Анализ данных гистограмм и таблиц показал, что продолжительность предварительного термостатирования практически не влияет на критические характеристики (σ_{cr} и T_{cr}) асфальтобетона с битумом марки БНД 100/130 и полимерасфальтобетона с битумом марки БНД 100/130 + Butonal NS 198. Критические характеристики других асфальто- и полимерасфальтобетонов изменяются с увеличением продолжительности термостатирования: критическое напряжение увеличивается, а критическая температура уменьшается. Практически у всех этих видов асфальтобетона максимальное уменьшение критической температуры (2-2,5 °C) отмечено в случае максимальной продолжительности термостатирования (40 ч). Максимальное увеличение критического напряжения, соответствующее также максимальной продолжительности термостатирования (40 ч), для асфальтобетона с битумом марки БНД 70/130, полимерасфальтобетонов (БНД 100/130 + Elvaloy 4170) и (БНД 100/130 + Calprene 501) равно 28,0 %, 6,1 % и 15,0 % соответственно.

3.2. Деформирование с постоянной скоростью. Значения прочности при прямом растяжении испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных длительностях предварительного термостатирования представлены в виде гистограмм на рисунке 13. Как видно, прочность всех испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов уменьшается при увеличении продолжительности термостатирования до 10 часов и в дальнейшем практически остается постоянной. Величины уменьшения прочности асфальто- и полимерасфальтобетонов даны в таблице 7. Уменьшение прочности асфальтобетонов с битумами марок БНД 70/100 и БНД 100/130, полимерасфальтобетонов с полимерами Elvaloy 4170, Calprene 501 и Butonal NS 198 составляет 49%, 32 %, 24 %, 25 % и 29 % соответственно.

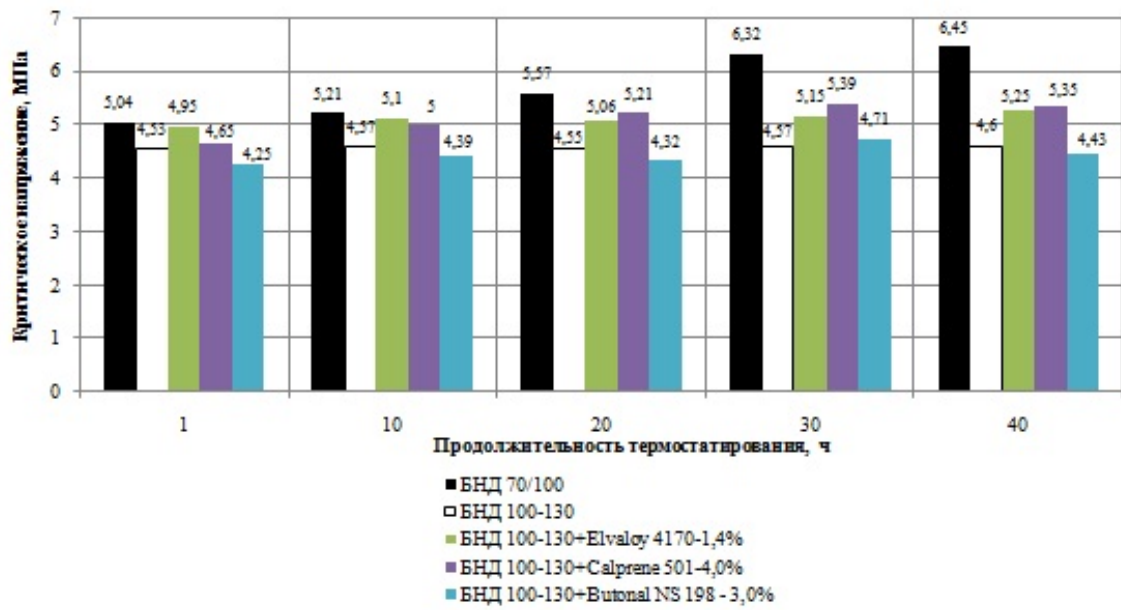


Рисунок 11 – Гистограмма критических напряжений при растяжении испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных длительностях предварительного термостатирования

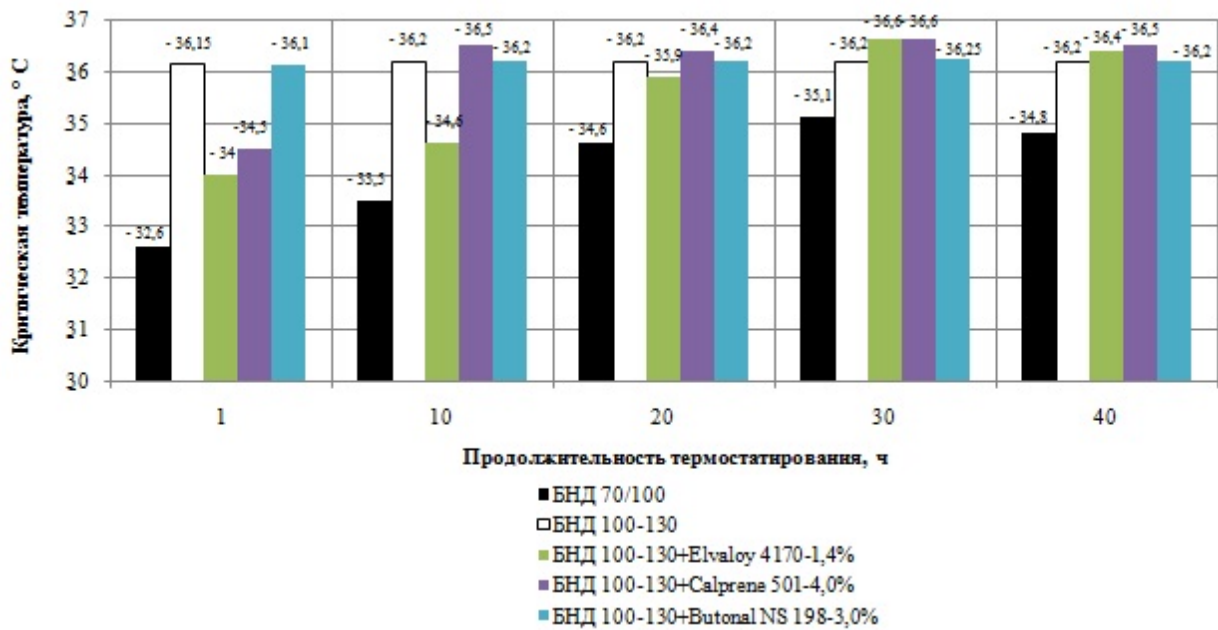


Рисунок 12 – Гистограмма критических температур при растяжении испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных длительностях предварительного термостатирования

Таблица 5 – Увеличение критического напряжения асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных продолжительностях предварительного термостатирования

Вид асфальтобетона	Увеличение σ_{cr} , (%) при продолжительности термостатирования (ч)				
	1	10	20	30	40
Асфальтобетон, БНД 70/100	0	3,4	10,5	25,4	28,0
Асфальтобетон, БНД 100/130	0	0,4	0	0,4	1,1
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Elvaloy 4170	0	3,0	2,2	4,0	6,1
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Calprene 501	0	7,5	12,0	15,9	15,0
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Butonal NS 198	0	3,3	1,6	10,8	4,2

Таблица 6 – Уменьшение критической температуры асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных продолжительностях предварительного термостатирования

Вид асфальтобетона	Уменьшение T_{cr} , (°C) при продолжительности термостатирования (ч)				
	1	10	20	30	40
Асфальтобетон, БНД 70/100	0	0,9	2,0	2,5	2,2
Асфальтобетон, БНД 100/130	0	0,05	0,05	0,05	0,05
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Elvaloy 4170	0	0,6	1,9	2,6	2,4
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Calprene 501	0	2,0	1,9	2,1	2,0
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Butonal NS 198	0	0,1	0,1	0,15	0,1

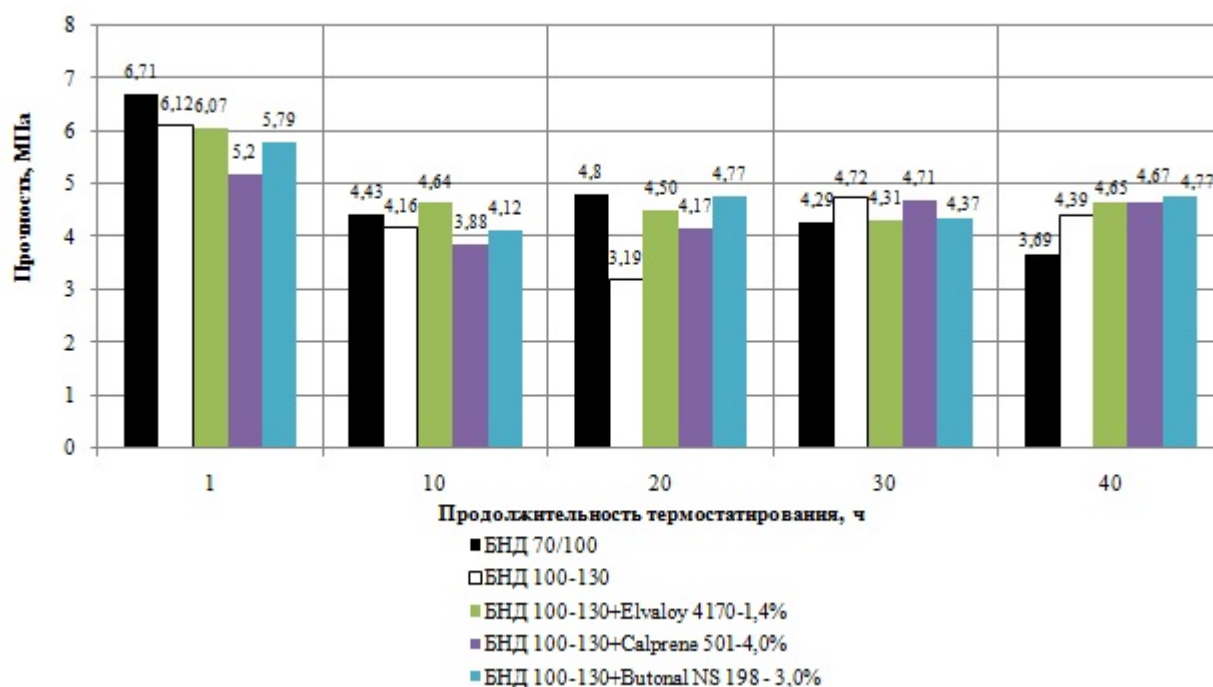


Рисунок 13 – Гистограмма прочности при растяжении испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных длительностях предварительного термостатирования

Таблица 7 – Уменьшение прочности при растяжении асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных продолжительностях предварительного термостатирования

Наименование асфальтобетона	Уменьшение прочности (%) при продолжительности термостатирования (ч)				
	1	10	20	30	40
Асфальтобетон, БНД 70/100	0	48,8	28,5	36,0	44,9
Асфальтобетон, БНД 100/130	0	32,0	47,7	22,8	28,2
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Elvaloy 4170	0	23,5	25,8	28,9	23,2
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Calprene 501	0	25,4	19,8	9,3	10,1
Полимерасфальтобетон, БНД 100/130 + Butonal NS 198	0	28,8	17,6	24,4	17,6

Заклучение.

1. Продолжительность предварительного термостатирования оказывает существенное влияние на прочность и деформируемость асфальто- и полимерасфальтобетонов.

2. При деформировании с постоянной скоростью при $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ прочность при растяжении всех испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов уменьшается при увеличении продолжительности термостатирования до 10 часов и дальнейшее увеличение продолжительности практически не влияет. При этом уменьшение прочности асфальтобетонов с битумами марок БНД 70/100 и БНД 100/130, полимерасфальтобетонов с полимерами Elvaloy 4170, Calprene 501 и Butonal NS 198 составляет 49%, 32 %, 24 %, 25 % и 29 % соответственно.

3. При охлаждении с постоянной скоростью продолжительность термостатирования практически не влияет на критические характеристики асфальтобетона с битумом марки БНД 100/130 и полимерасфальтобетона с полимером Butonal NS 198. У других асфальто- и полимерасфальтобетонов с увеличением продолжительности термостатирования критическая температура уменьшается, а критическое напряжение увеличивается. Для всех испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов понижение критической температуры при максимальной продолжительности термостатирования (40 ч) составляет 2-2,5 $^{\circ}\text{C}$. Максимальное увеличение критического напряжения, соответствующее также максимальной продолжительности термостатирования (40 ч), для асфальтобетона с битумом марки БНД 70/130, полимерасфальтобетонов (БНД 100/130 + Elvaloy 4170) и (БНД 100/130 + Calprene 501) равно 28,0 %, 6,1 % и 15,0 % соответственно.

Работа выполнена по договору № 36 от 21 июля 2016 года «Совершенствование нормативно-технической базы автомобильной отрасли» с Комитетом автомобильных дорог Министерства по инвестициям и развитию Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Телтаев Б.Б. Закономерность самоорганизации асфальтобетонного покрытия при низкотемпературном растрескивании. – Диплом № 495 на открытие. – М., 2016.
- [2] pr EN 12697-46. (Darft). Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. – Part 46: Low temperature cracking and properties by uniaxial tension tests. – 2004.
- [3] СТ РК 1373-2013. Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия. – Астана, 2013.
- [4] СТ РК 2534-2014. Битум и битумные вяжущие. Битумы нефтяные модифицированные, дорожные. Технические условия. – Астана, 2014.
- [5] СТ РК 1225-2013. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Астана, 2013.
- [6] EN 12697-33. Bituminous Mixtures. Test methods for hot mix asphalt. – Part 33: Specimen prepared by roller compactor. – 2003.
- [7] Teltayev B. Evaluation of low temperature cracking indicators of hot mix asphalt pavement // International Journal of Pavement Research and Technology. – 2014. – Vol. 7, N 5. – P. 343-351.
- [8] Телтаев Б.Б. Дорожное асфальтобетонное покрытие как диссипативная структура // Доклады НАН РК. – 2016. – № 2. – С. 11-37.

REFERENCES

- [1] Teltayev B.B. Regularity of self-organization for asphalt concrete pavement during low temperature cracking. Certificate No. 495 for scientific discovery (in Russ.).
- [2] pr EN 12697-46. (Darft). Bituminous mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 46: Low temperature cracking and properties by uniaxial tension tests. 2004 (in Eng.).
- [3] ST RK 1373-2013. Bitumens and bitumen binders. Oil road viscous bitumens. Technical specifications. Astana, 2013 (in Russ.).
- [4] ST PK 2534-2014. Bitumen and bitumen binders. Oil road modified bitumens. Technical specifications. Astana, 2014 (in Russ.).
- [5] ST RK 1225-2003. Hot mix asphalt for roads and airfields. Technical specifications. Astana, 2003 (in Russ.).
- [6] EN 12697-33. Bituminous Mixtures. Test methods for hot mix asphalt. Part 33: Specimen prepared by roller compactor. 2003 (in Eng.).
- [7] Teltayev B. Evaluation of low temperature cracking indicators of hot mix asphalt pavement // International Journal of Pavement Research and Technology. 2014. Vol. 7, N 5. P. 343-351 (in Eng.).
- [8] Teltayev B. A road asphalt concrete pavement as a dissipative structure // Reports of NAS RK. 2016. N 2. P. 11-37 (in Russ.).

Б. Б. Телтаев, Е. Д. Амирбаев

Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан

**ТӨМЕНГІ ТЕМПЕРАТУРАЛАРДА АСФАЛЬТ- ЖӘНЕ ПОЛИМЕРАСФАЛЬТБЕТОНДАРДЫҢ
БЕРІКТІГІН ТӘЖРИБЕЛІК БАҒАЛАУ**

Аннотация. Жұмыста тәжірибелік жолмен асфальтбетон мен полимерасфальтбетонның төменгі температураларда созылу кезіндегі беріктігі екі әдіс бойынша анықталды. Бірінші әдіс бойынша сынамалардың ұштары қатты бекітілген. Температура 10 °C/сағ жылдамдықта +20 °C-ден сынаманың бұзылуына дейін төмендеді. Қауіпті кернеуі мен температура анықталды. Екінші әдіс бойынша асфальт- және полимерасфальтбетондардың сынамалары -20 °C-ге тең тұрақты температурада тұрақты жылдамдықта (1 мм/мин шамасында) тура созылу сұлбасы бойынша бұзылуға дейін деформацияланады. Сынама бұзылатын (бөліктерге бөлінуі) кернеу материалдың созылу кезіндегі беріктігі ретінде қабылданады. Сынаудың алдында сынамалар алдын ала 1, 10, 20, 30 және 40 сағат бойы термостатталды. Сынау нәтижелері алдын ала термостаттаудың ұзақтығы асфальт- және полимерасфальтбетондардың беріктігіне және деформациялануына айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. Сыналған барлық асфальт- және полимерасфальтбетондардың созылу кезіндегі беріктігі -20 °C-де тұрақты жылдамдықта термостаттау ұзақтығын 10 сағатқа дейін арттырғанда төмендейді және одан кейінгі ұзақтықты арттыру ешқандай әсер етпейді. Сонымен бірге, БНД 70/100 және БНД 100/130 битум маркасы бар асфальтбетондардың және Elvaloy 4170, Calprene 501 және Butonal NS 198 полимерлері бар полимерасфальтбетондардың беріктігінің төмендеуі 49%, 32 %, 24 %, 25 % және 29 % тең. Тұрақты жылдамдықта салқындату кезінде термостаттау ұзақтығы БНД 100/130 битум маркасы бар асфальтбетонның және Butonal NS 198 полимері бар полимерасфальтбетонның критикалық сипаттамаларына әсер етпейді. Басқа асфальт- және полимерасфальтбетондарда термостаттау ұзақтығы артқан сайын критикалық температурасы төмендеп, критикалық кернеу артады. Барлық сыналған асфальт- және полимерасфальтбетондардың критикалық температурасының төмендеуі ең жоғары термостаттау кезінде (40 с) 2-2,5 °C-қа тең. Ең жоғары термостаттауға (40 с) сәйкес келетін критикалық кернеудің барынша көп артуы БНД 70/130 битум маркасы бар асфальтбетон және тұтқырғыштары бар полимерасфальтбетондар үшін (БНД 100/130 + Elvaloy 4170) және (БНД 100/130 + Calprene 501) 28,0%, 6,1% және 15,0%-ке тең.

Түйін сөздер: асфальтбетон, полимерасфальтбетон, созылу беріктігі, төменгі температура, термостаттау ұзақтығы.

Сведения об авторах:

Телтаев Бағдат Бурханбайұлы – доктор технических наук, профессор, президент АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», e-mail: bagdatbt@yahoo.com

Амирбаев Ерик Диханбаевич – начальник отдела дорожно-строительных материалов АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», e-mail: erik_neo@mail.ru

**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

ISSN 2518-170X (Online), ISSN 2224-5278 (Print)

<http://geolog-technical.kz/index.php/kz/>

Верстка Д. Н. Калкабековой

Подписано в печать 15.02.2017.

Формат 70x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

15,25 п.л. Тираж 300. Заказ 1.