

ISSN 2224-5227

2015 • 6

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
**БАЯНДАМАЛАРЫ**

**ДОКЛАДЫ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**REPORTS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН

ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.

PUBLISHED SINCE 1944



Бас редактор  
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Редакция кеңесі:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр. мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор  
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусейтова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И.Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

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 №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 3000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz>, [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

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

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2015 г.

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

**M.Zh. Zhurinov**, academician of NAS RK

Editorial board:

**S.M. Adekenov** (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

**V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

ISSN 2224-5227

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 5540-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/> [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

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

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

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 6, Number 304 (2015), 33 – 42

**DETERMINING THE VISCOELASTIC OF ASPHALT  
AND CHARACTERISTICS POLYMER-ASPHALT CONCRETES****B.B. Teltayev**

Kazakhstan Highway Research Institute, Almaty, Kazakhstan

[bagdatbt@yahoo.com](mailto:bagdatbt@yahoo.com)

**Key words:** asphalt concrete, polymer-asphalt concretes, four point bending equipment, complex modulus, phase angel, storage modulus, loss modulus.

**Abstract:** In the paper viscoelastic characteristics (complex modulus, phase angel, storage modulus, loss modulus) of a dense graded asphalt concrete and polymer-asphalt concretes with polymers Butonal NS 198 and Elvaloy 4170 have been defined by experimental way. Experimental testing of the materials samples in the form of rectangular beam was carried out on a four point bending equipment. Tests were carried out in the controlled (constant) strain mode ( $\varepsilon = 50 \mu\varepsilon$ ) at frequency of 10 Hz and temperatures equal to -10, 0, 10, 20, 30, 40 and 50 °C. It has been stated that the complex modulus, the phase angle, the storage modulus increase with decreasing of temperature on the exponential dependence. With the exception of some cases it can be accepted that values of the complex modulus and loss modulus of tested asphalt concrete and polymer-asphalt concretes are the same at all temperatures. The phase angle of the polymer-asphalt concrete with polymer Butonal NS 198 gradually increases with increasing of temperature while the phase angle of the dense graded asphalt concrete and the polymer-asphalt concrete with polymer Elvaloy 4170 increases up to temperature of 40 °C and stars to decrease with further increasing of temperature.

УДК691.16

**Определение вязкоупругих характеристик  
асфальто- и полимерасфальтобетонов****Б.Б.Телтаев**

Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт, Алматы, Казахстан

[bagdatbt@yahoo.com](mailto:bagdatbt@yahoo.com)

**Ключевые слова:** асфальтобетон, полимерасфальтобетоны, прибор четырехточечного изгиба, комплексный модуль, фазовый угол, модуль сохранения, модуль потерь.

**Аннотация.** В статье экспериментальным путем определены вязкоупругие характеристики (комплексный модуль, фазовый угол, модуль сохранения и модуль потерь) мелкозернистого плотного асфальтобетона, полимерасфальтобетонов с полимерами ButonalNS 198 и Elvaloy 4170. Экспериментальное испытание образцов материалов в форме прямоугольной балки было выполнено на приборе четырехточечного изгиба. Испытания проводились в режиме контролируемой (постоянной) деформации, равной  $50 \mu\varepsilon$ , при частоте нагружения 10 Гц и температурах от -10 °C до 50 °C с шагом 10 °C. Установлено, что комплексный модуль, фазовый угол и модуль сохранения повышаются с понижением температуры по экспоненциальной зависимости. За некоторым исключением, можно принять, что значения комплексного модуля и модуля потерь испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов одинаковы при всех температурах. Фазовый угол полимерасфальтобетона с полимером ButonalNS 198 с увеличением температуры монотонно повышается, а плотного асфальтобетона и полимерасфальтобетона с полимером Elvaloy 4170 до температуры 40 °C повышается и при дальнейшем увеличении температуры начинает снижаться.

**1. ВВЕДЕНИЕ**

Асфальтобетон во всем мире является одним из широко используемых материалов в качестве покрытия автомобильных дорог. Прочность и долговечность автомобильных дорог во многом зависят от прочности и других характеристик асфальтобетона [1-4]. Прочность конструкций

дорожных одежд автомобильных дорог оценивается специальными расчетами [5-8], для выполнения которых требуется задание расчетных значений характеристик используемых дорожных материалов, в том числе асфальтобетонов.

Согласно СН РК 3.03.19-2006 [7], в расчетах конструкций дорожных одежд на прочность по всем трем критериям в качестве деформационной характеристики асфальтобетонов используется модуль упругости. При этом в соответствии с тем, что расчеты выполняются по схемам кратковременного (динамического) и длительного (статического) нагружения, задаются значения модуля упругости асфальтобетонов при длительностях нагружения 0,1 с и 10 мин соответственно [5].

Указанный выше модуль упругости является так называемым релаксационным модулем, определяемым посредством испытания асфальтобетона по схеме релаксации напряжения [9, 10], в соответствии с которым в начальный момент времени ( $t=0$ ) испытываемый образец мгновенно деформируется на величину  $\varepsilon_0$ , которая затем до конца испытания сохраняется постоянной.

Во многих странах деформируемость асфальтобетона как вязкоупругого материала характеризуют абсолютным значением комплексного модуля  $|E^*|$ , определяемого путем испытания асфальтобетонного образца под действием гармонически изменяющейся во времени нагрузки или деформации [2, 11, 12]. Исследователи, особенно специалисты по расчету дорожных конструкций абсолютное значение комплексного модуля сокращенно называют «комплексный модуль» или «динамический модуль» и обозначают как  $E^*$ . В действующем в настоящее время американском руководстве по проектированию конструкций дорожных одежд автомобильных дорог [11] динамический модуль принят как основная деформационная характеристика асфальтобетонов.

Возможно, по ряду объективных причин при разработке нового нормативного документа по проектированию конструкций дорожных одежд автомобильных дорог динамический модуль может быть принят в качестве основной вязкоупругой деформационной характеристики асфальто- и полимерасфальтобетонной в Казахстане.

В настоящей работе представлены результаты экспериментального определения динамического модуля и других вязкоупругих характеристик (модуль сохранения, модуль потерь и фазовый угол) мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б с битумом марки БНД 100/130 и полимерасфальтобетонов с полимерами Elvaloy 4170 и ButonalNS 198.

## 2. МАТЕРИАЛЫ

### 2.1. Битум и полимербитумы

Для приготовления мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б был использован битум марки БНД 100/130, удовлетворяющий требованиям стандарта СТ РК 1373 [13]. Основные стандартные показатели битума даны в таблице 1. Битум был произведен Павлодарским нефтехимическим заводом из сырой нефти Западной Сибири (Россия).

Таблица 1. Основные стандартные показатели битума

Показатель	Единица измерения	Требования СТ РК 1373-2013	Значение
Глубина проникания иглы: при 25 °С при 0 °С	0,1 мм	101-130 не менее 30	104 32
Температура размягчения по кольцу и шару	°С	не ниже 43	46,0
Растяжимость: при 25 °С при 0 °С	см	не менее 90 4,0	140 5,7
Температура хрупкости по Фраасу	°С	не выше -22	-25,9
Температура вспышки	°С	не ниже 230	285
Изменение температуры размягчения после прогрева	°С	не более 8	4,0
Индекс пенетрации		от -1,0 до +1,0	-0,34
Динамическая вязкость при 60 °С	П·с	не ниже 120	175,0
Кинематическая вязкость при 135 °С	мм <sup>2</sup> /с	не ниже 180	398,0
Устойчивость к старению при 163 °С: - изменение массы	%	не более 0,8	0,03

- глубина проникания иглы, от исходной	%	50	64%
- растяжимость при 25°C	см	80	85

Для приготовления полимерасфальтобетонов использовались полимербитумные вяжущие, полученные путем добавки в чистый битум марки БНД 100/130 полимеров Elvaloy 4170 и ButonalNS 198 в количестве 14 % и 3,0 % от массы битума. Основные стандартные показатели полимербитумных вяжущих представлены в таблице 2. Полимербитумные вяжущие удовлетворяют требованиям стандарта СТ РК 1025 [14].

Таблица 2. Основные стандартные показатели полимербитумных вяжущих

Показатель	Единица измерения	Стандарт	Значение	
			Elvaloi 4170	Butonal NS 198
Глубина проникания иглы: при 25 °С при 0°С	0,1 мм	СТ РК 1226	80 33	79 33
Температура размягчения по кольцу и шару	°С	СТ РК 1227	67,0	61,0
Растяжимость: при 25 °С при 0 °С	см	СТ РК 1374	49 7,3	118 24
Температура хрупкости по Фраасу,	°С	СТ РК 1229	-25,1	-28,0
Эластичность: при 25 °С при 0 °С	%		71 -	80 70
Температура вспышки	°С	СТ РК 1804	280	280
Устойчивость к старению после прогрева при температуре 163 °С: изменение массы	%	СТ РК 1224	-	2,0

## 2.2. Асфальтобетон и полимерасфальтобетоны

Мелкозернистый плотный асфальтобетон типа Б, удовлетворяющий требованиям стандарта СТ РК 1225 [15], был приготовлен с использованием щебня (43 %) и высевки (50 %) из Ново-Алексеевского карьера (Алматинская область), минерального порошка (7 %) из Кордайского карьера (Жамбылская область). Фракции щебня: 5-10 мм (20 %); 10-15 мм (13 %) и 15-20 мм (10 %). Фракция высевки: 0-5 мм. Кривая гранулометрического состава асфальтобетона показана на рисунке 1. Щебень удовлетворяет требованиям стандарта СТ РК 1284 [16] и его основные стандартные показатели представлены в таблице 3.

Содержание битума в асфальтобетоне оставляло 4,8 % по массе сухого минерального материала.

Основные стандартные показатели асфальтобетона даны в таблице 4.

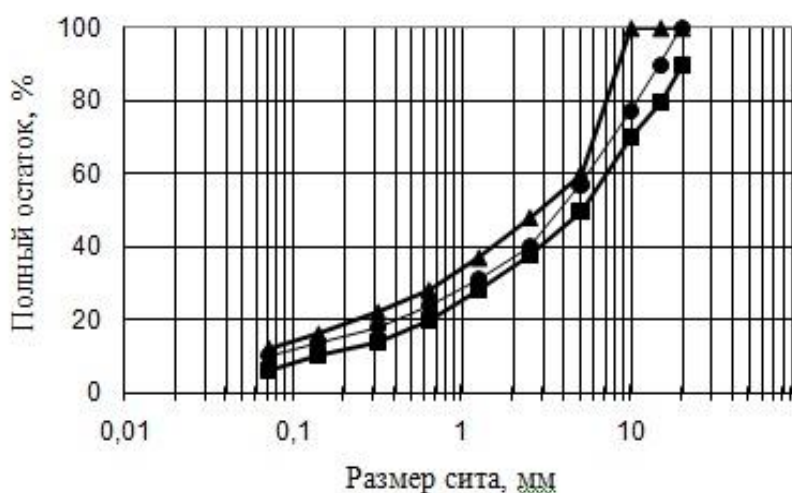


Рисунок 1. Кривая гранулометрического состава асфальтобетона

Таблица 3. Основные стандартные показатели щебня

Показатель	Единица измерения	Требование 1284-2004	Значение	
			фракция 5-10 мм	фракция 10-20 мм
Средняя плотность	г/см <sup>3</sup>	-	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 4. Основные стандартные показатели асфальтобетона

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Требования СТ РК 1225	Значение
1	2	3	4	5
1.	Остаточная пористость асфальтобетона	%	св. 2,5 до 5,0	3,8
2.	Пористость минеральной части асфальтобетона	%	не более 19	14
3.	Водонасыщение (по объему)	%	1,5 - 4,0	3,2
4.	Предел прочности при сжатии при 20 °С	МПа	не менее 2,5	3,4
5.	Предел прочности при сжатии при 50 °С	МПа	не менее 1,3	1,4
6.	Предел прочности при сжатии при 0 °С	МПа	не более 13	7,0
7.	Водостойкость		не менее 0,85	0,92
8.	Водостойкость при длительном водонасыщении		не менее 0,75	0,81
9.	Сдвигоустойчивость по: - коэффициенту внутреннего трения - сцеплению при сдвиге при 50 °С	МПа	не менее 0,83 не менее 0,38	0,94 0,39
10.	Трещиностойкость по пределу прочности при расколе при 0 °С	МПа	от 4,5 до 6,0	4,0

Два вида полимерасфальтобетона были приготовлены с применением полимербитумных вяжущих с полимерами Elvaloy 4170и ButonalNS 198 соответственно. Содержание полимербитумов в составе полимерасфальтобетонов составляет 4,8 %по массе сухого



минерального материала. Полимерасфальтобетоны удовлетворяют требованиям стандарта СТ РК 1223 [17] и их основные стандартные показатели приведены в таблице 5.

Таблица 5. Основные стандартные показатели полимерасфальтобетонов

№ п/п	Наименование показателей	Единица измерения	Требования СТ РК 1223	Значение	
				Elvaloi 4170	ButonalNS 198
1.	Остаточная пористость асфальтобетона	%	св. до 5,0	3,4	2,8
2.	Пористость минеральной части асфальтобетона	%	не более 19	15,3	15,4
3.	Водонасыщение (по объему)	%	1,5-3,0	2,6	1,6
4.	Предел прочности при сжатии при 50°C	МПа	не менее 1,8	2,5	2,2
5.	Предел прочности при сжатии при 0°C	МПа	не более 9	7,1	6,8
6.	Водостойкость		не менее 0,90	0,95	0,95
7.	Водостойкость при длительном водонасыщении		не менее 0,80	0,87	0,89
8.	Сдвигоустойчивость по: - коэффициенту внутреннего трения - сцеплению при сдвиге при 50 °С		не менее 0,83 не менее 0,38	0,99 0,45	0,91 0,43
9.	Трещиностойкость по пределу прочности при расколе при 0 °С	МПа	от 4 до 6	4,6	4,3

### 3. Методы

#### 3.1. Изготовление образцов

Образцы асфальто- и полимерасфальтобетонов для испытания были изготовлены следующим путем. Сначала с помощью роллерного компактора модели CRT-RC2S компании Соорег (Великобритания) в соответствии с европейским стандартом EN 12697-33 [18] были приготовлены образцы в виде прямоугольных плит размерами: длина 40,5 см; высота 10 см и ширина 30 см. Затем из них путем распиливания были изготовлены образцы в виде прямоугольных балок размерами: длина 38 см; высота – 5 см и ширина – 5 см.

#### 3.2. Испытание

Испытание образцов асфальто- и полимерасфальтобетонов в виде прямоугольных балок с целью определения их вязкоупругих характеристик было осуществлено на приборе четырехточечного изгиба, установленном в климатической камере, модели CRT-SA4PT-BB компании Соорег в соответствии с стандартом EN 12697-26 [12]. Режим испытания – постоянная деформация, равная 50 мк. Частота нагружения – 10 Гц. Количество циклов нагружения – 100. Температура испытания: -10, 0, 10, 20, 30, 40 и 50 °С.

### 4. Теоретические основы

Поведение вязкоупругого материала при циклическом деформировании характеризуется комплексным модулем  $E^*$  и фазовым углом  $\delta$  [19-21]. Комплексный модуль  $E^*$  характеризует полное сопротивление вязкоупругого материала деформации, включающей как упругую, так и пластическую составляющие. Разложив комплексный модуль  $E^*$  на две составляющие, получим модуль сохранения  $E'$  и модуль потерь  $E''$ , которые определяются по выражениям:

$$E' = E'' \cdot \cos\delta, \quad (1)$$

$$E'' = E' \cdot \sin\delta. \quad (2)$$

Модуль сохранения  $E'$  характеризует упругую (восстановимую) часть деформации, а модуль потерь  $E''$  – пластическую (невосстановимую) часть. Как видно из выражений (1) и (2), фазовый угол определяет соотношение между упругой и вязкой составляющими деформации. Теоретически

фазовый угол изменяется от 0° (для чисто упругого материала) до 90° (для идеально вязкой жидкости).

Величина самого комплексного модуля  $E^*$  определяется по формуле:

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

где  $\sigma_{\max}$ ,  $\sigma_{\min}$  – максимальное и минимальное напряжение в цикле соответственно;  
 $\varepsilon_{\max}$ ,  $\varepsilon_{\min}$  – максимальная и минимальная деформация в цикле соответственно.

## 5. Результаты и обсуждение

### 5.1. Комплексный модуль и фазовый угол

На рисунках 2 и 3 представлены значения комплексного модуля  $E^*$  и фазового угла  $\delta$  испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных температурах. Как видно, с повышением температуры комплексный модуль уменьшается. При этом следует отметить, что, за исключением температур 0 °С и 10 °С, значения комплексного модуля всех испытанных видов асфальтобетона и полимерасфальтобетона близки. Что касается температур 0 °С и 10 °С, то высокие значения (до 33 % и 20 % соответственно) комплексного модуля полимерасфальтобетона с полимером ButonalNS 198 характеризуют относительно меньшую деформативную способность этого полимерасфальтобетона по сравнению с другими. Можно заметить, что комплексные модули асфальто- и полимерасфальтобетонов с увеличением температуры уменьшаются по экспоненциальной зависимости.

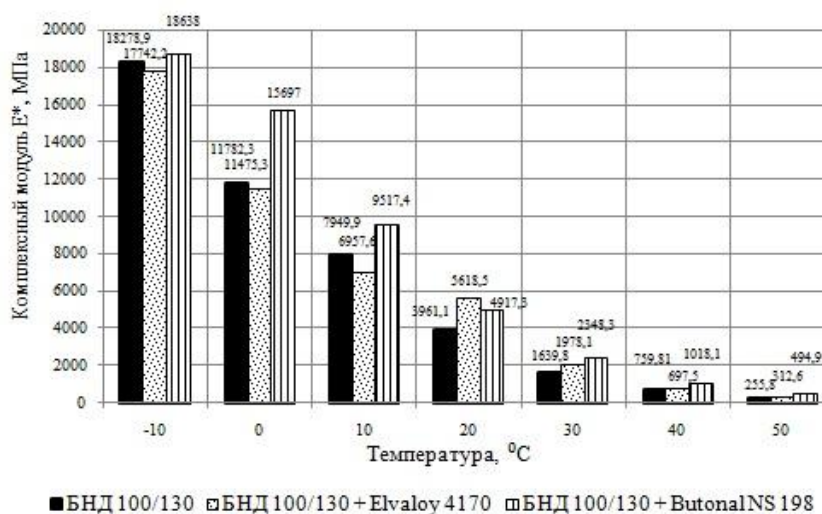


Рисунок 2. Значения комплексного модуля асфальто- и полимерасфальтобетонов при разных температурах

Фазовый угол полимерасфальтобетона с ButonalNS 198 с увеличением температуры монотонно повышается, свидетельствуя о постепенном повышении способности деформироваться пластически. Максимальный фазовый угол при температуре 50 °С составляет 42°. Фазовые углы у асфальтобетона и полимерасфальтобетона с полимером Elvaloy 4170 имеют несколько другое свойство: при температурах выше 40 °С начинают снижаться, что говорит о повышении способности деформироваться упруго. Этот факт, на первый взгляд, противоречит известному пониманию о повышении деформироваться пластически вязкоупругих тел с повышением температуры. С другой стороны, нельзя исключить экспериментальные погрешности. Поэтому на данной стадии считаем, что вопрос об уменьшении фазового угла асфальто- и полимерасфальтобетона при высоких температурах ( $\geq 40$  °С) требует дальнейшего изучения.

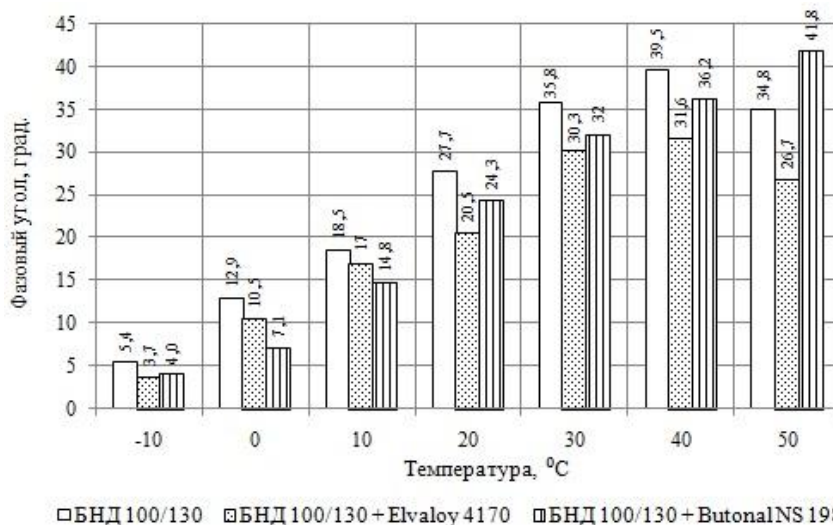


Рисунок 3. Значения фазового угла асфальто полимерасфальтобетон при разных температурах

## 5.2. Модули сохранения и потерь

Сравнивая модули сохранения и потерь можно получить важную информацию о соотношении способностей вязкоупругих материалов деформироваться упруго и пластически. Гистограммы значений модулей сохранения и потерь испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов показаны на рисунках 4-6, на которых четко видно, что при температурах 40 °C и выше способности деформироваться упруго и пластически у всех испытанных асфальтобетонов практически равны между собой; начиная с температуры 30 °C, с понижением температуры упругая часть деформации растет по экспоненциальной зависимости; в пределах температуры от 20 °C до -10 °C пластическая часть деформации практически не зависит от температуры и её величина практически одинакова у всех испытанных асфальто- и полимерасфальтобетонов.

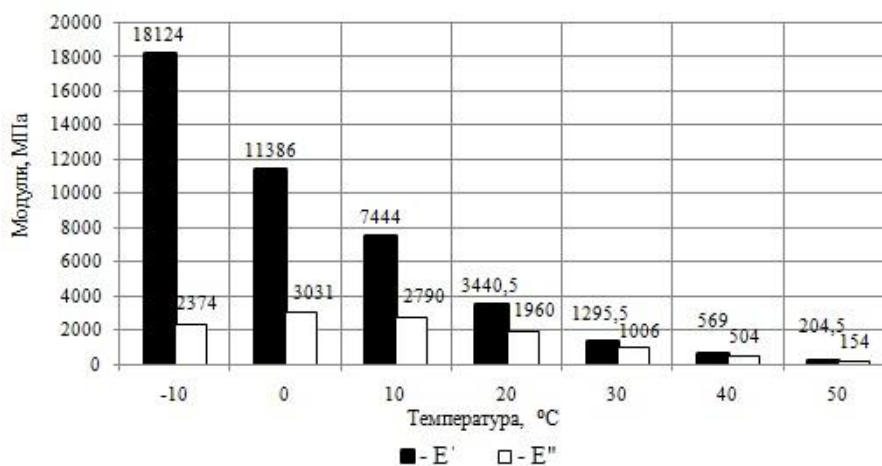


Рисунок 4. Значения модуля сохранения (E') и модуля потерь (E'') мелкозернистого плотного асфальтобетона типа Б с битумом марки БНД 100/130 при разных температурах

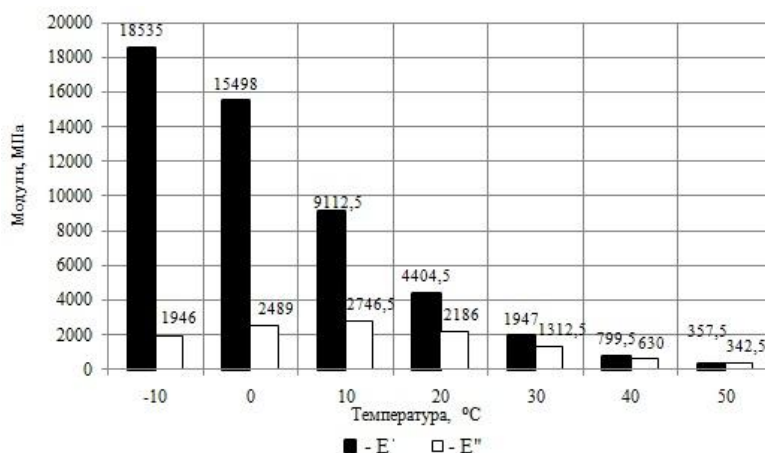


Рисунок 5. Значения модуля сохранения (E') и модуля потерь (E'') полимерасфальтобетона (БНД 100/130 + полимер Elvaloy4170) при разных температурах

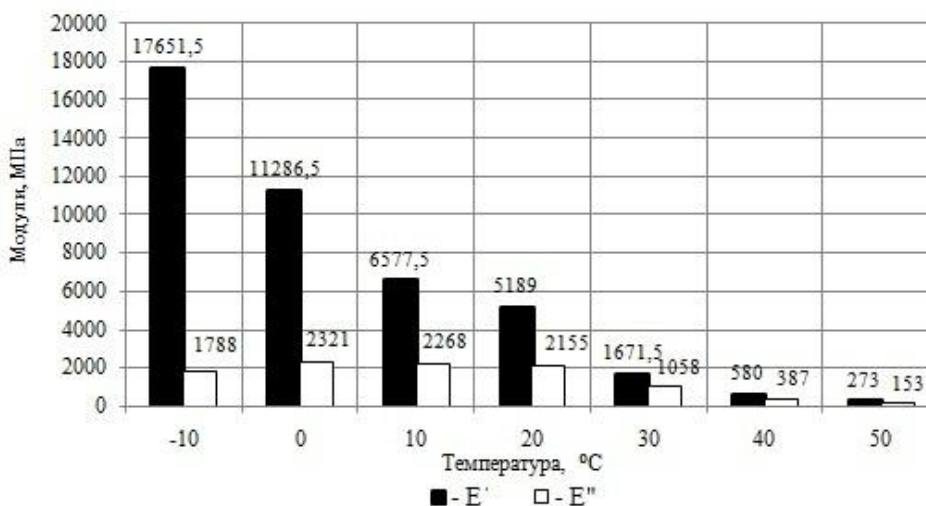


Рисунок 6. Значения модуля сохранения (E') и модуля потерь (E'') полимерасфальтобетона (БНД 100/130 + ButonalNS 198) при разных температурах

## Заключение

Анализ результатов экспериментального определения вязкоупругих характеристик асфальто- и полимерасфальтобетона позволяет сделать следующие выводы:

1. Комплексные модули упругости с увеличением температуры уменьшаются по экспоненциальной зависимости.

2. Фазовый угол полимерасфальтобетона с полимером ButonalNS 198 с увеличением температуры монотонно повышается, что говорит о постепенном увеличении пластической составляющей деформации. У плотного асфальтобетона и полимерасфальтобетона с полимером Elvaloy4170 при температурах выше 40 °C фазовый угол начинает уменьшаться, что противоречит известным пониманиям вязкоупругости и требует дальнейшего изучения.

3. При температурах 40 °C и выше способности деформироваться упруго и пластически у всех испытанных видов асфальто- и полимерасфальтобетонов практически равны. Начиная с температуры 30 °C, с понижением температуры упругая часть деформации растет по экспоненциальной зависимости. В диапазоне температуры от 20 °C до -10°C пластическая часть деформации у всех асфальто- и полимерасфальтобетонов не зависит от температуры и имеет практически одинаковую величину.

## ЛИТЕРАТУРА

- [1] Yoder E., Witczak M. Principles of Pavement Design. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 1975.
- [2] Papagiannakis A., Masad E. Pavement Design and Materials. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 2008.
- [3] Ковалев Я.Н., Кравченко С.Е., Шумчик В.К. Дорожно-строительные материалы и изделия. – Минск: ИНФРА-М, 2013. – 630 с.
- [4] Бабков В.Ф., Андреев О.В. Проектирование автомобильных дорог. Часть 1. – М.: Транспорт, 1987. – 368 с.
- [5] Конструирование и расчет нежестких дорожных одежд /Под ред. Н.Н. Иванова. – М.: Транспорт, 1973. – 328 с.
- [6] Телтаев Б.Б. Деформации и напряжения в нежестких конструкциях дорожных одежд /Под ред. Ш.М. Айталиева. – Алматы: КазАТК, 1999. – 217 с.
- [7] СНРК 3.03-19-2006. Проектирование дорожных одежд нежесткого типа. – Астана, 2007. – 87 с.
- [8] Афиногенов О.П., Ефименко В.Н., Ефименко С.В. Конструирование и расчет дорожных одежд. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2008. – 371 с.
- [9] Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. – М.: Наука, 1988. – 712 с.
- [10] Колтунов М.А. Ползучесть и релаксация. – М.: Высшая школа. – 279 с.
- [11] ARA, Inc, ERES Consultants Division. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Final Report. NCHRP Project 1-37 A. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2004.
- [12] EN 12697-26. Bituminous Mixtures. Test Methods for Hot Mix Asphalt. Part 26. Stiffness. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium.
- [13] СТ РК 1373-2013. Битумы битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вяжущие. Технические условия. – Астана, 2013.
- [14] СТ РК 1025-2010. Вяжущие полимерно-битумные дорожные на основе блок-сополимеров типа стирол-бутадиен-стирол. Технические условия. – Астана, 2010.
- [15] СТ РК 1225-2003. Смеси асфальтобетонные дорожные, аэродромные и асфальтобетон. Технические условия. – Астана, 2003.
- [16] СТ РК 1284-2004. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Астана, 2004.
- [17] СТ РК 1223-2013. Смеси полимерасфальтобетонные дорожные, аэродромные и полимерасфальтобетон. Технические условия. – Астана, 2013.
- [18] 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.
- [19] Tschoegl N.W. The phenomenological theory of linear viscoelastic behavior: An introduction. Heidelberg, Springer-Verlag, 1989, 769 p.
- [20] Технические условия и методы испытаний битумных вяжущих, классифицированных по эксплуатационным характеристикам покрытий /Перевод с англ. под ред. проф. Б.С. Радовского. – Лексингтон: Институт битума, 1993.
- [21] Радовский Б.С., Телтаев Б.Б. Вязкоупругие характеристики битума и их оценка по стандартным показателям. – Алматы: «Білім» баспасы, 2013. – 152 с.

## REFERENCES

- [1] Yoder E., Witczak M. Principles of Pavement Design. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 1975. (in Eng.).
- [2] Papagiannakis A., Masad E. Pavement Design and Materials. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey, 2008. (in Eng.).
- [3] Kovalev Ya.N., Kravchenko S.Ye., Shumchik V.K. Road materials. Minsk, INFRA-M, 2013. – 630 p. (in Russ.).
- [4] Babkov V.F., Andreyev O.V. Road design. Part 1. Moscow, Transport, 1987 – 368 p. (in Russ.).
- [5] Design and calculation of flexible pavements. Edited by N.N. Ivanov. Moscow, Transport, 1973. – 328 p. (in Russ.).
- [6] Teltayev B. B. Deformations and stresses in flexible pavement structures. Ed. by S. M. Aitaliyev. – Almaty: KazATC, 1999. – 217 p. (in Russ.).
- [7] SN RK 3.03-19-2006. Design of flexible pavements. Astana, 2007. 87 p. (in Russ.).
- [8] Afinogenov O.P., Yefimenko V.N., Yefimenko S.V. Design and calculation of pavements. Kemerovo, Kuzbassvuzizdat, 2008. – 371 p. (in Russ.).
- [9] Rabotnov Y.N. Mechanics of deformable solid. Moscow, Science, 1988. - 712 p. (in Russ.).
- [10] Coltunov M.A. Creep and relaxation. Moscow, High school. – 279 p. (in Russ.).
- [11] ARA, Inc, ERES Consultants Division. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures. Final Report. NCHRP Project 1-37 A. Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2004. (in Eng.).
- [12] EN 12697-26. Bituminous Mixtures. Test Methods for Hot Mix Asphalt. Part 26. Stiffness. European Committee for Standardization. Brussels, Belgium. – 2004. (in Eng.).
- [13] ST RK 1373-2013. Bitumens and bitumen binders. Oil road viscous bitumens. Technical specifications. Astana, 2013. (in Russ.).
- [14] ST RK 1025-2010. Polymer modified bitumen binders on of block-copolymers of styrene-butadiene-styrene. Technical specifications. Astana, 2010. (in Russ.).
- [15] ST RK 1225-2013. Hot mix asphalt for roads and airfields. Technical specifications. Astana, 2013. (in Russ.).
- [16] STRK 1284-2004. Crushed stone and gravel of dense rock for construction works. Technical specifications. Astana, 2004. (in Russ.).

- [17] STRK 1223-2013. Hot mix polymer asphalt for roads and airfields. Technical specifications. – Astana, 2013. (in Russ.).
- [18] 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.).
- [19] Tschoegl N.W. The phenomenological theory of linear viscoelastic behavior: An introduction. Heidelberg, Springer-Verlag, 1989, 769 p. (in Eng.).
- [20] Technical specifications and test methods for bitumen binders classified on pavement performance characteristics. Translated from English. Edited by Prof. B.S. Radovskiy. Lexington, Asphalt institute, 1993. (in Russ.).
- [21] Radovskiy B., Teltayev B. Visco-elastic properties of asphalts based on penetration and softening point. Almaty, Publisher «Bilim», 2013. 152 p. (in Russ.).

**Асфальт-және полимерасфальтбетондардың тұтқыр-серпімділік сипаттамаларын анықтау**

**Б.Б.Телтаев**

Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты, Алматы, Қазақстан  
[bagdatbt@yahoo.com](mailto:bagdatbt@yahoo.com)

**Түйін сөздер:** асфальтбетон, полимерасфальтбетондар, төртнүктелі иілу аспабы, комплекстік модуль, фазалық бұрыш, сақталу модулі, жоғалту модулі.

**Аннотация.** Мақалада тәжірибелік жолмен тығыз асфальтбетонның, Butonal NS 198 және Elvaloy 4170 полимерлерімен полимерасфальтбетондардың тұтқыр-серпімділік сипаттамалары (комплекстік модуль, фазалық бұрыш, сақталу модулі, жоғалту модулі) анықталған. Тік бұрышты сырық пішінді материалдардың үлгілерін тәжірибелік сынау төртнүктелі иілу аспабында орындалды. Сынақтар 50µε – ға тең бақыланатын (тұрақты) деформация жағдайында 10 Гц жүктеу жиілігінде 10 °С кадаммен - 10 °С – тан 50 °С – қа дейінгі температура аралығында жүргізілді. Комплекстік модульдің, фазалық бұрыштың және сақталу модулінің температураның төмендеуімен экспоненциалдық байланыс бойынша жоғарылайтыны анықталды. Кейбір ауытқуларды есепке алмағанда, сыналған асфальт – және полимерасфальтбетондардың комплекстік және сақталу модульдарының мәндерін барлық температураларда тең деп алуға болады. Butonal NS 198 полимерлі полимерасфальтбетонның фазалық бұрышы температураның ұлғаюымен біртіндеп жоғарылайды, ал тығыз асфальтбетон мен Elvaloy 4170 полимерлі полимерасфальтбетонның фазалық бұрыштары 40 °С-қа дейін жоғарылайды және температура одан әрі үлкейгенде төмендей бастайды.

Сведения об авторе:

Телтаев Багдат Бурханбайұлы – доктор технических наук, профессор, президент АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт».

Адрес: Республика Казахстан, 050061,

г. Алматы, ул. Нурпеисова, 2а, АО «КаздорНИИ»

e-mail: [bagdatbt@yahoo.com](mailto:bagdatbt@yahoo.com)

**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 work described 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](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <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](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *С.К. Досаевой*

Подписано в печать 05.12.2015.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.

16,8 п.л. Тираж 2000. Заказ 6.