

Министерство по инвестициям и развитию Республики Казахстан
Комитет автомобильных дорог
АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт»

**«Опыт применения модифицированных битумов при
строительстве транспортной инфраструктуры Республики
Казахстан».**



КАЗДОРНИИ

г. Санкт-Петербург 2016



Общая протяженность автомобильных дорог - 130 000 km

Автодороги общего пользования - 96 700 km

Автодороги с асфальтобетонным покрытием - 21 200 km

Республика Казахстан



Площадь - 2 724 900 кв.км
(9 место в мире)

Население - 17,0 млн. чел

Климат - резко континентальный

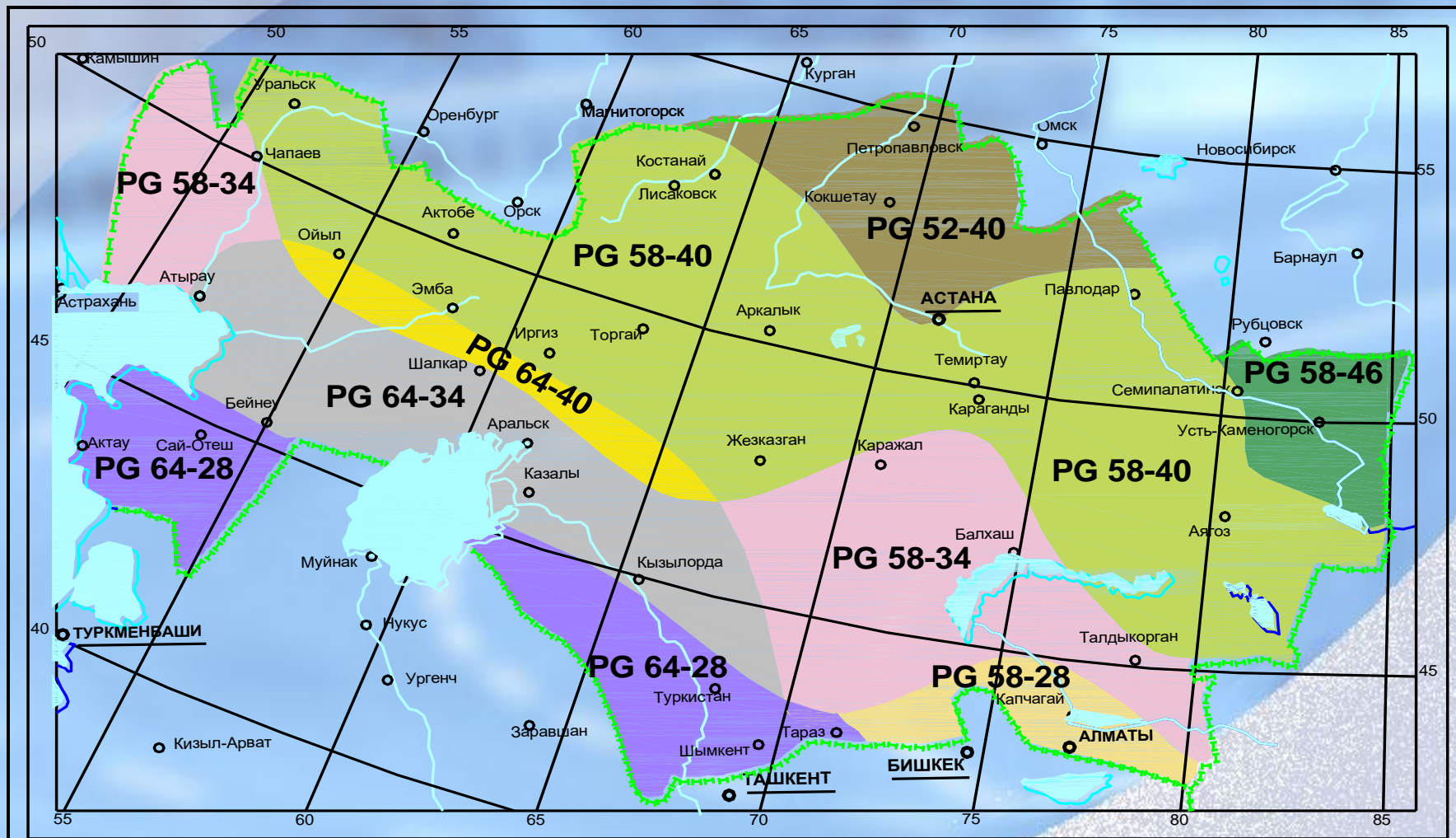
Температура : летом на юге +50 °C
зимой на севере -52 °C



- **Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт (КаздорНИИ) был создан в 1959 г. как филиал Всесоюзного дорожного научно-исследовательского института (СоюздорНИИ). В 1992 г. филиал СоюздорНИИ был преобразован в АО «КаздорНИИ».**



Районирование территории Казахстана по эксплуатационным температурам асфальтобетонных покрытий



Исследование эксплуатационных свойств битумов с применением технических условий Суперпейв



Печь RTFOT
Искусственное старение



PAV



Низкотемпературная
трещиностойкость



Высокотемпературная
колееустойчивость

По техническим условиям Superpave критериями выбора битума для асфальтобетонных смесей является соответствие требованиям характеристик, полученных на специально разработанных приборах (динамическим сдвигом реометре, ротационном вискозиметре, реометре с изгибающейся балкой и приборе для испытаний на основе растяжения) при температурах, приближенных к расчетным.

Результаты позволили:

- ✓ приблизить условия испытаний к реальным условиям при работе в дорожных покрытиях;
- ✓ районировать территорию Казахстана по температурам асфальтобетонных покрытий;
- ✓ осуществлять подбор битумных вяжущих в соответствии с климатическими условиями.

Pressure Aging Vessel (PAV) - Аппарат для старения вяжущего под давлением. Имитируют длительное старение вяжущего в процессе 5–10-летней службы покрытия. Для этого образец вяжущего выдерживают 20 ч при 90–100 °С под давлением 2,1 МПа.

Dynamic Shear Rheometer (DSR) - Динамический сдвиговый реометр. Определяют модуль сдвига и фазовый угол путем испытания образца вяжущего при колебаниях с частотой 10 рад/с при расчетных температурах покрытия. По результатам испытания вычисляют показатели сопротивления накоплению остаточных деформаций (образованию колеи) и усталости при изгибе покрытия.

Bending-Beam Rheometer (BBR) - Реометр с изгибающейся балкой. При низкой температуре определяют прогиб образца битумного вяжущего в виде балки на двух опорах под действием постоянной вертикальной нагрузки. Регистрируют изменение прогиба во времени (кривую ползучести). Рассчитывают жесткость вяжущего и скорость ползучести при данной температуре, которые сравнивают с требуемыми значениями.

В АО КаздорНИИ были испытаны битумные вяжущие с различными полимерными добавками: Elvaloy (4170), Elvaloy AM (США), Butonal NS 198 (США), Calprene 501 (Испания), Kraton (США), Interchimica SBS (Италия), КУМНО КТР (СБС, Корея), SBS (L 30-01 А - Воронежский каучук (Россия)).

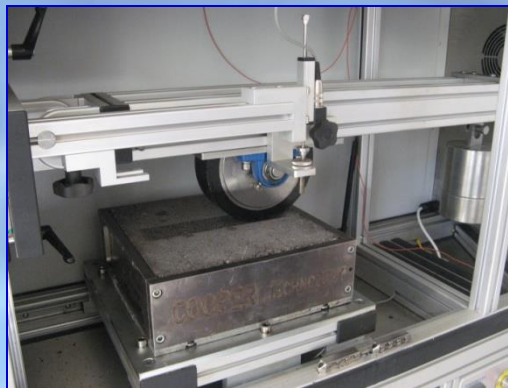
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ PG

Наименование битума	Марка
БНД 100/130 + ДСТ (4%)	PG 64-34
БНД 100/130 + Бутонал NS 198 (3 %)	PG 64-46 (< -46 °С)
БНД 100/130 + Элвалой 4170 (1,4 %)	PG 70-40 (-44 °С)
БНД 130/200 + Calprene 501	PG 58-40
БНД 130/200 + Calprene 501 + ПФК - 0,02 %	PG 70-46
БНД 130/200 + Kraton	PG 64-34
БНД 130/200 + Элвалой 4170	PG 58-46
БНД 130/200 + Элвалой (4170) + ПФК-0,02 %	PG 58-46
Без полимерных добавок	
БНД 70/100 ТОО «ПНХЗ»	PG 58-28
БНД 100/130 ТОО «ПНХЗ»	PG 52-28
БНД 130/200 ТОО «ПНХЗ»	PG 52-40
БНД 50/70 ТОО «СП «Каспи Битум»	PG 64-22
БНД 100/130 ТОО «СП «Каспи Битум»	PG 58-34
БНД 70/100 «Газпромнефть Казахстан»	PG 52-28

ИССЛЕДОВАНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ И ПРИБОРОВ



**Исследования
на усталость**



**Оценка устойчивости
к колееобразованию**



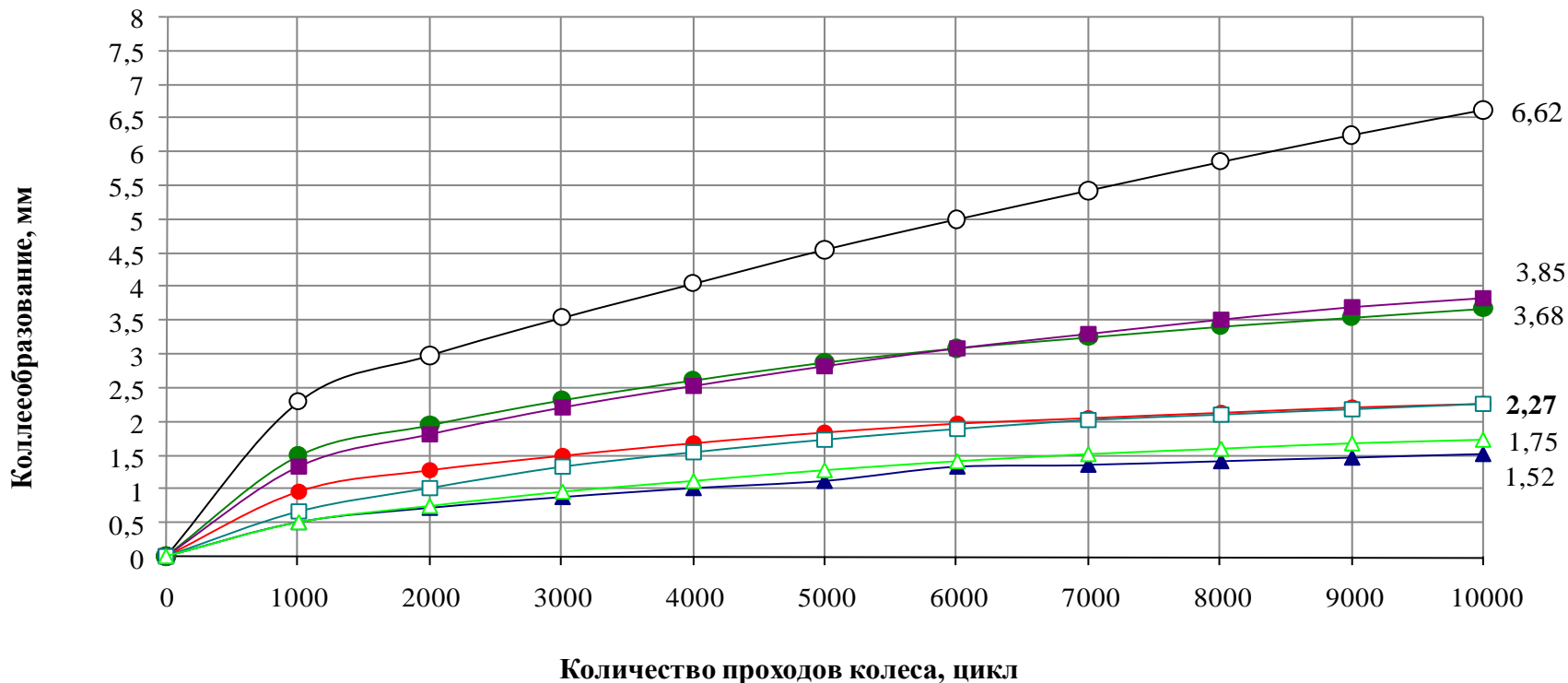
**Исследование прочности
и деформативности**

Результаты наблюдений позволяют:

- ✓подбирать рациональные составы асфальтобетонных смесей для региональных климатических условий;
- ✓обосновать расчетные параметры требований к усталостной устойчивости, устойчивости к колее- и трещинообразованию при проектировании дорожных одежд;
- ✓рекомендовать пути повышения устойчивости и долговечности асфальтобетонных покрытий.

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ К КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЮ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ПЛОТНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ И ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Зависимость колеобразования от количества прохода (циклов) колеса



○ БНД 100-130

● БНД 100-130 + Kraton 4 %

▲ БНД 100-130 + Elvaloy 1,4 %

■ БНД 100-130 + Calprene 4,5 %

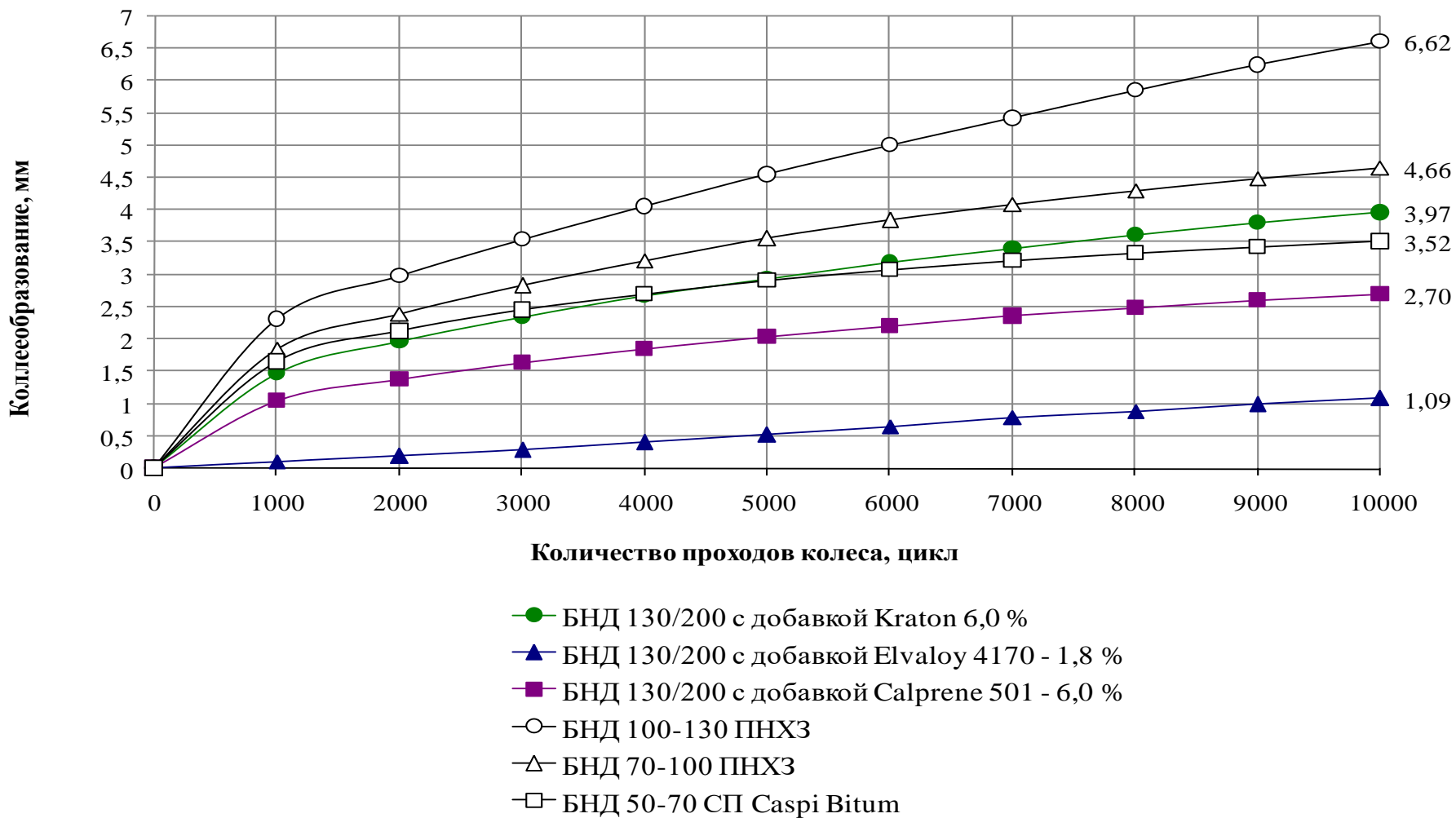
● БНД 100-130 + Butonal NS 198-3,0 %

□ БНД 100-130 + PR Flex -0,5 %

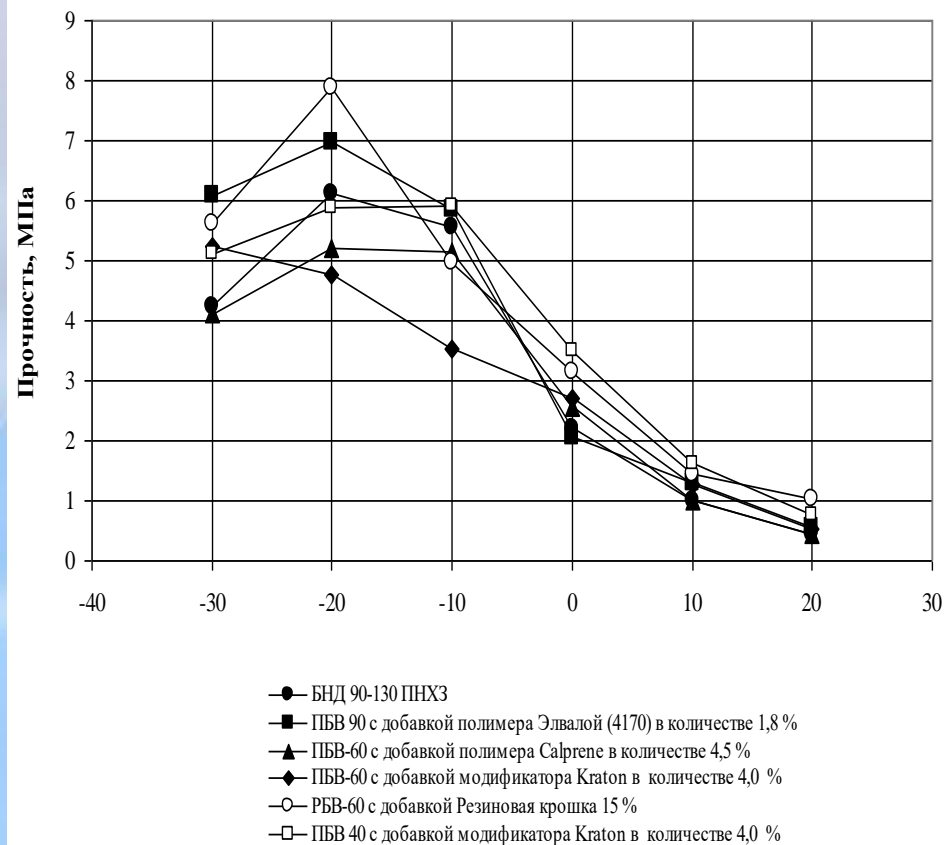
△ БНД 100-130 + PR Plast -0,8 %

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ К КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЮ МЕЛКОЗЕРНИСТЫХ ПЛОТНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ И ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНОВ

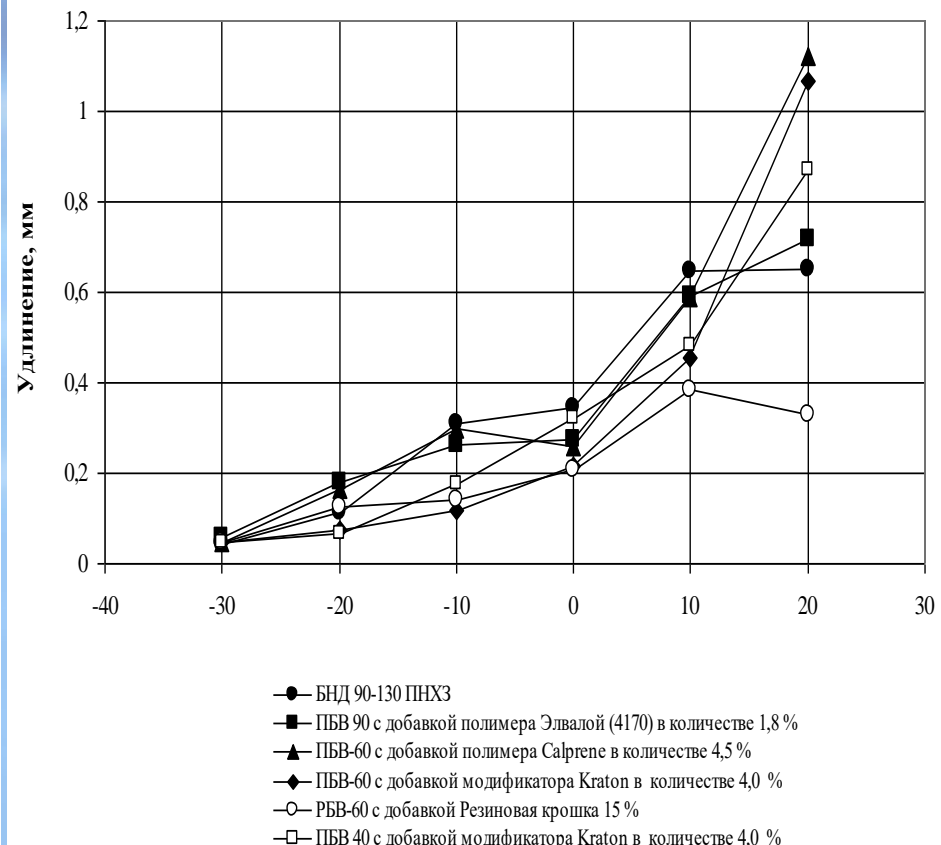
Зависимость колееобразования от количества прохода (циклов) колеса



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ И ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНОВ



Прочность при растяжении асфальтобетона и полимерасфальтобетон



Деформация при растяжении асфальтобетона и полимерасфальтобетон

Зависимость прочности от температуры имеет сложный характер. Прочность от 20 °С до -20 °С (за исключением полимерасфальтобетона ПБВ-60 с полимером Kraton) увеличивается, с дальнейшим понижением температуры происходит некоторое уменьшение прочности.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОГО ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА И ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНА

Марка битума	Полимер-модификатор	$T_{кр}, ^\circ C$	$\sigma_{кр}, МПа$
БНД 70/100	-	- 27,2	3,71
БНД 100/130	-	-30,6	3,0
БНД 100/130	Kraton - 4,0 % (ПБВ 60)	-29,7	4,66
БНД 100/130	ДСТ L30-01А (4 %)	- 30, 2	4,7
БНД 100/130	Butanal NS 198 -3 % (ПБВ 60)	-30,6	3,8
БНД 100/130	Elvaloy 4170 - 1,4 % (ПБВЭ 60)	-32,9	4,0
БНД 100/130	PR Plast - 0,8%	-30,4	4,75
БНД 100/130	PR Flex - 0,5%	-30,7	5,24
БНД 130/200	Kraton – 6,0 % (ПБВ 90)	-31,0	4,18
БНД 130/200	ДСТ L30-01А (6%) (ПБВ 90)	31,2	4,3
БНД 130/200	Calprene 6,0 % (ПБВ 90)	-34,5	4,93
БНД 130/200	Elvaloy 1,8 % (ПБВ 90)	-34,2	5,16
БНД 130/200	Kraton - 5,5 %+ ПФК- 0,02% (ПБВ 90)	-33,8	5,24
БНД 130/200	Calprene -5,5 % + ПФК-0,02% (ПБВ 90)	-36,1	5,08
БНД 130/200	Elvaloy -1,6 % + ПФК- 0,02% (ПБВЭ 90)	-36,5	5,44

Применение полимерасфальтобетона и полимер-щебеночно-мастичного асфальтобетона

- 2008 – 2015 гг. Построено около 50 опытных участков



- В различных климатических условиях (г.Алматы, г.Астана, Акмолинская обл., Павлодарская обл., Кустанайская обл. СКО, ЮКО)
- Различные типы асфальтобетона (тип Б, ЩМА-20, ЩМА-10)



Апробированные полимеры:

- Кратон, Бутонал (США), ДСТ (Россия)
- TPS, TPS F (Япония)
- Элвалой,
- Superplast, Serbit-Amid (Италия), PR FLEX (Франция)
- КМА (Россия), Тес-Road (Австрия), SAS CR (Казахстан)

Опытные работы указывают на возможность применения традиционных способов приготовления и укладки смесей



Опытное применение полимерно-битумного вяжущего ООО Газпромнефть

Опытно-экспериментальный участок с использованием полимерно-битумного вяжущего марки ПБВ 90, при устройстве верхнего слоя щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси в [Северо-Казахстанской обл. \(с. Келлеровка\)](#) на объекте реконструкции автомобильной дороги А-1 «Астана-Петропавловск» (367-392 км).



Участок протяженностью 810 м (ПК 455+50 – ПК 445+40) из щебеночно-мастичной полимерасфальтобетонной смеси с использованием полимерно-битумного вяжущего «ПБВ 90»

Опытно-экспериментальный участок с использованием полимерно-битумного вяжущего марки ПБВ 60, при устройстве верхнего слоя щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси в **Южно-Казахстанской области** на объекте реконструкции автомобильной дороги А2 «Хоргос-Алматы-Шымкент-гр.Республики Узбекистан», «Шымкент - гр. Жамбылской области» км 593- 632.



Участок протяженностью 500 м (ПК 269+50 - ПК 264+50) из щебеночно-мастичной полимерасфальтобетонной смеси с использованием полимерно-битумного вяжущего «ПБВ 60»

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАНДАРТНЫХ ИСПЫТАНИЙ БИТУМОВ И ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

Наименование показателей	БНД 100/130	ПБВ 90	БНД 70/100	ПБВ 60
Пенетрация при температуре: 25 °С 0 °С	104 30	95 43	82 25	86 47
Температура размягчения по кольцу и шару, °С	44	70,5	48	71,5
Растяжимость, см, при температуре: 25 °С 0 °С	137 5,4	54 -	139 5	53 -
Температура хрупкости по Фраасу, °С	-26,2	-29,8	-22	-28,6
Эластичность, %, при температуре 25 °С	-	88	-	88

РЕЗУЛЬТАТЫ СТАНДАРТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫХ АСФАЛЬТО- И ПОЛИМЕРАСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Вид вяжущего	Водонасыщение, %	Остаточная пористость, %	Предел прочности при сжатии, МПа, при температуре		Предел прочности при расколе, при 0 °С, МПа	Сцепление при сдвиге при 50 °С, МПа	Водостойкость при длительном водонасыщении
			20 °С R ₂₀	50 °С R ₅₀			
БНД 100/130	2,3	3,5	2,6	1,3	3,0	0,22	0,82
ПБВ 90	3,8	4,1	3,3	1,6	3,4	0,28	0,89
БНД 70/100	2,6	3,8	3,5	1,0	3,2	0,21	0,84
ПБВ 60	1,52	3,1	3,6	1,3	3,4	0,36	0,90
Требования ГОСТ 31015	1,5-4,0	2,0-4,5	Не менее 2,5	Не менее 0,7	3,0-6,5	Не менее 0,20	Не менее 0,75

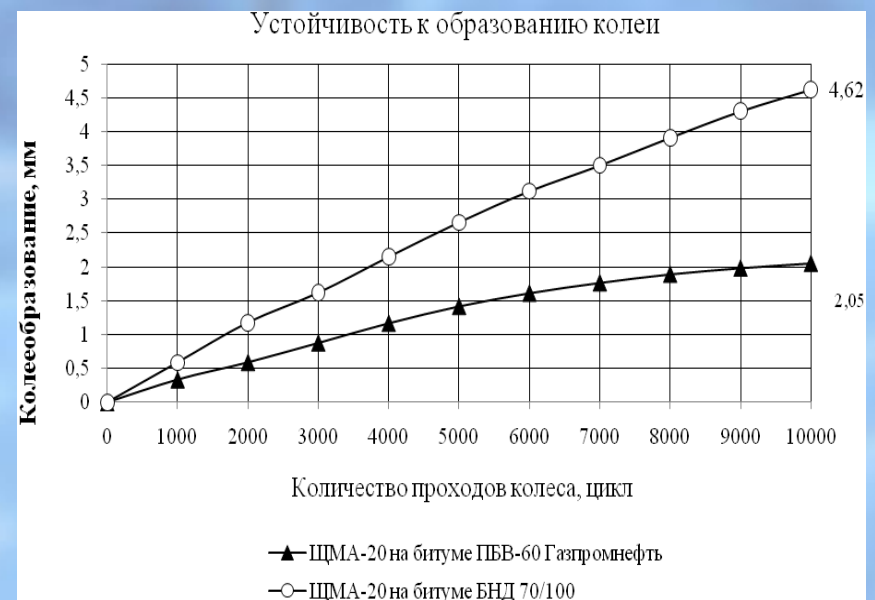
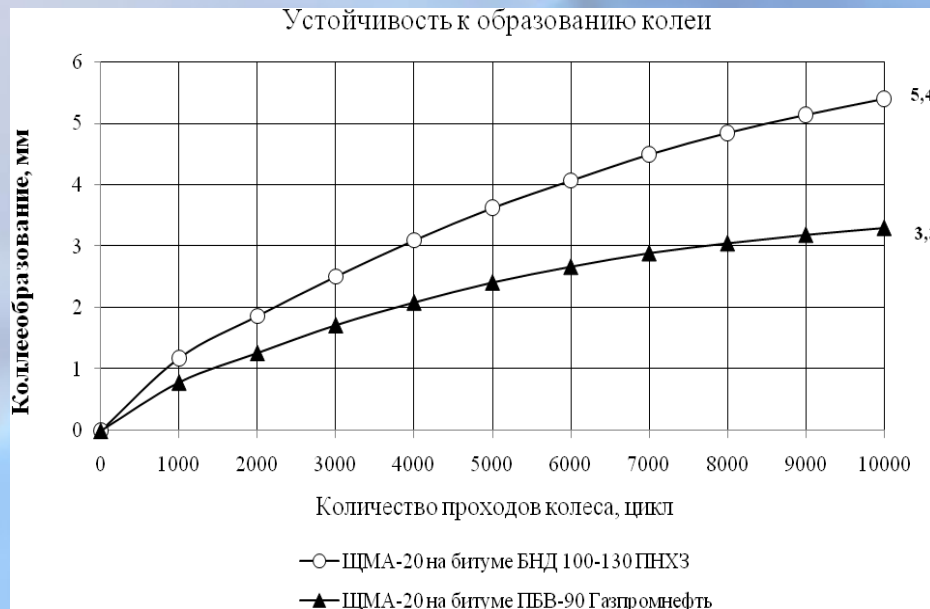
ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАРКИ PG

ПБВ	Марка
ПБВ 60	PG 64-34
ПБВ 90	PG 64-40

Полимерно-битумное вяжущее марки ПБВ 60, соответствующее по методу Superpave марке PG 64-34, согласно Рекомендациями Р РК 218-96-2013 рекомендуется применять в южной и средней полосе Казахстана

Полимерно-битумное вяжущее марки ПБВ 90, соответствующее по методу Superpave марке PG 64-40, согласно Рекомендациями Р РК 218-96-2013 рекомендуется применять в северной и средней полосе Казахстана

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ К КОЛЕЕОБРАЗОВАНИЮ ПОЛИМЕР-ЩМА 20 с применением ПБВ 60 и ПБВ 90



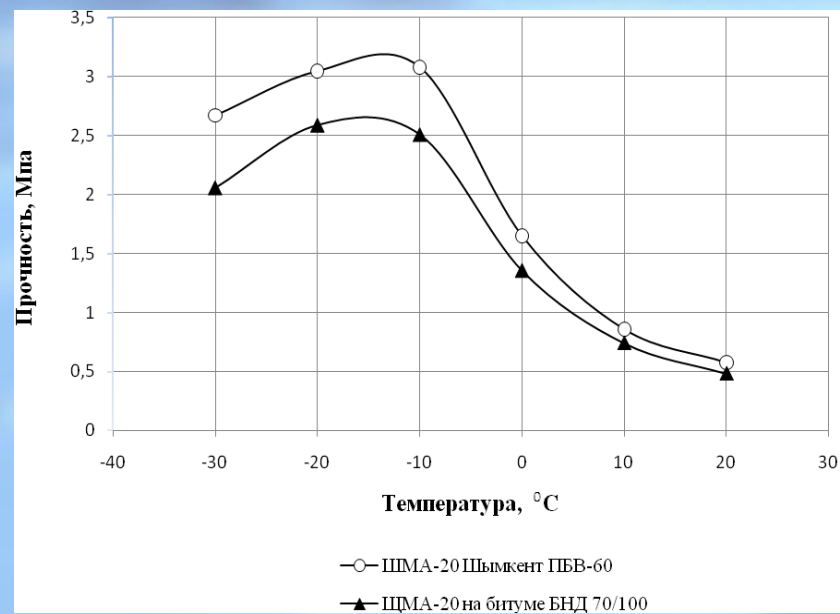
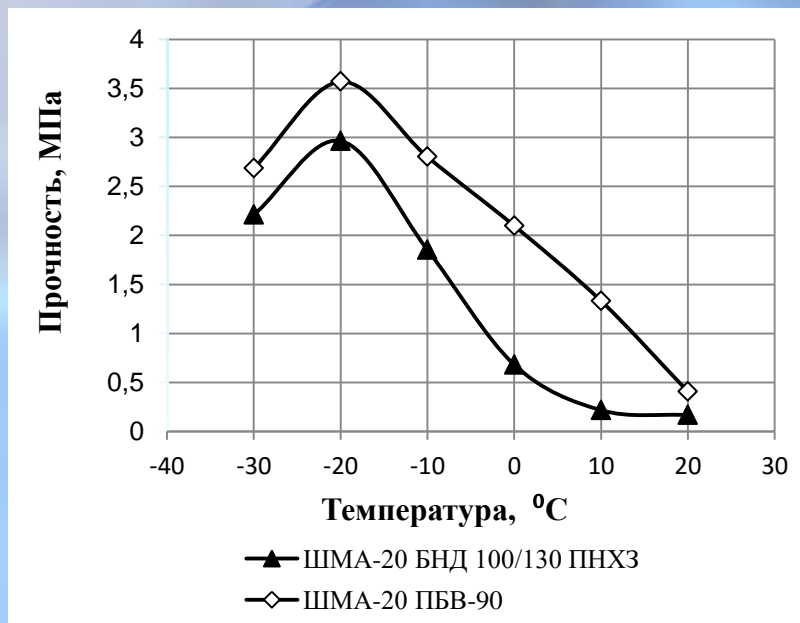
Зависимость глубины колеи на образцах асфальтобетона от числа проходов колеса

Глубина образования колеи полимер-ЩМА-20 с применением **ПБВ 90** и **ПБВ 60** после 10 000 проходов составляет **3,3 мм** и **2,05 мм** соответственно.

При этом этот же показатель в контрольных составах ЩМА 20 (с применением битума БНД 70/100 и БНД 100/130) составляет **5,4** и **4,62 мм**.

При применении ПБВ производства ООО «Газпромнефть» глубина колеи снижается в **1,6** и **2,2** **раза**.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ПОЛИМЕР-ЩМА 20 С ПРИМЕНЕНИЕМ ПБВ 60 И ПБВ 90 РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ



Зависимость прочности от температуры имеет сложный характер. Прочность от 20 °C до -20 °C увеличивается, с дальнейшим понижением температуры происходит некоторое уменьшение прочности.

Требования СТ РК 2534-2014 «Битум и битумные вяжущие. Битумы нефтяные модифицированные, дорожные. Технические условия»

Наименование показателей	Норма для БМП марки						
	35/50	50/70	70/100		100/130		130/200
			I	II	I	II	
Основные требования							
1 Глубина проникания иглы х0,1 мм, при температуре 25 °С	35-50	51-70	71-100	101-130	131-150	35-50	51-70
2 Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	65	62	60	58	55	52	52
3 Растяжимость при температуре 25 °С, см, не менее	15	20	25	28	30	32	35
4 Эластичность при температуре 25 °С, %, не менее	60	60	60	60	60	60	60
5 Температура хрупкости по Фраасу, °С, не выше	-15	-16	-18	-20	-20	-22	-25
6 Температура вспышки, °С, не ниже	240	235	230	230	230	220	220
7 Стабильность к расслаиванию, °С, не более	2	2	2	2	2	2	2
8 Устойчивость к старению под воздействием высокой температуры и воздуха							
- увеличение КиШ °С не более	5	6	6	6	7	7	8
- падение КиШ, °С, не более	5	5	5	5	5	5	5
- эластичность при температуре 25 °С, %, не менее	50	50	50	50	50	50	50
- изменение массы, не более	0,5	0,5	0,6	0,6	0,7	0,8	1,0
- растяжимость при 25 °С, см	Не нормируется. Определение обязательно для набора статистических данных						
9.Однородность	Однородно						
10. Вязкость динамическая, Па·с ¹ , при температуре 135°С	Не более 3,0						

Продолжение требований СТ РК 2534

Наименование показателей	Норма для БМП марки						
	35/50	50/70	70/100		100/130		130/200
			I	II	I	II	
Дополнительные (факультативные) требования							
11 Температурный интервал работоспособности (SUPERPAVE)¹⁾							
- Расчетная максимальная температура, °C²⁾, определяемая на приборе DSR, не менее	82	76	70	64	64	58	52
- Расчетная средняя температура, °C³⁾, определяемая на приборе DSR, не более	34	31	25	19	19	16	10
- Расчетная минимальная температура, °C⁴⁾, определяемая на приборе BBR, не выше	-22	-22	-28	-34	-34	-34	-40
<p>¹⁾ При отсутствии требований на данные показатели в договоре на поставку продукции испытания проводятся не реже одного раза в полугодие для установления, корректировки показателей их количественных значений.</p> <p>²⁾ Битумное вяжущее удовлетворяет требованиям устойчивости к колеобразованию, если при расчетной максимальной температуре его показатель $G^*/\sin \delta$ больше 2,2 кПа после старения по методу СТ РК 1224, ГОСТ 33140 (G^* - динамический комплексный модуль сдвига, δ - фазовый угол). ³⁾ Битумное вяжущее удовлетворяет требованиям устойчивости к усталостному разрушению, если при расчетной средней температуре его показатель $G^* \cdot \sin \delta$ меньше 5000 кПа после двойного старения по СТ РК 1224, ГОСТ 33140 и PAV.</p> <p>⁴⁾ Битумное вяжущее удовлетворяет требованиям устойчивости к низкотемпературному трещинообразованию (трещиностойкость), если при расчетной минимальной температуре его жесткость S меньше 300 МПа и показатель ползучести m больше 0,3.</p>							