ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ МАРОК PG. ОПЫТ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА «ГАЗПРОМНЕФТЬ-БМ»

ГАЗПРОМНЕФТЬ – БИТУМНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

ВОЙТЕНКО ОЛЬГА НИКОЛАЕВНА
23.06.2022

ВВЕДЕНИЕ

Сравнение подходов к оценке «функционального» качества дорожного покрытия в России и США

1987 г. – «Стратегическая дорожная исследовательская программа» (Strategic Highway Research Program – **SHRP**)

Система классификации дорожных вяжущих **SUPERPAVE** (SUperior PERforming Asphalt PAVEments)

Performance Grade (PG) – система классификации битумных вяжущих по «функциональным» пределам

Методы испытаний базируются на основе «условных» (эмпирических) показателей качества

SUPERPAVE ≈ МЕТОДОЛОГИЯ ОБЪЁМНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В РФ

МАТЕРИАЛЫ ВЯЖУЩИЕ НЕФТЯНЫЕ БИТУМНЫЕ ГОСТ Р 58400.1

Марки PG для автомобильных дорог Российской Федерации

Битумное вяжущее:
Органический вяжущий материал, производимый из продуктов переработки нефти с добавлением при необходимости органических модифицирующих добавок

Верхнее значение марки (X):
Значение, численно равное максимальной допустимой температуре эксплуатации битумного вяжущего

Нижнее значение марки (Y):
Значение, численно равное минимальной допустимой температуре эксплуатации битумного вяжущего

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58400.1— 2019

Дороги автомобильные общего пользования

МАТЕРИАЛЫ ВЯЖУЩИЕ НЕФТЯНЫЕ БИТУМНЫЕ

Технические условия с учетом температурного диапазона эксплуатации

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

КЛАССИФИКАЦИЯ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ (БНД И ПБВ) ПО ГОСТ Р 58400.1-2019

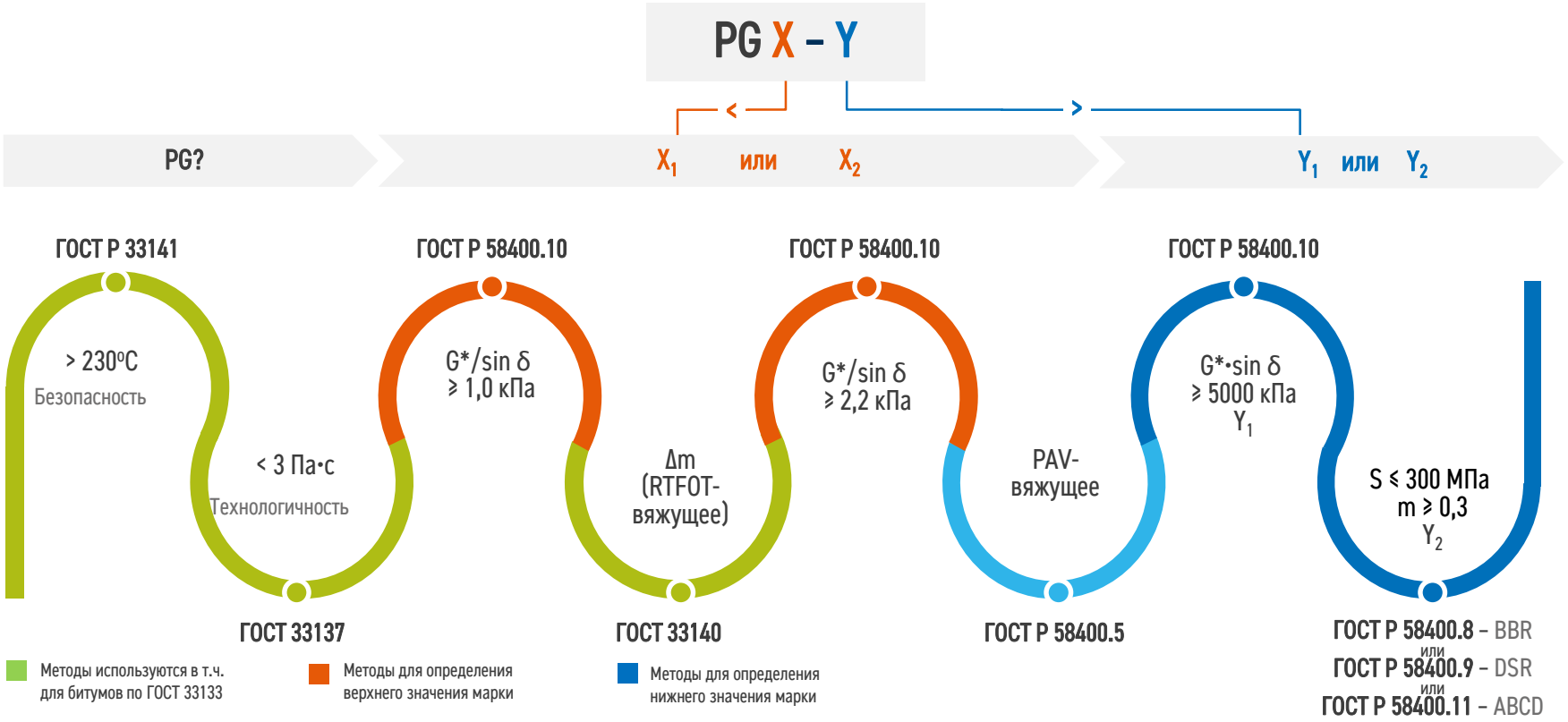
(≈44 МАРКИ)

PG X – Y

- X — верхнее значение марки
- Y — нижнее значение марки

X, [°C]	Y, [°C]						
	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46
34					+	+	+
40				+	+	+	+
46					+	+	+
52	+	+	+	+	+	+	+
58		+	+	+	+	+	
64	+	+	+	+	+	+	
70	+	+	+	+	+	+	
76	+	+	+	+	+		
82	+	+	+	+	+		

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ ПО ГОСТ Р 58400.1-2019



КЛАССИФИКАЦИЯ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ (БНД И ПБВ) ПО ГОСТ Р 58400.2-2019 (≈148 МАРОК)

PG X(Z) – Y

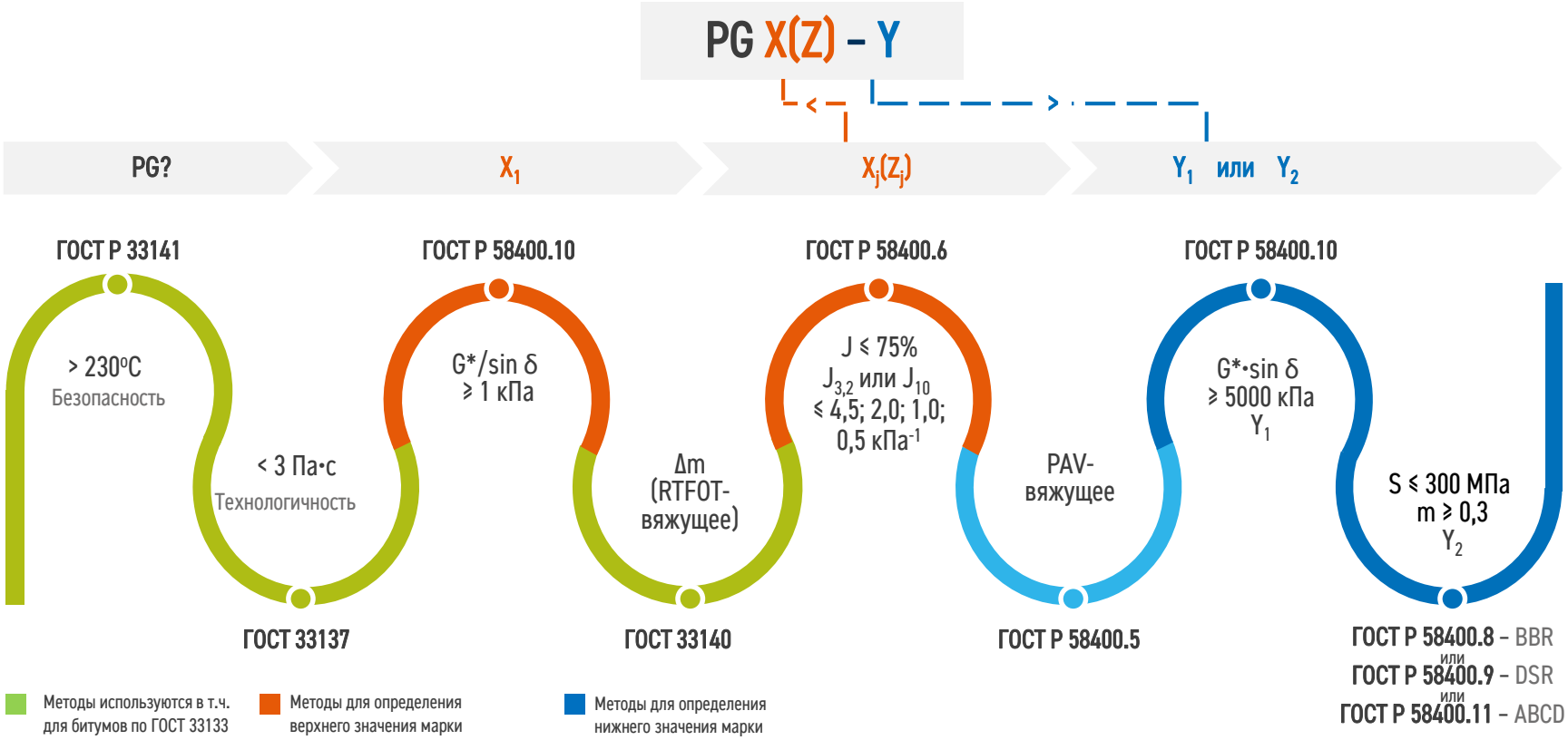
- X — верхнее значение марки
- Z — тип марки
- Y — нижнее значение марки

X, [°C]	Y, [°C]						
	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46
34					×	×	×
40					×	×	×
46				×	+	+	+
52	+	+	+	+	+	+	+
58		+	+	+	+	+	
64	+	+	+	+	+	+	
70	+	+	+	+	+	+	
76	+	+	+	+	+		
82	+	+	+	+	+		

ТИПЫ МАРОК Z ДЛЯ БНД И ПБВ ПО ГОСТ Р 58400.2-2019

S (< 4,5 кПа$^{-1}$)	H (< 2,0 кПа$^{-1}$)	V (< 1,0 кПа$^{-1}$)	E (< 0,5 кПа$^{-1}$)
количество приложений расчетной нормативной нагрузки АК-11,5			
< 1,8 млн	1,8 - 5,6 млн	> 5,6 млн	> 5,6 млн
прогнозируемая средняя скорость транспортного потока			
> 70 км/ч	20 - 70 км/ч	< 20 км/ч	< 20 км/ч

ПОРЯДОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ ПО ГОСТ Р 58400.2-2019



ПАСПОРТИЗАЦИЯ И ПРИЁМКА БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

Приемо-сдаточные испытания:

- Динамическая вязкость
- Сдвиговая устойчивость исходного вяжущего
- Изменение массы после старения
- Сдвиговая устойчивость вяжущего, состаренного по методу RTFOT

Периодические испытания:

Не менее 1 раза в 15 дней

- Сдвиговая устойчивость вяжущего, состаренного по методу RTFOT
- Усталостная устойчивость
- Низкотемпературная устойчивость

Не менее 1 раза в 30 дней

- Температура вспышки

Время испытаний по приёмо-сдаточным не более 5 часов

Время испытаний по периодическим не более 32 часов

Объем испытаний при входном контроле определяет потребитель

ВЫВОДЫ

УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ

Возможность классифицировать под марку PG практически любые битумные вяжущие. Как битум, так ПБВ и т.д. Уход от эмпирических («условных») показателей качества

ВАРИАТИВНОСТЬ

Расширение номенклатуры выпускаемых битумных вяжущих, позволяющее удовлетворять различные требования заказчика и сравнивать экономическую эффективность различных материалов

КОМФОРТ

Методология обеспечивает единую классификацию для всех типов вяжущих и требует меньшую трудоемкость при проведении испытаний

КОНТРОЛЬ

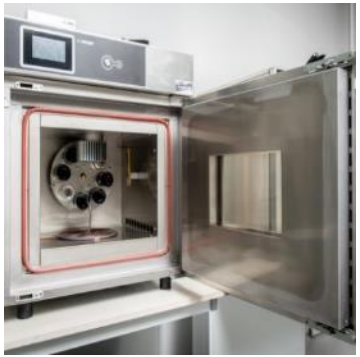
Комплексный подход к анализу свойств битумных вяжущих. Их учёт при построении технологических процессов приготовления асфальтобетонной смеси,
её укладки и уплотнения, а также эксплуатации в течении нескольких лет

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ PG БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

ГОСТ 33141-2014

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Битумы нефтяные дорожные вязкие.
- Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля кливленда



ГОСТ 33140-2014

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Битумы нефтяные дорожные вязкие.
- Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)

ГОСТ 33137-2014

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Битумы нефтяные дорожные вязкие.
- Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром

ГОСТ Р 58400.10-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения свойств с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)

МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ

ГОСТ Р 58400.5-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод старения под действием давления и температуры (PAV)

ГОСТ Р 58400.8-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра, изгибающего балочку (BBR)

ГОСТ Р 58400.11-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения температуры растрескивания при помощи устройства ABCD

ГОСТ Р 58400.9-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения низкотемпературных свойств с использованием динамического сдвигового реометра(DSR)

ТЕМПЕРАТУРА ВСПЫШКИ

ГОСТ 33141-2014

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Битумы нефтяные дорожные вязкие.
- Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: заключается в нагревании пробы битума в открытом тигле с установленной скоростью до тех пор, пока не произойдет вспышка паров битума над его поверхностью от зажигательного устройства

ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:
температура воздуха (21±4) °С;
относительная влажность воздуха не более 80%

ДИНАМИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ

ГОСТ 33137-2014

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Битумы нефтяные дорожные вязкие.
- Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром

СУЩНОСТЬ МЕТОДА:
заключается в измерении относительного сопротивления течению, вызванному сдвиговым воздействием на битум вращающимися элементами конфигурации

ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:
- температура воздуха (21±4) °С;
- относительная влажность воздуха не более 80%

СДВИГОВАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

ГОСТ Р 58400.10-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения свойств с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)

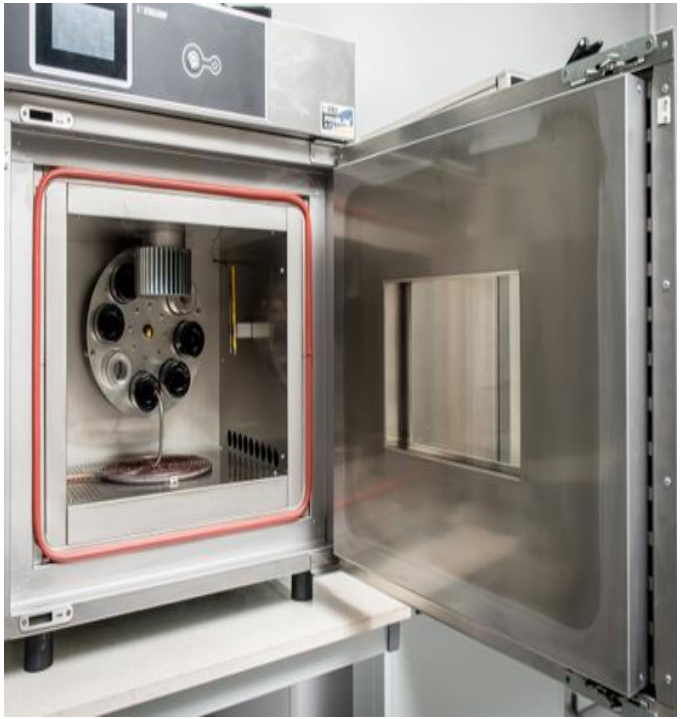
- **Исходное (несостаренное) битумное вяжущее**
- **RTFOT-вяжущее (битумное вяжущее состаренное в соответствии с ГОСТ 33140)**

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: заключается в оценке сопротивления битумного вяжущего сдвиговым нагрузкам путем приложения к образцу знакопеременной синусоидальной сдвиговой нагрузки и определении комплексного модуля сдвига и фазового угла

ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:
- температура (23±3) °С;
- относительная влажность (55±15) %

СТАРЕНИЕ RTFOT И ИЗМЕНЕНИЕ МАССЫ



ГОСТ 33140-2014

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Битумы нефтяные дорожные вязкие.
- Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: Настоящий метод заключается в воздействии высокой температуры и воздуха на движущуюся тонкую пленку битума и определении влияния данного воздействия на битум путем сравнения физико-химических показателей битума, полученных до и после воздействия

ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:

- температура воздуха (21±4) °С;
- относительная влажность воздуха не более 80%

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УПРУГИХ СВОЙСТВ ПРИ МНОГОКРАТНЫХ СДВИГОВЫХ НАГРУЗКАХ (MSCR)

ГОСТ Р 58400.6-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения упругих свойств при многократных сдвиговых нагрузках (MSCR) с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)

- **RTFOT-вяжущее (битумное вяжущее состаренное в соответствии с ГОСТ 33140)**

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: заключается в многократном циклическом воздействии на образец битумного вяжущего путем приложения и снятия сдвиговой нагрузки в течение определенного времени и измерении деформации и упругого восстановления образца в каждом цикле

ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:
- температура (23±3) °С;
- относительная влажность (55±15) %

МЕТОД СТАРЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ (PAV)

ГОСТ Р 58400.5-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод старения под действием давления и температуры (PAV)

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: заключается в воздействии повышенных температуры и давления на образцы
нефтяных битумных вяжущих, подготовленные по методу RTFOT в соответствии с ГОСТ 33140. с целью моделирования процессов старения битумных вяжущих в течение периода эксплуатации в дорожном покрытии от 5 до 10 лет

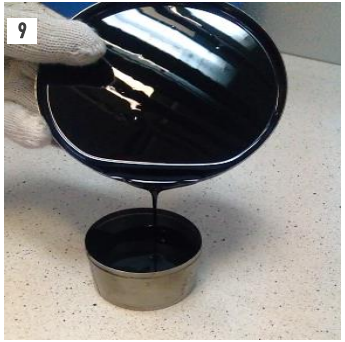
ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:
- температура(23±3) °С;
- относительная влажность (55 ±15) %

МЕТОД СТАРЕНИЯ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ (PAV)

Процедура подготовки и загрузки образца в печь старения PAV

Процедура дегазации, после извлечения образца битумного вяжущего из печи PAV



ЖЁСТКОСТЬ И ПОЛЗУЧЕСТЬ БИТУМА ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ, ОПРЕДЕЛЁННАЯ С ПОМОЩЬЮ РЕОМЕТРА, ИЗГИБАЮЩЕГО БАЛОЧКУ (BBR)

ГОСТ Р 58400.5-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра, изгибающего балочку (BBR

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: заключается в определении способности битума сопротивляться нагрузке при отрицательной температуре (жесткость и скорость изменения жесткости) путем воздействия сосредоточенной статической нагрузки на балочку определенных размеров при заданной отрицательной температуре

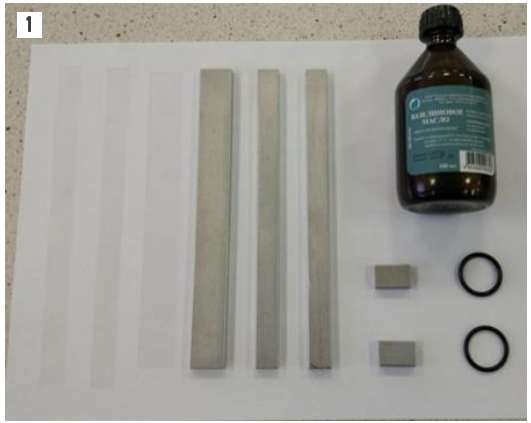
ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

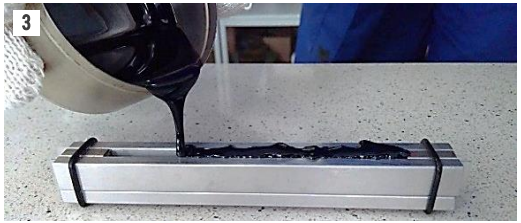
УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:

- температура(23 ± 3) °С;
- относительная влажность (55±15) %

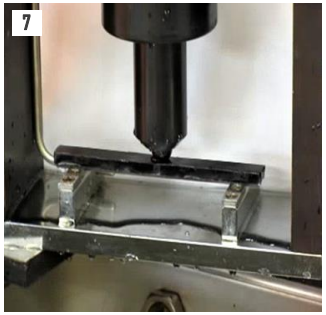
ЖЁСТКОСТЬ И ПОЛЗУЧЕСТЬ БИТУМА ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ, ОПРЕДЕЛЁННАЯ С ПОМОЩЬЮ РЕОМЕТРА, ИЗГИБАЮЩЕГО БАЛОЧКУ (BBR)

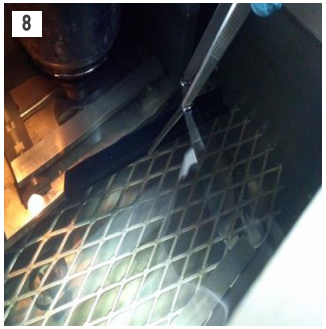
Подготовка балочки для испытания





Проведение испытания по определению низкотемпературных характеристик методом BBR





ТЕМПЕРАТУРА РАСТРЕСКИВАНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЕМАЯ ПРИ ПОМОЩИ УСТРОЙСТВА ABCD

ГОСТ Р 58400.11-2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения температуры растрескивания при помощи устройства ABCD

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: заключается в охлаждении образца битумного вяжущего в форме кольца и фиксации скачка деформации

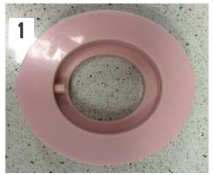
ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

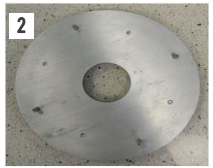
УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:

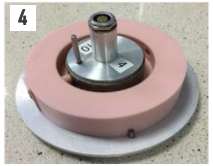
- температура (23±3) °С;
- относительная влажность (55±15) %

ТЕМПЕРАТУРА РАСТРЕСКИВАНИЯ, ОПРЕДЕЛЯЕМАЯ ПРИ ПОМОЩИ УСТРОЙСТВА ABCD

Сборка колец для испытания

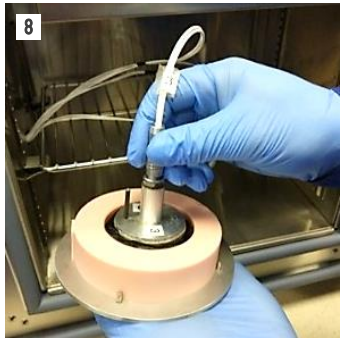


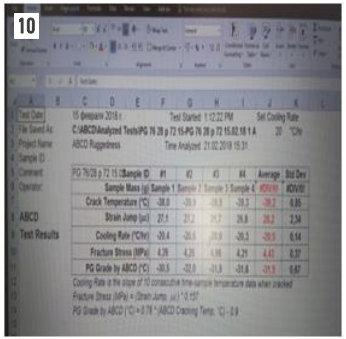


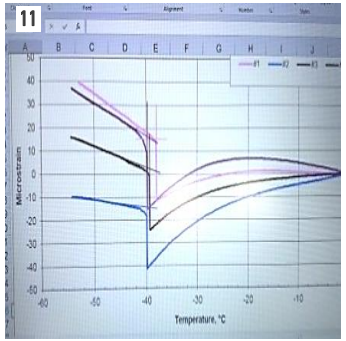


Заливка колец для испытания

Проведение испытания







МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВОЙСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО СДВИГОВОГО РЕОМЕТРА (DSR)

ГОСТ Р 58400.5 -2019

- Дороги автомобильные общего пользования.
- Материалы вяжущие нефтяные битумные.
- Метод определения низкотемпературных свойств с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)

СУЩНОСТЬ МЕТОДА: заключается в оценке низкотемпературных свойств битумного вяжущего путем определения комплексного модуля сдвига в диапазоне частот при различных температурах и определении значений жесткости

ОТБОР ПРОБ: ГОСТ 2517-2012

УСЛОВИЯ ИСПЫТАНИЯ:

- температура (23±3) °С;
- относительная влажность (55±15) %

КЛАССИФИКАЦИЯ ПБВ И БНД ПО ГРЕЙДУ PG

ТОЛКОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ БНД И ПБВ ПО ГОСТ Р 58400.1-2019

Наименование показателя		Требования ГОСТ Р 58400. 1	Результаты испытаний	
			БНД	ПБВ
Динамическая вязкость при 135°С, [Па·с]		< 3	0,415	1,719
Температура вспышки, [°С]		> 230	272	306
Сдвиговая устойчивость, при 10 рад/с, [кПа]	при 64°С	(G*/sin δ) ⩾ 1,0 кПа	1,15	—
	при 70°С		**0,56 !**	—
	при 76°С		—	1,58
	при 82°С		—	**0,92!**
Критическая высокая температура X_1 (факт), [°С]			64 (65,2)	76 (81,1)
Изменение массы, [%]		± 1	0,7	0,5
Сдвиговая устойчивость, при 10 рад/с, [кПа]	при 64°С	(G*/sin δ) ⩾ 2,2 кПа	3,06	—
	при 70°С		**1,48 !**	—
	при 82°С		—	2,35
	при 88°С		—	**1,39 !**
Критическая высокая температура X_2, (факт), [°С]			64 (66,7)	82 (82,7)
Усталостная устойчивость после старения по методу PAV, при 10 рад/с, [°С]	при 22°С	G*·sin δ ⩽ 5000 кПа	1635	—
	при 28°С		—	976
Критическая низкая температура Y_1, [°С]			-40	-34
Низкотемпературная устойчивость	при -18°С	S(60) ⩽ 300 МПа	162,7	84,7
		m ⩾ 0,3	0,326	0,309
	при -24°С	S(60) ⩽ 300 МПа	**324,9 !**	149,3
		m ⩾ 0,3	**0,268 !**	**0,292 !**
Критическая низкая температура Y_2, (факт), [°С], по жесткости S			-28,0 (-33,3)	-28,0 (-41,4)
Критическая низкая температура Y_2, (факт), [°С], по параметру m			-28,0 (-30,7)	-28,0 (-31,2)
Марка			PG 64-28	PG 76-28

ТОЛКОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ИСПЫТАНИЙ БНД И ПБВ ПО ГОСТ Р 58400.2-2019

Наименование показателя		Требования ГОСТ Р 58400. 2	Результаты испытаний	
			БНД	ПБВ
Динамическая вязкость при 135°С, [Па·с]		< 3	0,415	1,719
Температура вспышки, [°С]		> 230	272	306
Сдвиговая устойчивость, при 10 рад/с, [кПа]	при 64°С	(G*/sin δ) ⩾ 1,0 кПа	1,15	—
	при 70°С		**0,56 !**	—
	при 76°С		—	1,58
	при 82°С		—	**0,92!**
Критическая высокая температура X_1 (факт), [°С]			64 (65,2)	76 (81,1)
Изменение массы, [%]		± 1	0,7	0,5
Устойчивость при многократных сдвиговых деформациях для типа марки (Z_j) при температуре X_j	при 76°С	$J_{3,2}$ ⩽ 4,5-0,5 кПа$^{-1}$ (J ⩽ 75%) или J_{10} ⩽ 4,5-0,5 кПа$^{-1}$	—	1,62 (S, H)
	при 70°С		—	0,71 (S, H, V)
	при 64°С		4,28 (S)	0,22 (S, H, V, E)
	при 58°С		1,28 (S, H)	—
	при 52°С		0,42 (S, H, V, E)	—
Усталостная устойчивость после старения по методу PAV, при 10 рад/с, [°С]	при 16°С	G*·sin δ ⩽ 5000 кПа или G*·sin δ ⩽ 6000 кПа	5000	—
	при 13°С		**6832 !**	—
	при 10°С		—	4886
	при 7°С		—	**6494 !**
Критическая низкая температура Y_1, [°С]			-40	-34
Низкотемпературная устойчивость,	при -18°С	S(60) ⩽ 300 МПа	162,7	84,7
		m ⩾ 0,3	0,326	0,309
	при -24°С	S(60) ⩽ 300 МПа	**324,9 !**	149,3
		m ⩾ 0,3	**0,268 !**	**0,292 !**
Критическая низкая температура Y_2, [°С], по жесткости S			-28,0 (-33,3)	-28,0 (-41,4)
Критическая низкая температура Y_2, [°С], по параметру m			-28,0 (-30,7)	-28,0 (-31,2)
Марка			PG $X_j(Z_j)$ - 28	PG $X_j(Z_j)$ - 28

БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ!