

Современные требования к качеству битумных вяжущих материалов в новых стандартах

*Генеральный директор АНО «НИИ ТСК»
Симчук Е.Н.*

Основание для разработки проектов ГОСТ на технические требования и методы испытаний битума нефтяного дорожного вязкого

- Пункты 95 и 96 Программы по разработке межгосударственных стандартов, в результате применения которых на добровольной основе обеспечивается соблюдение требований технического регламента Таможенного союза "Безопасность автомобильных дорог" (ТР ТС 014/2011), утвержденной решением Коллегии Евразийской экономической комиссии от 13 июня 2012г. № 81.

Заседание МТК 418

- На заседании экспертов государств – членов Таможенного союза от 24 декабря 2013 года были представлены и согласованы подходы разработки комплекса проектов ГОСТ устанавливающих технические требования и методы испытаний битумов нефтяных дорожных вязких

Подходы к разработке ГОСТ

- Разделение всех показателей на основные и дополнительные.
- Необходимость введения в классификацию битумов новых марок, основанных на сужении интервалов пенетрации для каждой марки.
- Введение показателя динамической вязкости, измеряемой с помощью ротационного вискозиметра.
- Необходимость оценки устойчивости к старению осуществлять с помощью метода RTFOT.
- Необходимость определения максимальных усилий при растяжении битума.

Комплекс проектов ГОСТ на технические требования и методы испытаний битума нефтяного дорожного вязкого

1) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические требования»;

2) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения глубины проникания иглы»;

3) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры размягчения – Метод «Кольцо и Шар»;

4) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температуры хрупкости по Фраасу»;

5) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда»;

6) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растяжимости»;

7) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения сопротивления битума старению под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)».

8) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения индекса пенетрации»;

9) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения растворимости»;

10) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения содержания твердого парафина»;

11) ГОСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром».

Разделение всех показателей на основные и дополнительные

Основные показатели

- Пенетрация при 25 °С
- Температура размягчения по кольцу и шару
- Растяжимость при 0 °С
- Температура хрупкости
- Температура вспышки
- Потеря массы образца, после старения
- Изменение температуры размягчения после старения

Дополнительные показатели

- Пенетрация при 0 °С
- Динамическая вязкость при 60°С
- Динамическая вязкость при 60°С после старения
- Растяжимость при 25°С
- Максимальное усилие при растяжении при 25°С
- Максимальное усилие при растяжении при 0°С
- Температура хрупкости после старения
- Растворимость
- Содержание парафина
- Индекс пенетрации

Динамическая вязкость

- Используемый в ГОСТ ротационный метод определения вязкости дорожных битумов основан на применяемом в США современном ротационном методе определения вязкости битумов (ASTM D 4402) и действующем в ЕС ротационном методе испытаний битумных материалов (EN 13302) позволяющий определять динамическую вязкость битумов.
- Преимущества ротационного метода: Подходит для неньютоновских жидкостей, позволяет задавать необходимые значения скорости сдвига, позволяет определять динамическую вязкость при заданной скорости сдвига и дает возможность моделировать одинаковые условия сдвигового воздействия для всех образцов .

Ротационный вискозиметр для определения динамической вязкости



Ротационный вискозиметр



Шпиндели



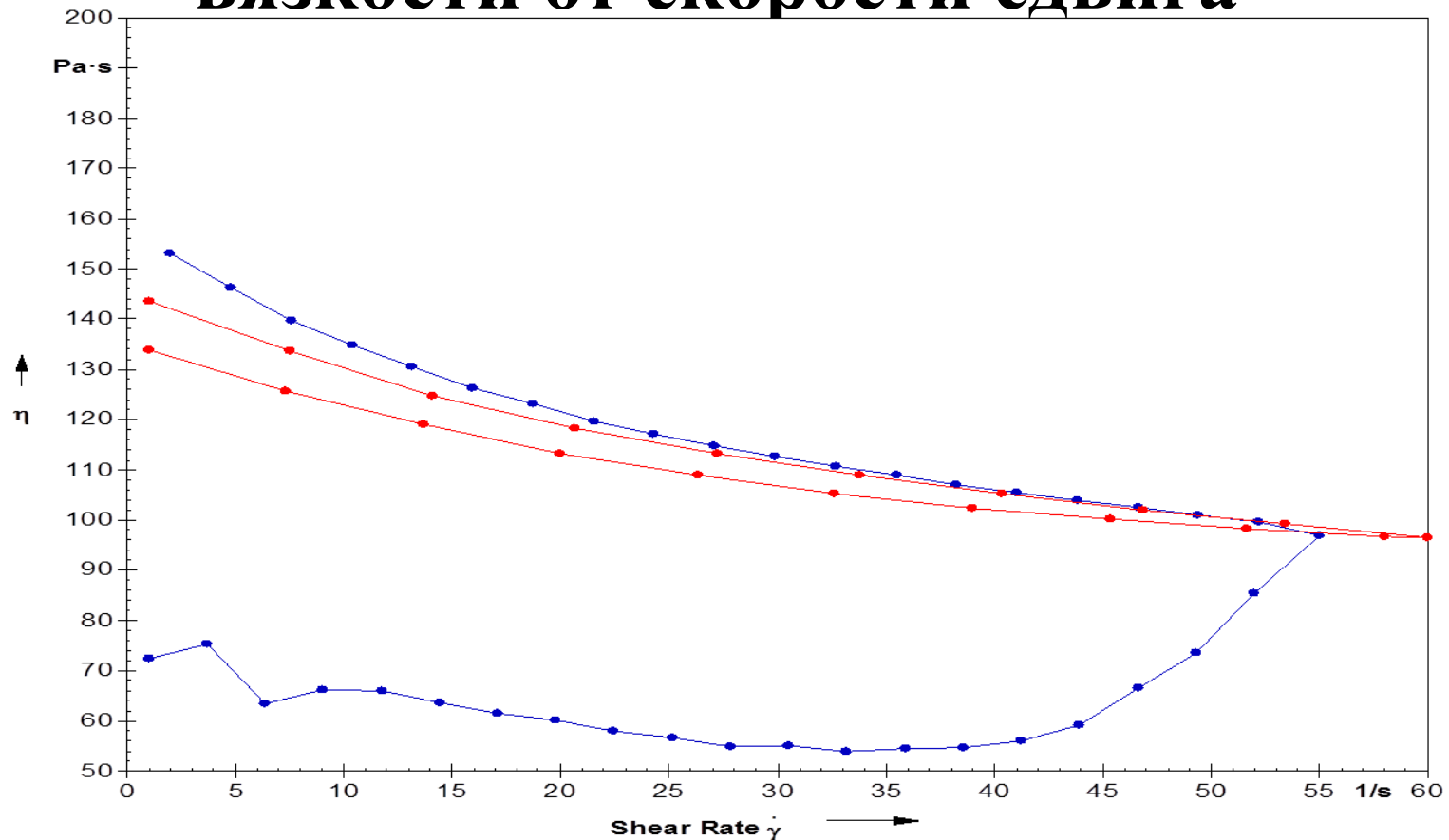
Измерительные цилиндры

Методы определения динамической вязкости

Метод 1. Динамическая вязкость определяется при одной определенной скорости сдвига через определенный промежуток времени.

Метод 2. Динамическая вязкость определяется при различных скоростях сдвига. В процессе испытаний скорость сдвига повышается многократно, чтобы сдвиговым течением разрушить структурные связи, после достижения максимальной скорости сдвига происходит обратное снижение скорости сдвига с определением динамической вязкости при начальной скорости сдвига. По разности значений динамической вязкости оценивают устойчивость битума к воздействию сдвиговых нагрузок.

График зависимости динамической вязкости от скорости сдвига



- Важной реологической характеристикой является способность битума быстро восстанавливать динамическую вязкость после сдвиговых деформаций.
- Битум способен восстанавливать разрушенную структуру, но ее восстановление у разных битумов происходит с различной скоростью.

Старение битума

- Во всех странах Таможенного союза используется метод испытания, основанный на самом распространенном в странах европейского союза и США - методе RTFOT, который максимально точно моделирует процессы старения битума в реальных условиях приготовления и укладки асфальтобетонных смесей. Старение по методу RTFOT занимает 75 минут, что значительно сокращает затраты на проведение испытания. Однако, в РФ и РБ еще действует ГОСТ 18180 в котором используется статичный и продолжительный (в течение 5 часов) прогрев, который не отражает процессы старения битума в реальных условиях приготовления и укладки асфальтобетонных смесей.

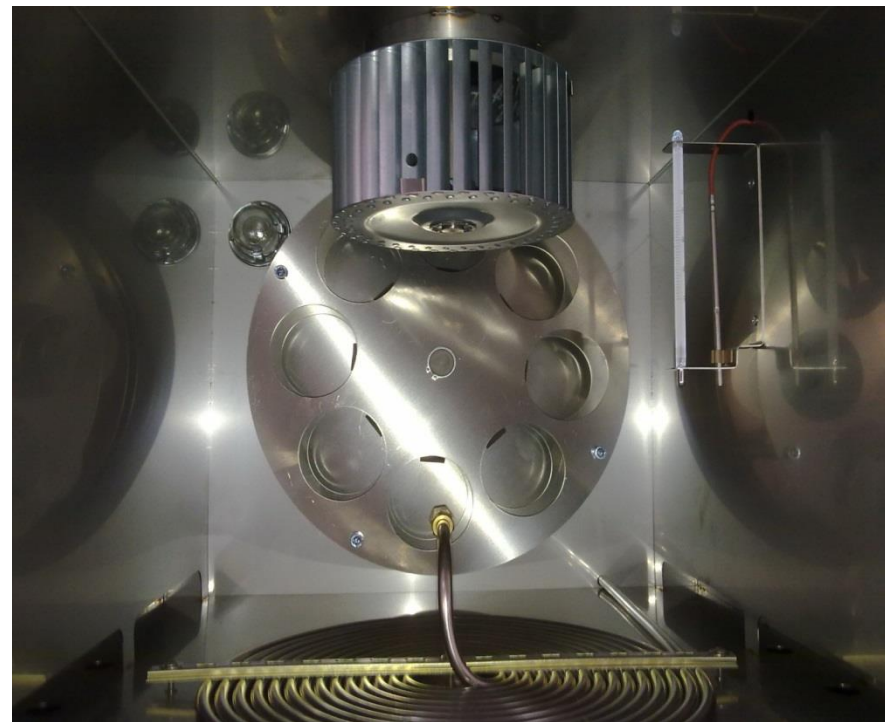
Оборудование для старения битума по методу RTFOT



Сушильный шкаф

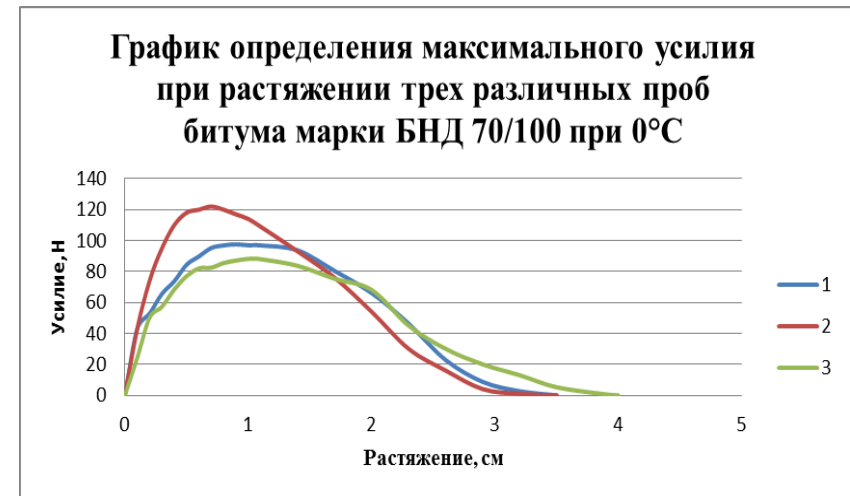
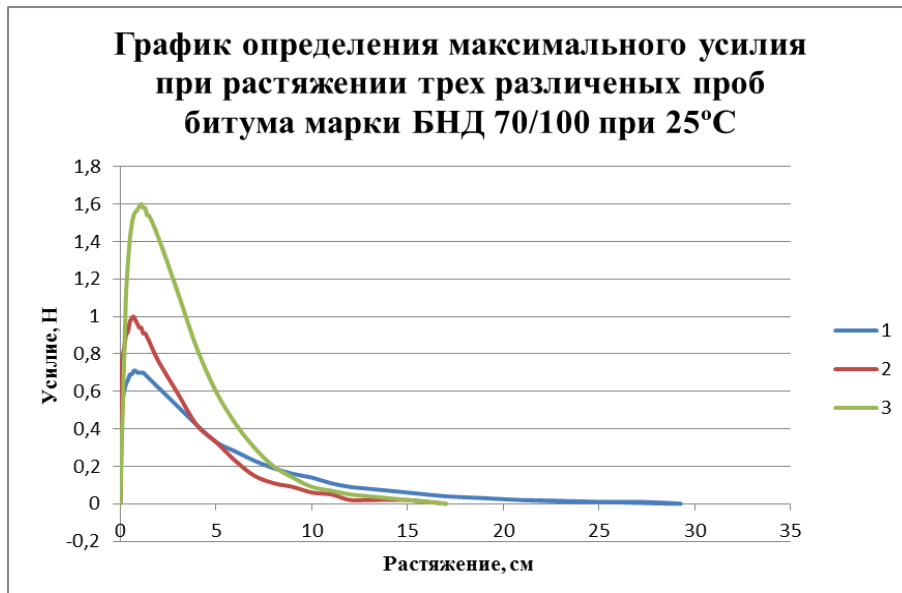


Стеклянные контейнеры



Внутреннее пространство сушильного шкафа

Графики максимальных усилий



Из данных графиков видно, что разные битумы обладают различным максимальным усилием при растяжении, причем разница в данном случае достигает до 2-х раз. Битум (зеленый цвет) превосходит остальные по усилию при 25°C, причем при 0°C он показывает минимальное усилие. Соответственно данный битум обладает лучшей устойчивостью к пластическим деформациям при повышенных температурах, а при низких температурах наоборот обладает повышенной способностью к пластическим деформациям для релаксации напряжений и предотвращения процесса трещинообразования.

Разработка требований и методов испытаний битумных вяжущих на основе методологии Superpave для СЗФО РФ

План мероприятий по внедрению современных требований и методов испытаний битумных вяжущих для дорожного хозяйства и дорожного асфальтобетона на основе методологии Superpave.

Утвержден Руководителем Федерального дорожного агентства Старовойтом Р.В. 04.03.2013г.

В соответствии с Планом в настоящее время проводятся работы в области дорожных битумов и дорожного асфальтобетона.

Комплекс документов в области битумных вяжущих материалов

- ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Вяжущие нефтяные битумные. Метод определения свойств битумных вяжущих с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)»;
- ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Вяжущие нефтяные битумные. Методика старения битумных вяжущих под действием давления и температуры (PAV)»;
- ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Вяжущие нефтяные битумные. Метод определения жесткости и ползучести битумных вяжущих при отрицательных температурах с помощью реометра с изгибающейся балочкой (BBR)»;
- Рекомендации по назначению требований к битумным вяжущим материалам на основе принципов «Superpave» для регионов Северо-западного федерального округа.

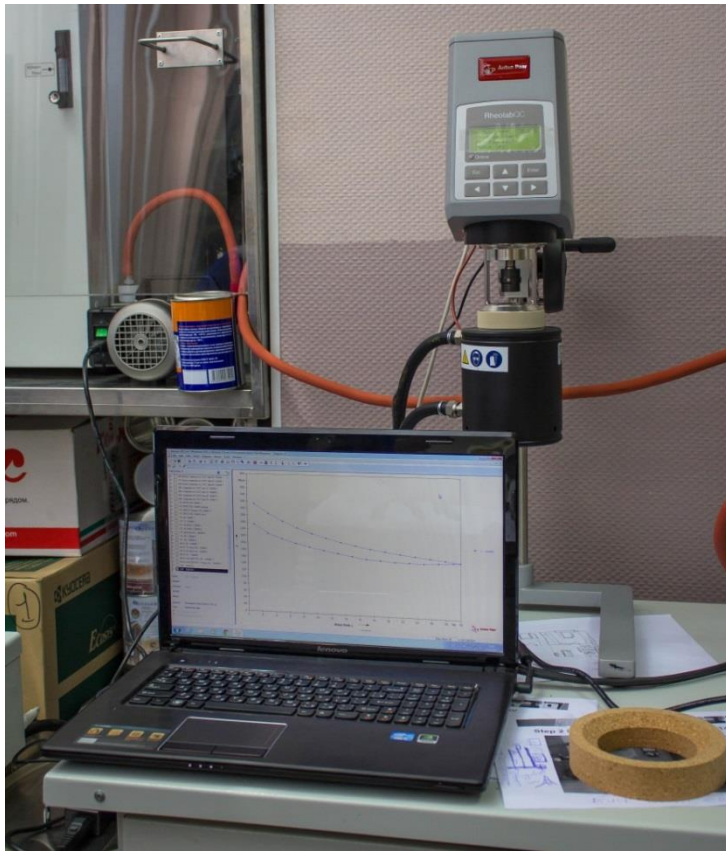
Требования к битумным вяжущим в соответствии с AASHTO M 320

Классификационные характеристики марок	PG 46			PG 52						
	34	40	46	10	16	22	28	34	40	46
Максимальная расчетная температура дорожного покрытия, °C	<46			<52						
Минимальная расчетная температура дорожного покрытия, °C	>-34	>-40	>-46	>-10	>-16	>-22	>-28	>-34	>-40	>-46
Исходное битумное вяжущее										
Температура вспышки, T48, мин., °C	230									
Вязкость, T 316: ≤ 3 Па, температура испытаний, °C	135									
Вязкость, T 316: (для определения температур приготовления и уплотнения смеси) температура испытаний, °C	165									
Динамический сдвиг, T 315: $G^*/\sin\delta \geq 1,00$ кПа при $\gamma = 12\%$, при 10 рад/с, температура испытаний, °C	46			52						
Битумное вяжущее состаренное по T 240(RTFOT)										
Изменение массы после старения,%	± 1.00									
Динамический сдвиг, T 315: $G^*/\sin\delta \geq 2,20$ кПа при $\gamma = 10\%$, при 10 рад/с, температура испытаний, °C	46			52						
Битумное вяжущее состаренное по T 240 и подготовленное по R 28(PAV)										
Температура старения PAV °C	90			90						
Динамический сдвиг, T 315: $G^*\cdot\sin\delta \leq 5000$ кПа при $\gamma = 1\%$, при 10 рад/с, температура испытаний, °C	10	7	4	25	22	19	16	13	10	7
Жесткость и ползучесть, T 313: Жесткость(S), ≤300 МПа Ползучесть(m), ≥0,300 температура испытаний, °C	-24	-30	-36	0	-6	-12	-18	-24	-30	-36

Марки битумных вяжущих по AASHTO M 320 на основании эксплуатационных характеристик

Маркировка по Superpave	Максимальная расчетная температура(°C)	Минимальная расчетная температура (°C)
PG	46	-34, -40, -46
PG	52	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46
PG	58	-16, -22, -28, -34, -40
PG	64	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG	70	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG	76	-10, -16, -22, -28, -34
PG	82	-10, -16, -22, -28, -34

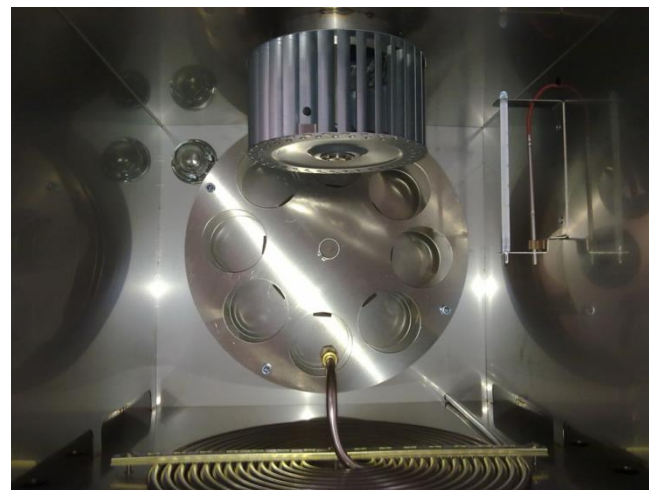
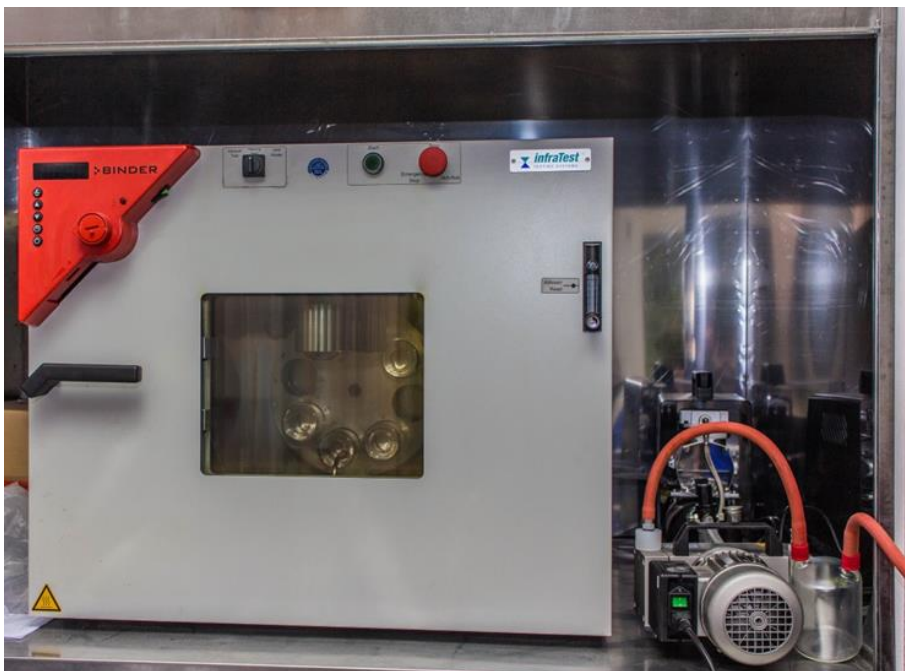
Определение динамической вязкости в соответствии с ААШТО Т 316



Ротационный вискозиметр (RV) используется в системе Superpave для определения вязкости битума при высоких температурах (более 100°C), с целью удостоверения в том, что вяжущий материал обладает вязкостью, достаточной для перекачивания, а также для определения температур смешивания и уплотнения а/б смеси

Ротационный вискозиметр для определения динамической вязкости битумных вяжущих

Старение битума в соответствии с ААSНТО Т 240 (RTFOT)



Сушильный шкаф для подготовки проб битума путем искусственного старения под воздействием высокой температуры и воздуха в течение 85 минут.

Также в соответствии с ААSНТО Т 240 после старения определяется изменение массы битума.



Старение битума в соответствии с ААSНТО R 28 (PAV)



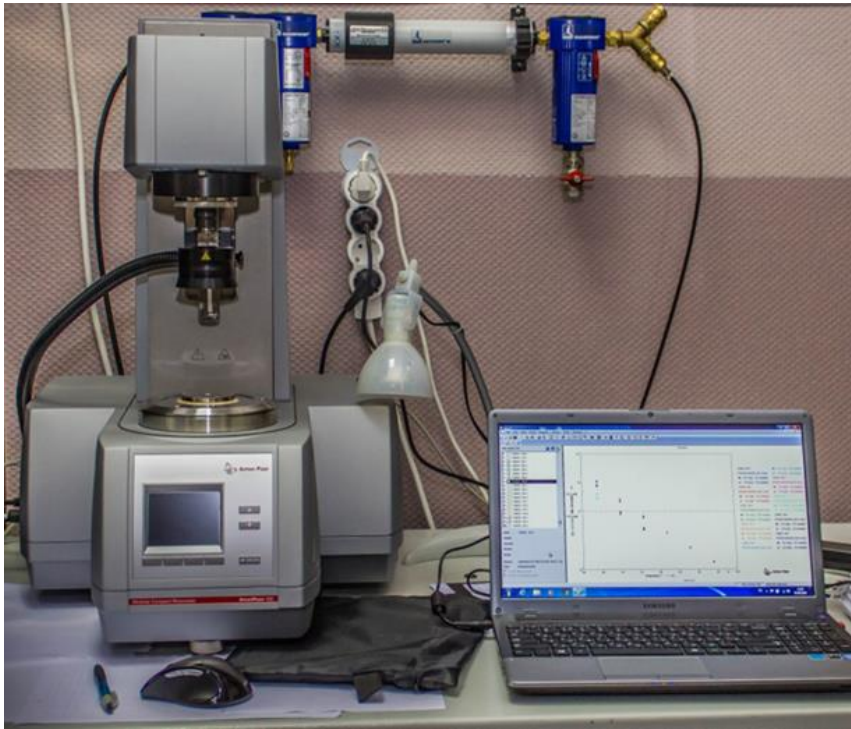
Камера высокого давления для старения битума под действием давления и температуры (PAV).

Для моделирования эффекта долговременного старения битум после RFTOT подвергается действию воздуха высокого давления и высокой температуры в течение 20 часов в PAV.

Давление в камере (2,1МПа)

Температура испытания (90°C или 100°C) в зависимости от марки PG.

Определение реологических характеристик битума в соответствии с AASHTO T 315 (DSR)



Реометр динамического сдвига определяющий линейные вязкостно-упругие свойства битумных вяжущих

Сущность метода заключается в оценке сопротивления битумного вяжущего сдвиговым нагрузкам, путем приложения к образцу знакопеременной синусоидальной сдвиговой нагрузки и определении комплексного модуля сдвига G^* и фазового угла δ .

G^* - это соотношение максимального напряжения при сдвиге к максимальной деформации при сдвиге.

Временное запаздывание между приложенным напряжением сдвига и деформацией выражается значением фазового угла δ .

Определение низкотемпературных характеристик вяжущих при помощи реометра с изгибающейся балочкой (BBR)



Реометр с изгибающейся балочкой BBR

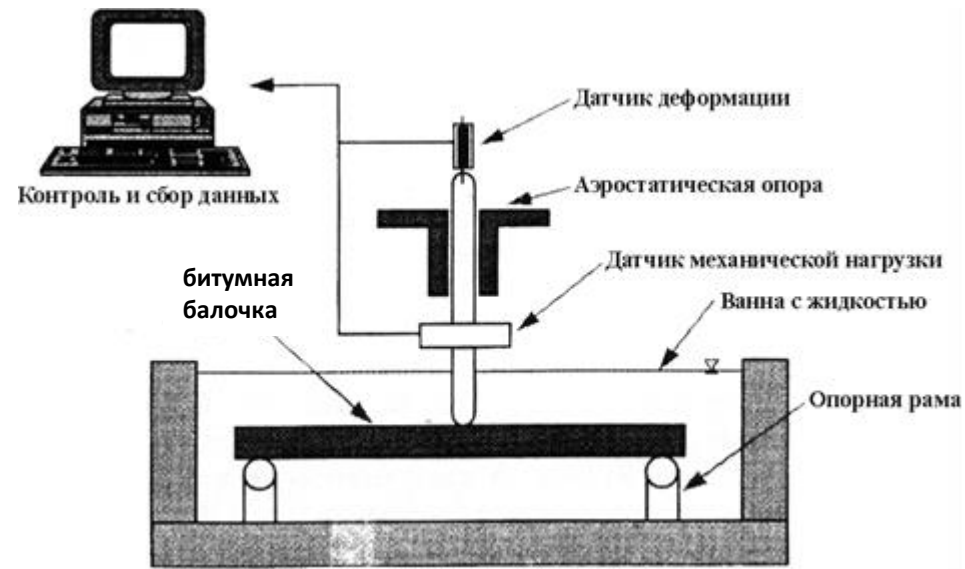


Схема нагружения битумной балочки

Реометр BBR позволяет определить жесткость битума и ползучесть (скорость изменения жесткости во времени)



Подготовка проб

Результаты испытаний в РФ и США

Сравнения результатов испытаний динамической вязкости

Наименование показателя			БНД 60/90	ПБВ 60
при 60°C	при 1,5с ⁻¹ , Па*с	Исходное вязущее	426	-
		после старения по ПНСТ 8 (75 мин)	1300	-
		после старения по AASHTO T 240 (85 мин)	2499	-
при 60°C	при 10с ⁻¹ , Па*с	Исходное вязущее	372	-
		после старения по ПНСТ 8 (75 мин)	981	-
		после старения по AASHTO T 240 (85 мин)	1542	-
при 135°C	при 20с ⁻¹ , Па*с	Исходное вязущее	0,6	0,9
		после старения по ПНСТ 8 (75 мин)	0,73	1,31
		после старения по AASHTO T 240 (85 мин)	1,00	1,33

Результаты испытаний в РФ и США

Сравнения результатов испытаний высокотемпературных характеристик

Наименование показателя		БНД 60/90	ПБВ 60
Глубина проникания иглы, 0,1мм, при 25°C		58	72
Температура размягчения, °C		51	70
Максимальное усилие при растяжении при 25°C, Н		1,7	2,1
Динамический сдвиг, при 10 рад/с, °C	$G^*/\sin\delta$ ≥1,00 кПа	Исходное вяжущее	70
	$G^*/\sin\delta$ ≥2,20 кПа	после старения по ПНСТ 8 (75 мин)	проходит
	$G^*/\sin\delta$ ≥2,20 кПа	после старения по AASHTO T 240 (85 мин)	не проходит
		проходит	проходит

Зависимость колеобразования от устойчивости к динамическому сдвигу на примере ПБВ

Количество исследованных проб, шт	Высокотемпературное значение марки PG	Среднее значение колеобразования, мм
10	64	3,5
28	70	3,2
20	76	2,3
7	82	1,8

Результаты испытаний в РФ и США

Сравнение результатов испытаний низкотемпературных характеристик

Наименование показателя		БНД 60/90		ПБВ 60	
Глубина проникания иглы, 0,1мм, при 0°С		19		26	
Растяжимость, см, при 0°С		хрупкий разрыв		11	
Максимальное усилие при растяжении при 0°С, Н		150		117	
Температура хрупкости, °С		-19		-21	
Температура хрупкости после RTFOT (85 мин.), °С		-17		-19	
Температура трещинообразования, °С	AASHTO T 313 (BBR)	Проходит при -18°С	Соответствует PG -28°С	Проходит при -18°С	Соответствует PG -28°С
G*sinδ ≤5000 кПа после старения по PAV		Проходит при 19°С	Соответствует PG -40°С	Проходит при 13°С	Соответствует PG -52°С

Рекомендации по назначению требований к битумным вяжущим

Наименование показателя	Расчетные температуры испытания, °C	Требования	Метод испытания
<u>Исходное вяжущее</u>			
Температура вспышки, °C		Не менее 230	ПНСТ 7 [20]
Динамическая вязкость, при 20 об/мин, Па*с	135	Не более 3	ПНСТ 6 [12] при заявленной температуре
Динамическая вязкость, при 20 об/мин, Па*с	165	Для получения данных необходимых при определении температур смешивания и уплотнения смеси	ПНСТ 6 [12] при заявленной температуре
Динамический сдвиг: $ G^* /\sin\delta$ при 10рад/с, Па	T_{\max}^*	Не менее 1000	ПНСТ Метод определения свойств органических вяжущих с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)
<u>Состаренное битумное вяжущее по методу RTFOT</u>			
Изменение массы после старения, %	163	Не более ±1	ПНСТ 8 [14] ($t_{\text{исп}}=85\text{мин}$)
Динамический сдвиг: $ G^* /\sin\delta$ при 10рад/с, Па	T_{\max}^*	Не менее 2200	ПНСТ Метод определения свойств органических вяжущих с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)
Растяжение, см	0°C	Задаются в зависимости от T_{\min}^{**}	ПНСТ 2 [8]
Максимальное усилие при растяжении, Н	0°C	Задаются в зависимости от T_{\min}^{**}	ПНСТ 2 [8]
Температура хрупкости, °C		Задаются в зависимости от T_{\min}^{**}	ПНСТ 5 [5]
<u>Состаренное битумное вяжущее по методу RTFOT и подготовленное по методу PAV</u>			
Температура подготовка по PAV, °C	$T_{\max} \leq 52$	90	ПНСТ Метод старения органических вяжущих под действием давления и температуры (PAV – Pressure aging vessel)
	$T_{\max} \geq 53$	100	
Динамический сдвиг: $ G^* /\sin\delta$ при 10рад/с, кПа	$(K - T_{\min} \times 0,5)^{**}$	Не более 3000	ПНСТ Метод определения свойств органических вяжущих с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)

* T_{\max} – максимальная расчетная температура покрытия;

** T_{\min} – минимальная температура расчетная температура покрытия; K – коэффициент, выбираемый в зависимости от T_{\max} , по таблице.

Таблица значений К в зависимости от максимальной расчетной температуры испытания

Максимальная расчетная температура ($T_{\text{макс}}$), °С	К
$T_{\text{макс}} < 46$	27
$46 \leq T_{\text{макс}} < 52$	30
$52 \leq T_{\text{макс}} < 58$	33
$58 \leq T_{\text{макс}} < 64$	36
$64 \leq T_{\text{макс}} < 70$	39
$70 \leq T_{\text{макс}} < 76$	42
$76 \leq T_{\text{макс}} < 82$	45
$82 \leq T_{\text{макс}}$	48

Спасибо за внимание !