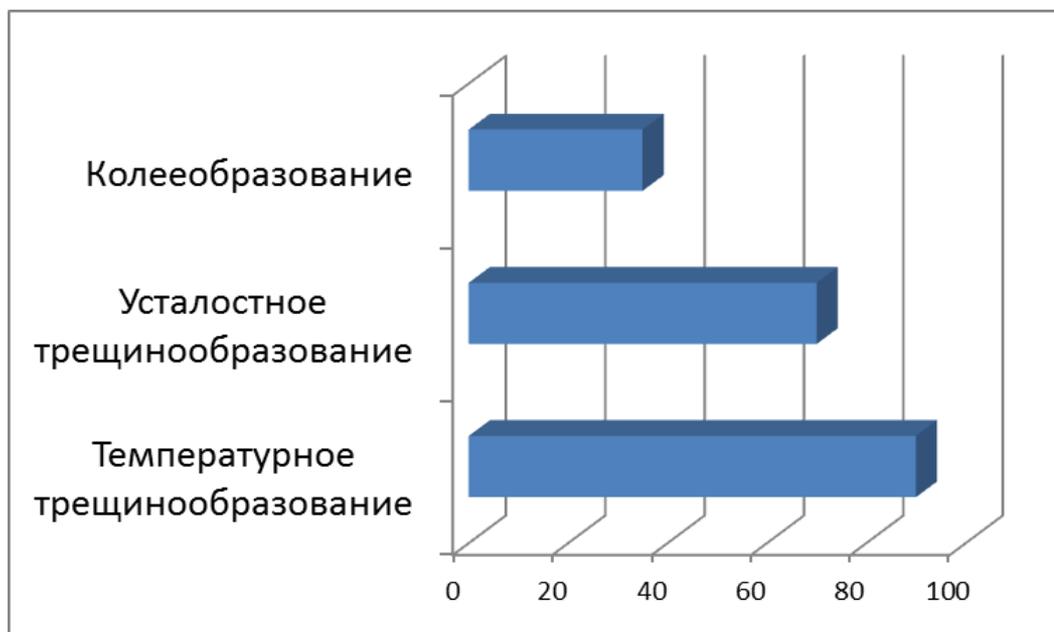


Особенности, подходы и методы  
системы «Supergave»  
в области вяжущих материалов

Симчук Е. Н.

Генеральный директор  
АНО НИИ ТСК

# Роль вяжущего в развитии дефектов покрытия



Система «Superpave» направлена на решение проблем по устранению:

- остаточной деформации (колееобразования)
- усталостного трещинообразования
- низкотемпературного трещинообразования

**Расчетное воздействие битумного вяжущего,  
(%)**

# Стандарты входящие в систему Supergrave, распространяющиеся на битумные вяжущие

- 1) ПНСТ «Технические требования с учетом температурного диапазона эксплуатации» разработан в соответствии с AASHTO M 320
- 2) ПНСТ «Порядок определения марки с учетом температурного диапазона эксплуатации» разработан в соответствии с AASHTO R 29
- 3) ПНСТ «Метод определения свойств битумных вяжущих материалов с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)» разработан в соответствии с AASHTO T 315
- 4) ПНСТ «Метод старения битумных вяжущих материалов под действием давления и температуры (PAV)» разработан в соответствии с AASHTO R 28
- 5) ПНСТ «Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра изгибающего балочку (BBR)» разработан в соответствии с AASHTO T 313
- 6) ГОСТ 33140 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)» разработан в соответствии с AASHTO T 240
- 7) ГОСТ 33141 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда» разработан в соответствии с AASHTO T 48
- 8) ГОСТ 33137 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром» разработан в соответствии с AASHTO T 316

# Оценка эксплуатационных характеристик на трех основных этапах жизненного цикла

- Оценка свойств исходного битумного вяжущего
- Оценка свойств битумного вяжущего после краткосрочного искусственного старения (RTFOT), моделирующего процесс приготовления и укладки а/б смеси
- Оценка свойств битумного вяжущего после длительного искусственного старения в PAV, моделирующего старение в течение 7-10 лет эксплуатации

# Разделение стандартных характеристик по стадиям жизненного цикла битумного вяжущего

## Стандартные характеристики исходного битумного вяжущего

- **Температура вспышки (AASHTO T 48) ГОСТ 33141** «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда»
- **Динамическая вязкость (AASHTO T 316) ГОСТ 33137** «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром»
- **Сдвиговая устойчивость (AASHTO T 315) ПНСТ** «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения свойств битумных вяжущих материалов с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)

## Стандартные характеристики состаренного по RTFOT битумного вяжущего

- **Изменение массы после старения (AASHTO T 240) ГОСТ 33140** «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)»
- **Сдвиговая устойчивость (AASHTO T 315) ПНСТ** «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения свойств битумных вяжущих материалов с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)

## Стандартные характеристики состаренного в PAV битумного вяжущего

- **Усталостная устойчивость (AASHTO T 315) ПНСТ** «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения свойств битумных вяжущих материалов с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)
- **Низкотемпературная устойчивость (AASHTO T 313) ПНСТ** «Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра изгибающего балочку (BBR)»

# ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования Материалы вяжущие нефтяные битумные Технические требования с учетом температурного диапазона эксплуатации» (AASHTO M 320)

Классификационные характеристики марок	PG	X	58					Методы испытаний
		Y	-16	-22	-28	-34	-40	
Максимальная расчетная температура дорожного покрытия, не выше, °C			58					
Минимальная расчетная температура дорожного покрытия, не ниже, °C			-16	-22	-28	-34	-40	
Показатели качества и требования для исходного битумного вяжущего								
Температура вспышки: не ниже, °C			230					T 48
Динамическая вязкость: не более 3 Па, при температуре испытания, °C			135					T 316
Сдвиговая устойчивость: ( $G^*/\sin\delta$ ) не менее 1 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °C			58					T 315
Требования для битумного вяжущего состаренного по методу RTFOT								
Изменение массы после старения, не более %			±1					T 240
Сдвиговая устойчивость: ( $G^*/\sin\delta$ ) не менее 2,2 кПа при 10 рад/с, при температуре испытания, °C			58					T 315
Требования для битумного вяжущего, состаренному по методу PAV								
Температура старения по PAV, °C			100					R 28
Устойчивость к внутренним (усталостным) напряжениям, ( $G^*\cdot\sin\delta$ ) не более 5000 кПа, при 10 рад/с, при температуре испытания, °C			25	22	19	16	13	T 315
Низкотемпературная устойчивость: Жесткость(S) не более 300 МПа Ползучесть(m) не менее 0,3, при температуре испытания, °C			-6	-12	-18	-24	-30	T 313

# **ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования материалы вяжущие нефтяные битумные Порядок определения и подтверждения марки с учетом температурного диапазона эксплуатации» (AASHTO R29)**

Данный стандарт содержит методику определения расчетных температур (минимальной и максимальной) слоя дорожного покрытия. Максимальная расчетная температура слоя асфальтобетонного покрытия определяется на глубине 20 мм от покрытия поверхности слоя, для ее расчета используются данные о максимальных дневных температурах воздуха в районе строительства. Минимальная расчетная температура слоя асфальтобетонного покрытия определяется на поверхности слоя, для ее расчета используются данные о минимальных суточных температурах воздуха в районе строительства

# ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования материалы вяжущие нефтяные битумные Порядок определения и подтверждения марки с учетом температурного диапазона эксплуатации» (AASHTO R29)

Стандарт описывает порядок проведения испытаний, для определения марки битумного вяжущего, если его марка заранее не известна. Также в стандарте определен порядок действий при подтверждении качества битумного вяжущего и соответствия его заявленной производителем марке.

## *Различия в процедурах определения и подтверждения*

<b>Определение заранее не известной марки</b>	<b>Подтверждение соответствия заявленной марке (соответствие качества материала)</b>
Объем пробы не менее 400гр	Объем пробы не менее 250гр
Температуры испытания выбираются в соответствии с логическим алгоритмом (после испытания при начальной температуре, выбирается следующая температура в зависимости от результата испытания и т.п.)	Температуры испытания выбираются исходя из значения марки
Основные испытания необходимо выполнить не менее, чем при двух температурах испытания	Определение основных показателей происходит при стандартных значениях температур, соответствующих значению марки
Набора результатов испытаний достаточно для определения марки битумного вяжущего	Набора получаемых результатов испытаний недостаточно для определения марки битумного вяжущего, но достаточно для подтверждения заявленной марке
Порядок позволяет провести полное исследование пробы битумного вяжущего, но требует больше времени	Порядок позволяет провести частичное исследование пробы битумного вяжущего, тем не менее достаточно для подтверждения его качества, и требует минимального времени

**ГОСТ 33141 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения температур вспышки. Метод с применением открытого тигля Кливленда» разработан в соответствии с AASHTO T 48**



Сущность данного 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

**Аппарат для определения температуры вспышки**

**ГОСТ 33137 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром», разработан в соответствии с AASHTO T 316**



**Ротационный вискозиметр**

Сущность метода заключается в измерении относительного сопротивления течению, вызванному сдвиговым воздействием на битум вращающимися элементами конфигурации. Динамическая вязкость вычисляется как отношение между приложенным напряжением сдвига и скоростью сдвига

# ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения свойств битумных вяжущих материалов с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)» (AASHTO T 315)



**Реометр динамического сдвига**

Сущность данного метода заключается в оценке сопротивления битумного вяжущего материала сдвиговым нагрузкам, путем приложения к образцу осцилляционной сдвиговой нагрузки и определении комплексного модуля сдвига  $G^*$  и фазового угла  $\delta$

Испытания проводятся на исходном битумном вяжущем и состаренном по методу AASHTO T 240 (RTFOT) (имитация старения битумного вяжущего в процессе приготовления и укладки смеси). Испытание проводится при максимальных эксплуатационных температурах, которые выбираются в соответствии с техническими требованиями (AASHTO T 240). Для испытания используется конфигурация типа плита-плита диаметром 25мм с испытательным зазором 1мм, образец испытывается в осцилляционном режиме при постоянной частоте 10 рад/сек (что соответствует скорости движения автотранспорта от 90 до 100 км/ч) и постоянной заданной деформации 12% для исходного и 10% для состаренного материала. При испытании определяется комплексный модуль сдвига и фазовый угол. На основании результатов измерений рассчитывается параметр  $(G^*/\sin\delta)$ , который определяет сдвиговую устойчивость образца. По результатам испытаний оценивается способность битумного вяжущего сопротивляться внешним сдвиговым нагрузкам

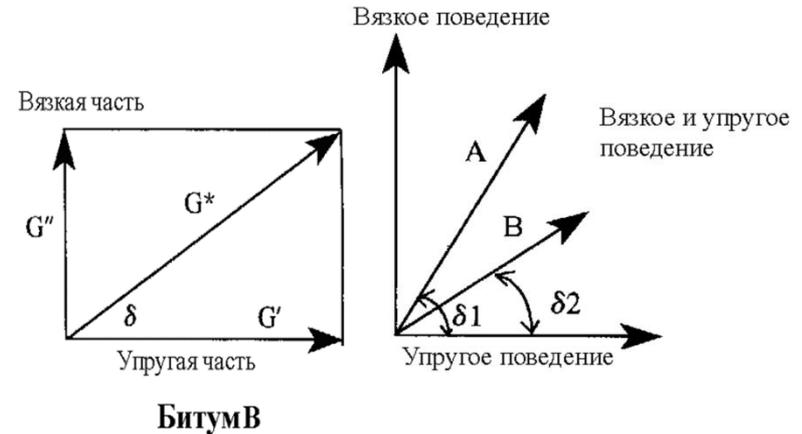
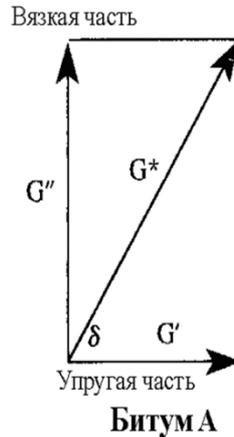
# ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования.

## Материалы вяжущие нефтяные битумные.

### Метод определения свойств битумных вяжущих материалов с использованием динамического сдвигового реометра (DSR)» (AASHTO T 315)



**Реометр динамического сдвига**



Два битума с одинаковым абсолютным значением комплексного модуля  $G^*$ , но с разными фазовыми углами  $\delta$ .

Комплексный модуль  $G^*$  состоит из двух компонентов: модуль накопления  $G'$  или упругая (обратимая) часть, и модуль потерь  $G''$  или вязкая (необратимая) часть. При помощи фазового угла можем оценивать упругую и вязкую составляющую комплексного модуля  $G^*$

**ГОСТ 33140 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)» (AASHTO T 240)**



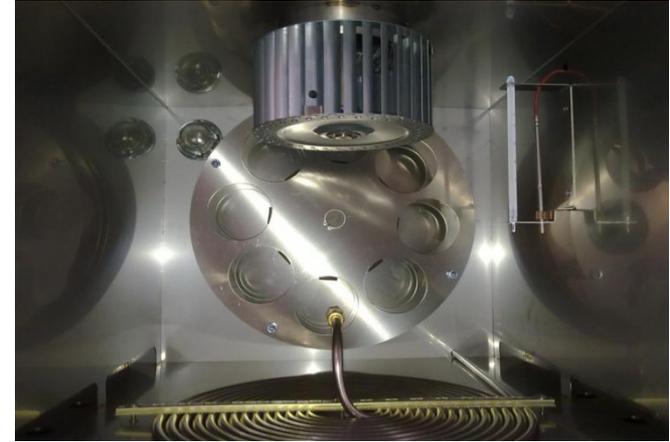
Данный метод моделирует в лабораторных условиях процесс старения битумного вяжущего, происходящий при приготовлении и укладке асфальтобетонной смеси

**Печь для старения по методу RTFOT**

# **ГОСТ 33140 «Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения старения под воздействием высокой температуры и воздуха (метод RTFOT)» (AASHTO T 240)**



**Стеклянные контейнеры для образцов**



**Внутреннее пространство печи**

В стеклянные контейнеры наливается по 35 г исходного битумного вяжущего. Стеклянные контейнеры битумным вяжущим помещаются в барабан печи, заранее разогретой до температуры 163°C. После загрузки контейнеров, барабан запускается с частотой вращения 15 об/мин, а через специальную форсунку подается горячий воздух со скоростью 4 л/мин. Выходное отверстие форсунки расположено так, чтобы воздух попадал в контейнер в нижней точке его вращения. Контейнеры выдерживаются в печи при данных условиях в течение 85 минут. В процессе старения по данному методу битумное вяжущее постоянно находится в движущейся тонкой пленке под воздействием высокой температуры и свежего горячего воздуха. Таким образом весь объем образца постоянно перемешиваясь, подвергается старению в одинаковой степени. Схожий процесс происходит в реальных условиях, когда битумное вяжущее при высокой температуре смешивается с минеральным наполнителем и находится в тонкой движущейся пленке в постоянном контакте с воздухом

**ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод старения битумных вяжущих материалов под действием давления и температуры (PAV)»  
(AASHTO R 28)**



**Оборудование для длительного старения вяжущих материалов (PAV)**

Методика в лабораторных условиях моделирует окислительное старение, которому подвергается битумное вяжущее в дорожном покрытии в течение периода эксплуатации от 5 до 10 лет

## **ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод старения битумных вяжущих материалов под действием давления и температуры (PAV)» (AASHTO R 28)**



**Загрузка образцов в камеру высокого давления**

Состаренное по методу RTFOT битумное вяжущее, заливают в металлические чашки по 50 г в каждую. Чашки помещают в камеру высокого давления, предварительно разогретую до температуры старения. Температура старения 90 или 100°C выбирается в соответствии с техническими требованиями, в зависимости от марки битумного вяжущего. Далее в камере создается давление 2,1 МПа. Чашки с образцами выдерживаются при данной температуре и давлении в течение 20 часов. Далее битумное вяжущее из чашек сливают в специальную металлическую емкость. Емкость с битумным вяжущим помещают в вакуумную печь, предварительно разогретую до 170°C. В вакуумной печи создается вакуум (абсолютное давление 15 кПа). Образец выдерживают при данных условиях в течение 30 минут

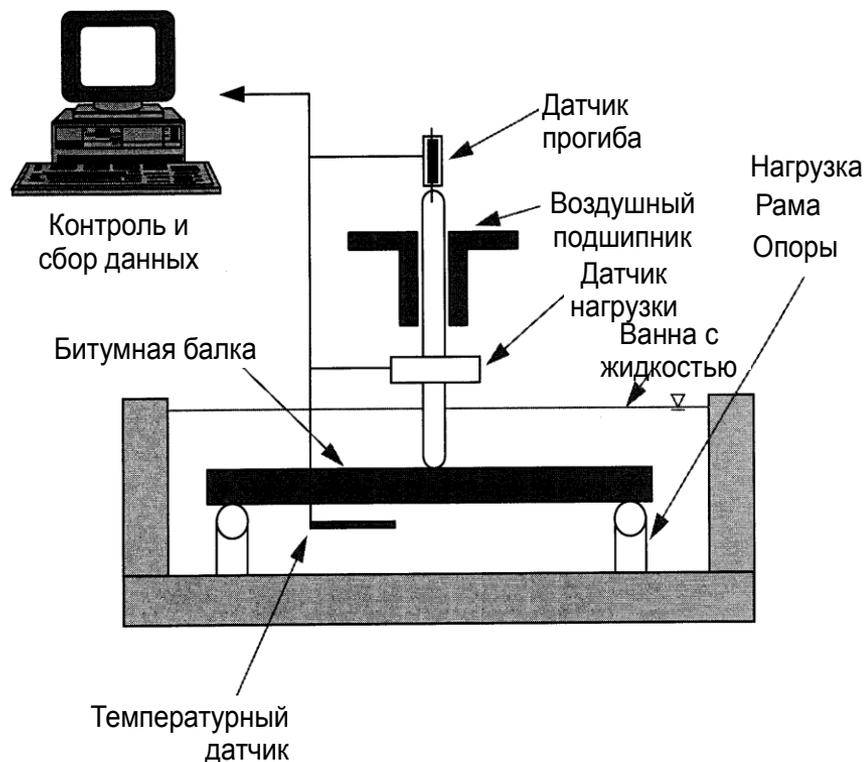
# ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра изгибающего балочку (BBR)» (AASHTO T 313)



Реометр изгибающий балочку

Сущность данного 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

# ПНСТ «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы вяжущие нефтяные битумные. Метод определения жесткости и ползучести битума при отрицательных температурах с помощью реометра изгибающего балочку (BBR)» (AASHTO T 313)



**Схематический вид реометра изгибающего балочку**

Для испытаний используется битумное вяжущее, состаренное по методу RTFOT и PAV . Испытание проводится на реометре изгибающем балочку (BBR). Испытание проводится при температуре на  $10^{\circ}\text{C}$  выше предельной минимальной расчетной температуры покрытия. К балочке прикладывается сосредоточенная статическая нагрузка  $980\text{ мН}$  и фиксируется ее деформация в течение  $240\text{ сек}$ . По результатам измерений рассчитывается жесткость  $S(t)$  и параметр  $m$  в момент времени  $t = 60\text{ сек}$ . Значение  $S(t)$  должно быть не более  $300\text{ МПа}$ , а значение  $m$  не менее  $0,3$  одновременно при температуре испытания, чтобы обеспечить низкотемпературную устойчивость битумного вяжущего

# Оценка качества битумных вяжущих по системе «Supergrave»

## Достоинства

- Нормируемые показатели и их оценка непосредственно связаны с эксплуатационными характеристиками, т.е. с их реакцией на транспортные нагрузки и климатические условия
- Свойства битумных вяжущих определяются на соответствующих жизненных циклах
- Для испытаний используется современное высокоточное оборудование

## Недостатки

- Высокая стоимость оборудования
- Необходимость привлечения высококвалифицированного персонала, прошедшего специальное обучение по системе «Supergrave».

# Совершенствование нормативно-технической базы

## ■ Недостатки стандартных показателей:

- Рассчитаны на стандартную транспортную нагрузку (не более 10 млн ЭООН при средней скорости движения 90 км/ч), в то время как сдвиговая устойчивость напрямую зависит как от времени действия, так и от величины приложенной нагрузки
- Не учитывают способность к упругому восстановлению различных битумных вяжущих
- Техническая сложность выполнения испытания на ВВР

Новые методики испытаний: MSCR; LAS; ABCD; DSR 4 mm

**Спасибо за внимание!**