



# Тестирование вяжущих по PG. Оборудование. Методы тестирования.

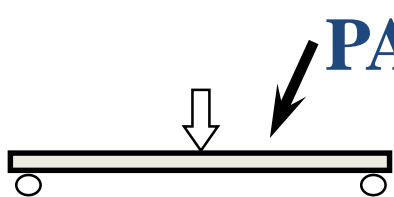


# PG – система M332



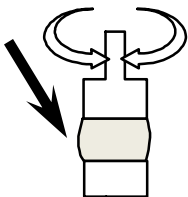
Св-ва вяжущего и оборудование для его тестирования:

BBR	DSR	DSR	DSR	RV
$S(60) \leq 300 \text{ MPa}$	$G^* \cdot \sin \delta$	$J_{nr3.2} \leq .5 \text{ kPa}^{-1}$	$G^* / \sin \delta$	$\eta$
$m(60) \geq 0.300$	$\leq 5.0 \text{ MPa}$	$J_{nr \text{ diff}} \leq 75\%$	$\geq 1.0 \text{ KPa}$	$3.0 \text{ Pa-s}$



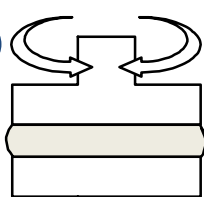
**PAV**

LT= 0 °C

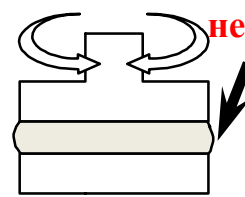


**RTFO**

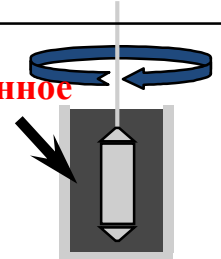
IT= 37 °C



HT = 76 °C



несостаренное



135 °C

Температура полотна, C



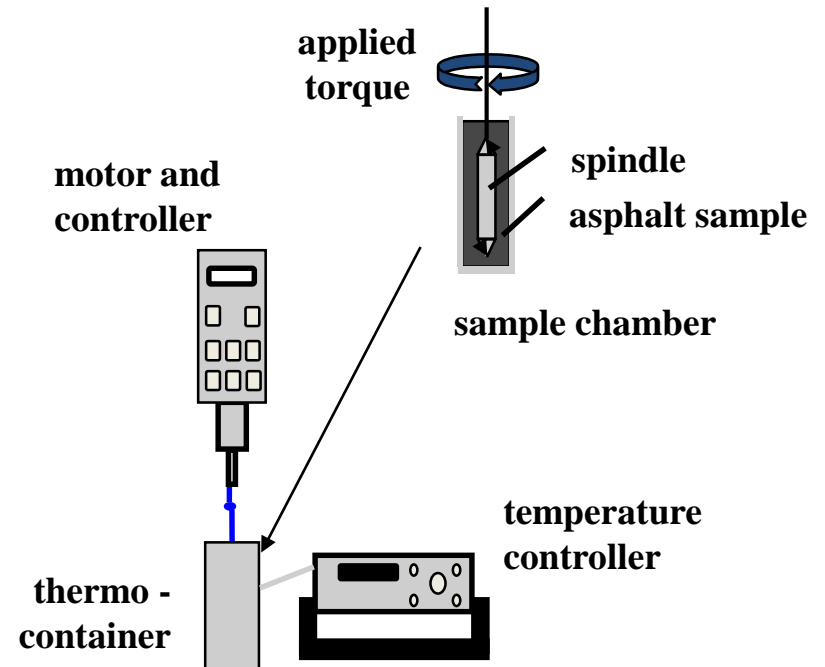
# Использование системы PG для вяжущих

## Система Superpave

- Удобоукладываемость at Construction Temperatures
  - Rotational Viscometer (RV) –  $\eta$  at 135 C - unaged
- Колейность at High Pavement Temperature
  - Dynamic Shear Rheometer (DSR) -  $G^*/\sin \delta$  (unaged & RTFO)
- Усталостные at Average Pavement Temperature
  - (DSR) -  $G^* \cdot \sin \delta$  (PAV aged)
- Термо-растрескивание при отрицательных T, C
  - Bending Beam Rheometer (BBR) - S(60), m(60) (PAV aged)
  - Direct Tension Tester (DTT) - Strain at failure
- Долговечность Properties - short term and long term
  - rolling thin film oven (RTFO), pressure aging vessel (PAV)

# Ротационный вискозиметр

- Оценка
  - handling and pumping properties
- ASTM D 4402
- Другие методы: Brookfield, ротационный соосный цилиндрический вискозиметр
- Вывод/возможности
  - viscosity at 135 C
  - viscosity temperature chart for mix design



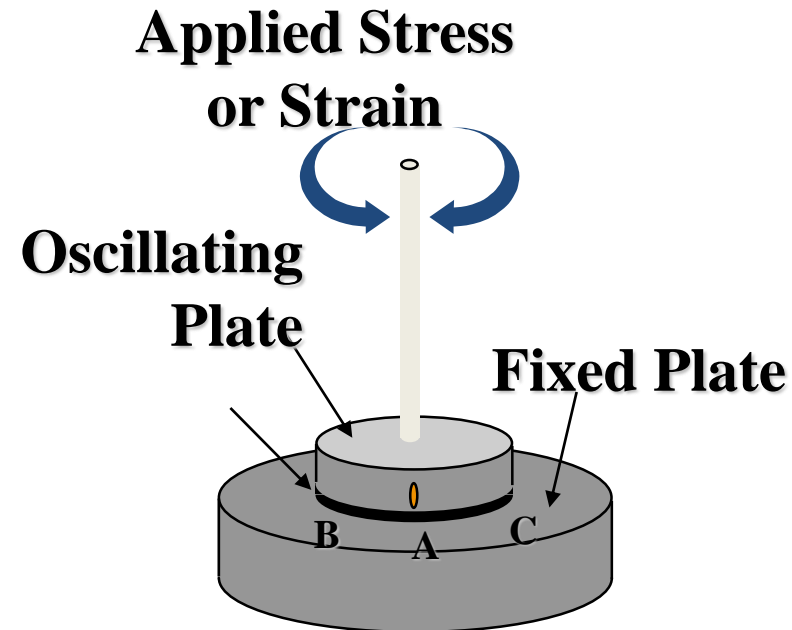
# Какие у нас проблемы?

## 1. Колея



# Dynamic Shear Rheometer (DSR)

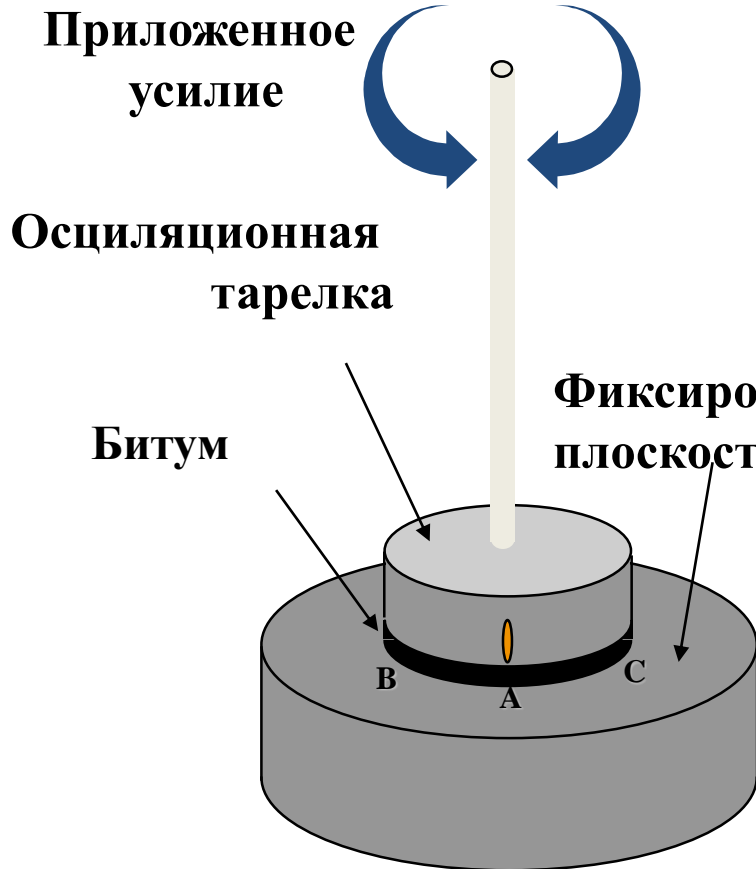
- Оценивает
  - Эластичные и вязкостные св-ва
  - Эфф-ты времени и температуры
- Другие приборы
  - Осциляционный реометр
  - Динамический реометр
- На выходе имеем
  - Комплексный модуль ( $G^*$ )
  - Фазовый угол ( $\delta$ )



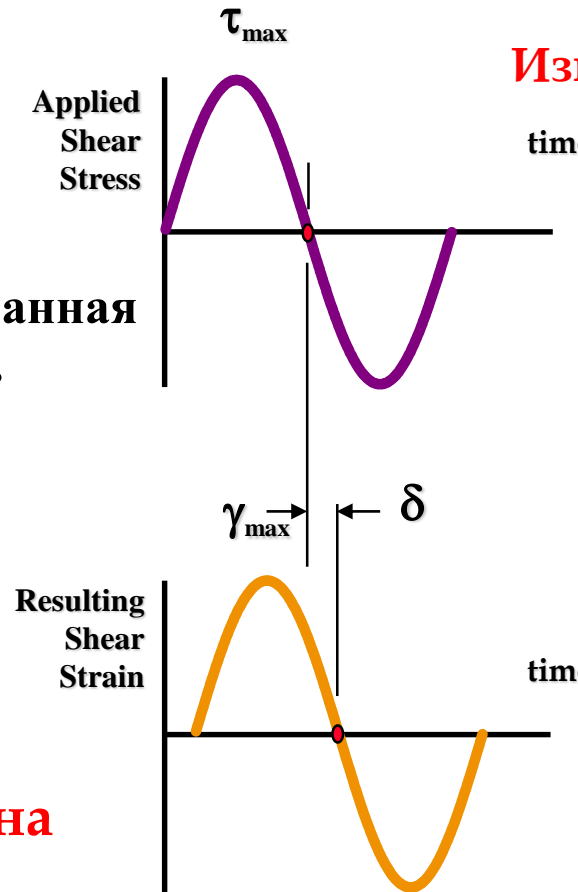




# Dynamic Shear Rheometer



Тест, температура полотна



Измерение жесткости

$$G^* = \frac{\tau_{\max}}{\gamma_{\max}}$$

$$\delta = \text{time lag/w}$$

Измер.эластичность

## 2. Усталостные напряжения



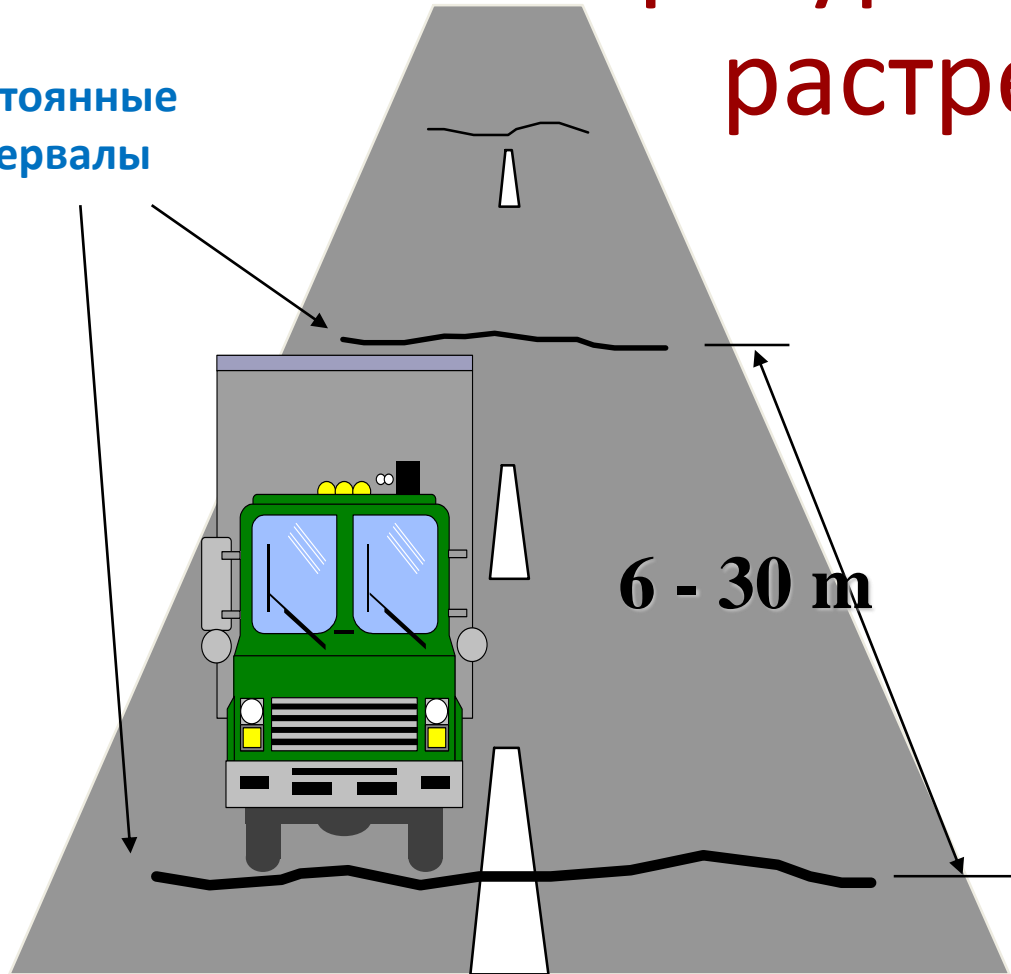
Т.н. “алигаторное”  
растрескивание





# 3. Низкотемпературное растрескивание

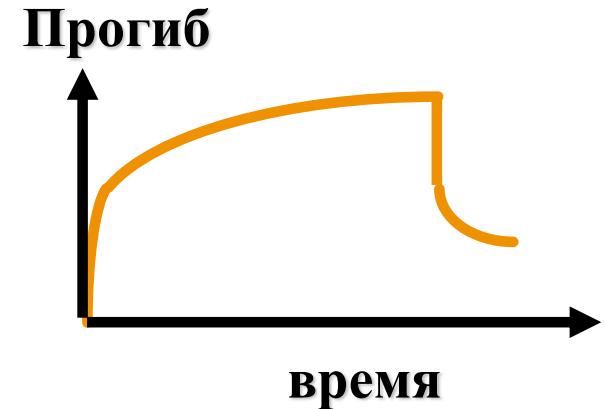
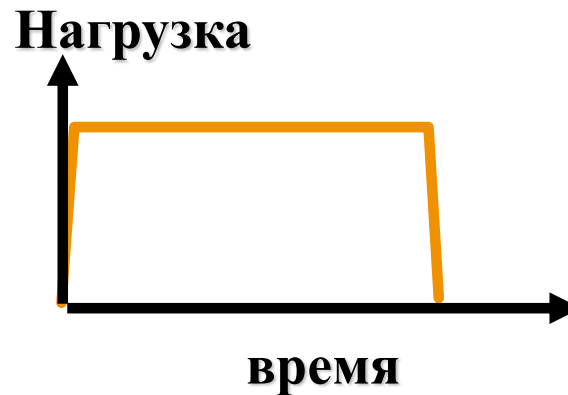
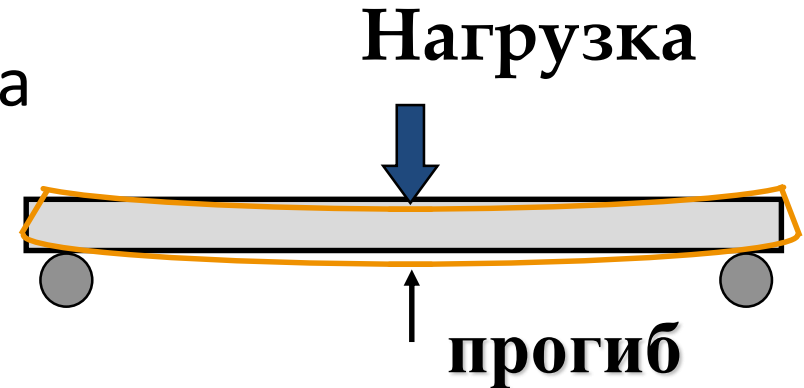
Постоянные интервалы





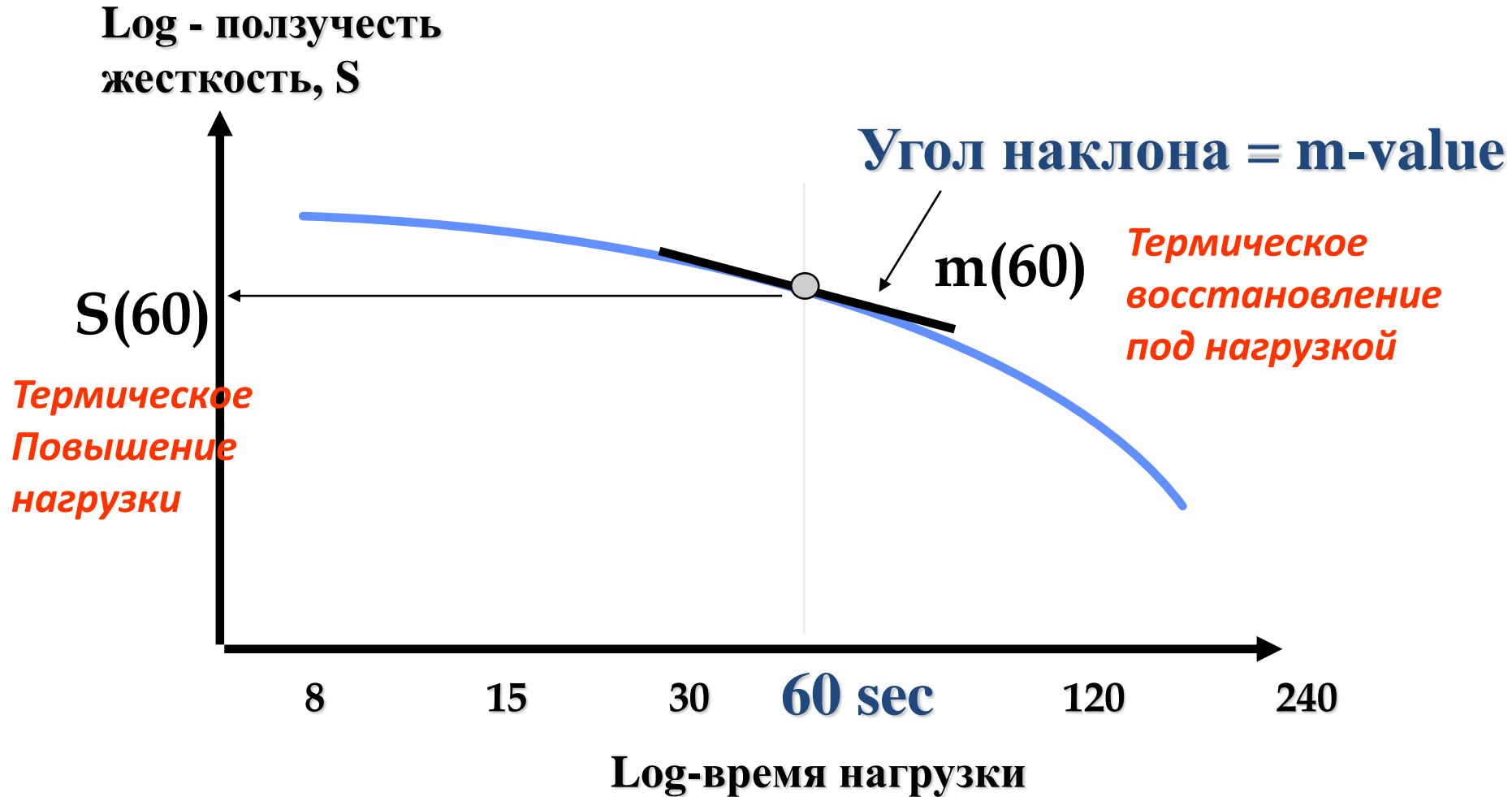
# Bending Beam Rheometer (BBR)

- Оценивает
  - Низкотемпературные св-ва
- Что имеем на выходе
  - Ползучесть (S)
  - $m$ -значение (восстановление)





# Результаты VBR (Bending Beam Rheometer)



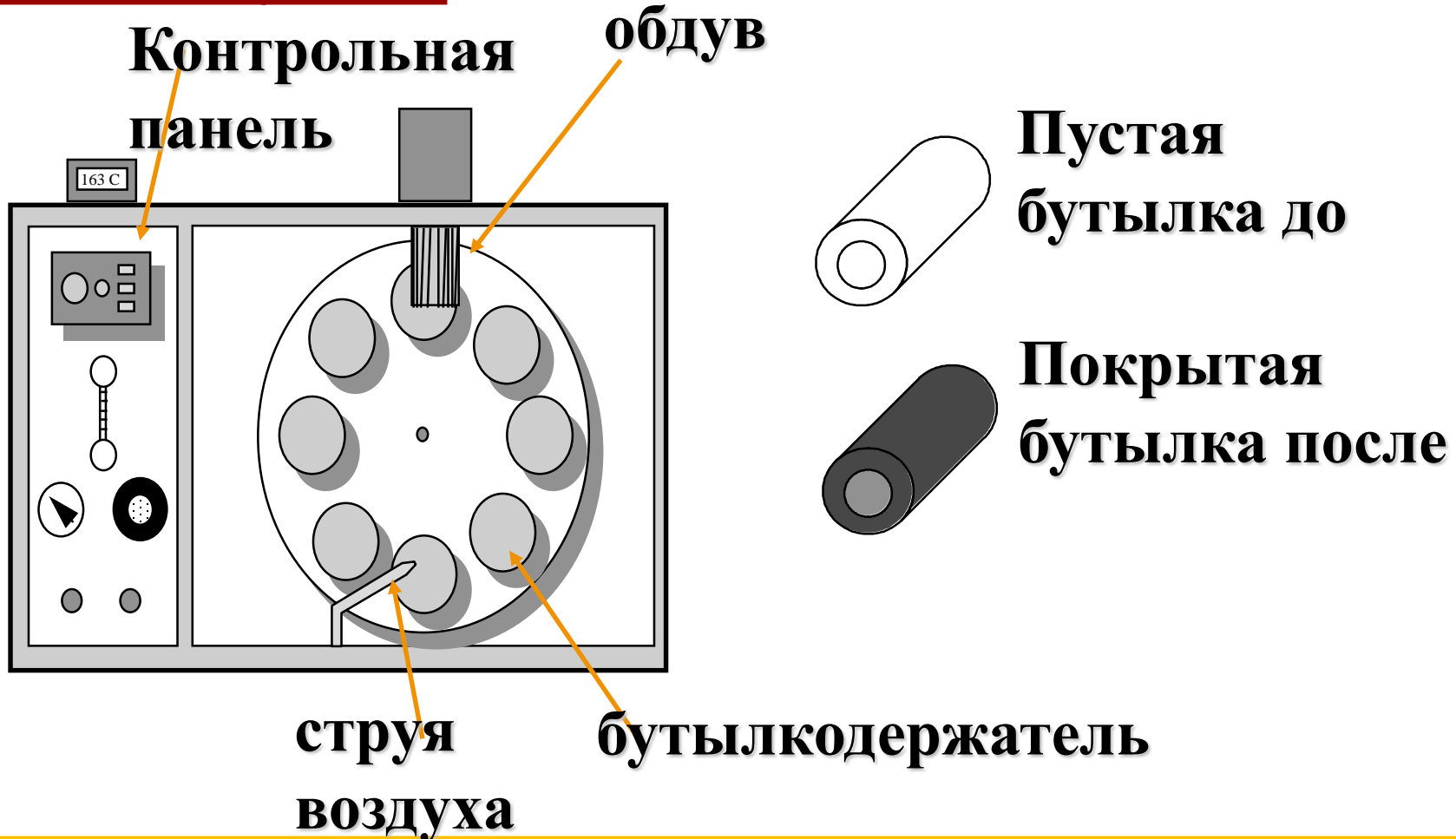


# Поведение битума при старении

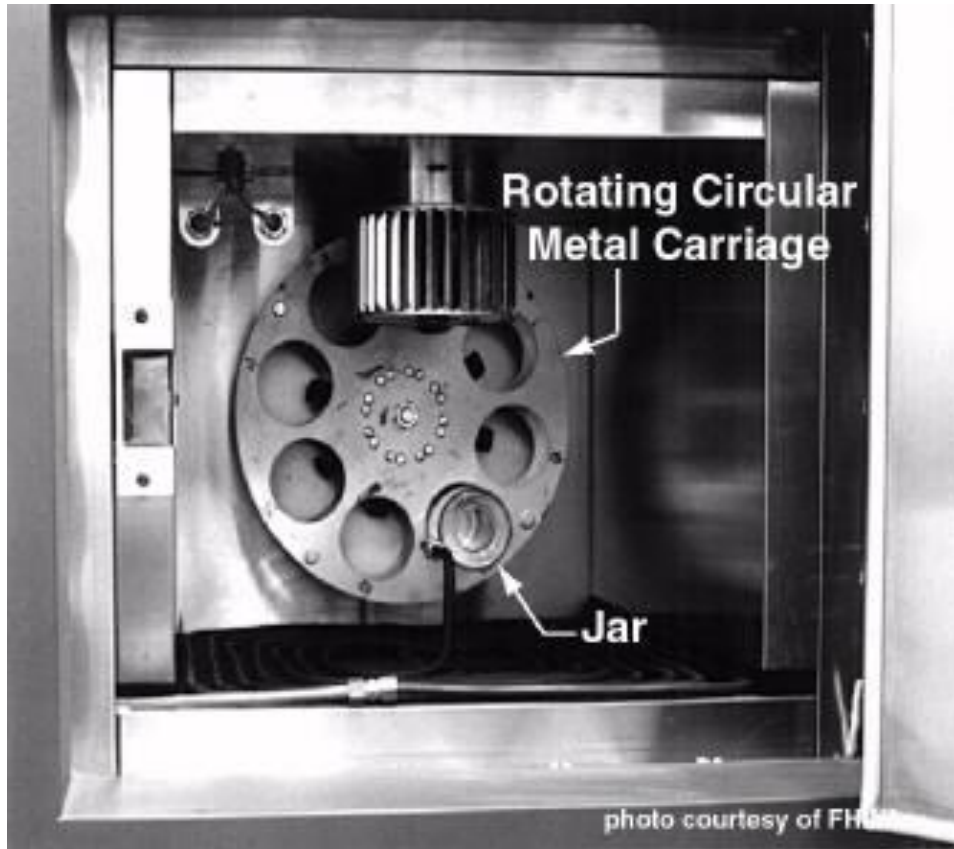
- Битум реагирует с кислородом и стареет
- При укладке – короткий период
  - смешение, укладка и уплотнение
- В процессе службы – долгий срок
  - Горячий климат хуже холодного
  - Что в итоге?
    - *Уложенный слой становится хрупким>>  
растрескивание*

# Rolling Thin Film Oven (RTFO)

## Короткое старение



# Rolling Thin Film Oven





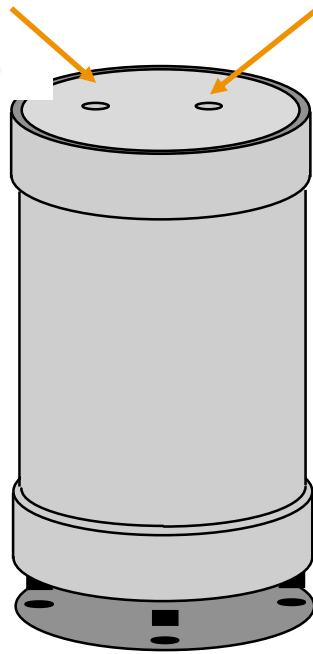


# Pressure Aging Vessel (PAV)

## Долгое старение

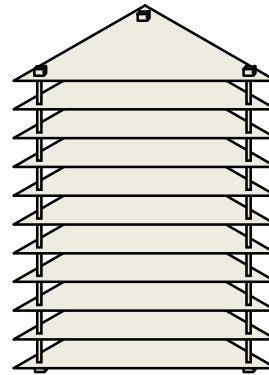
Давление

воздуха



термопара

Опрессованная  
емкость



стойка

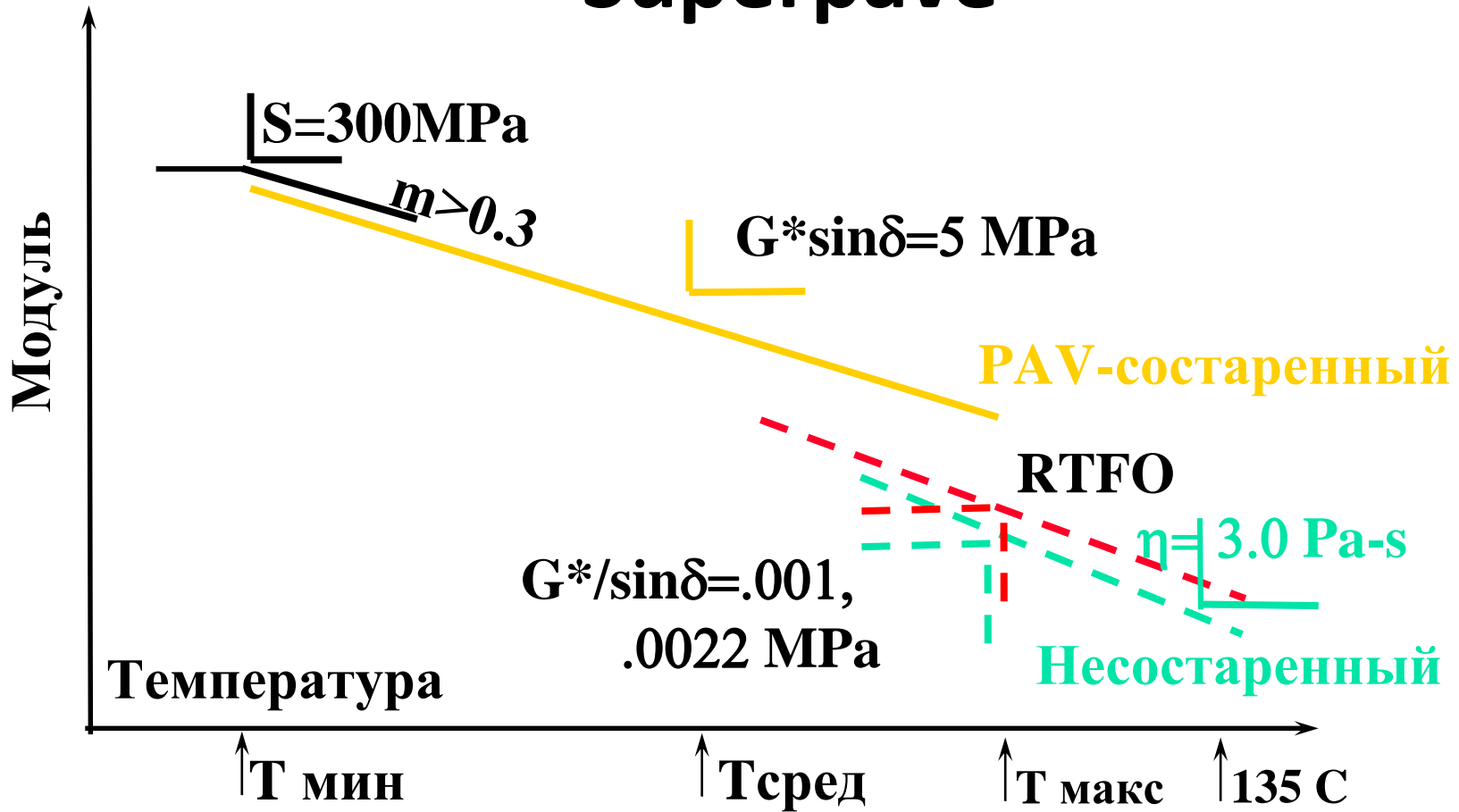


битум

Чашка для образца



# Спецификация на вяжущее по Superpave





# Подбор вяжущего

- На основании его св-в
  - Постоянной деформации
  - Усталостного растрескивания
  - Низкотемпературного растрескивания
- Физические св-ва
  - Критерий остается тем же
  - Т-ра при которой достигнутый критерий меняется
  - Измеряется на состаренном битуме



# Grade is First Selected from Pavement Temperatures (HT & LT)

<i>Max Pave Temperature (HT)</i>	<i>PG 58 -</i>				
<i>Min Pav Temperature (LT)</i>	-16	-22	-28	-34	-40
<i>Viscosity at 135 C</i>	@ 135 C < 3.0 Pa-s				
<i>G*/sin d (ungaed)</i>	@ HT > 1.0 Kpa				
<i>G*/sin d (RTFO-aged)</i>	@ HT >2.2 Kpa				
<i>G*.sin d (RTfO+PAV-aged)</i>	@ IT <5000 Kpa				
<i>S( 60) (RTfO+PAV-aged)</i>	@ LT <300,000 Kpa				
<i>M(60) (RTfO+PAV-aged)</i>	@ LT >0.300				
<i>Strain @ failure (RTFO+PAV)</i>	@ LT >1.0 %				



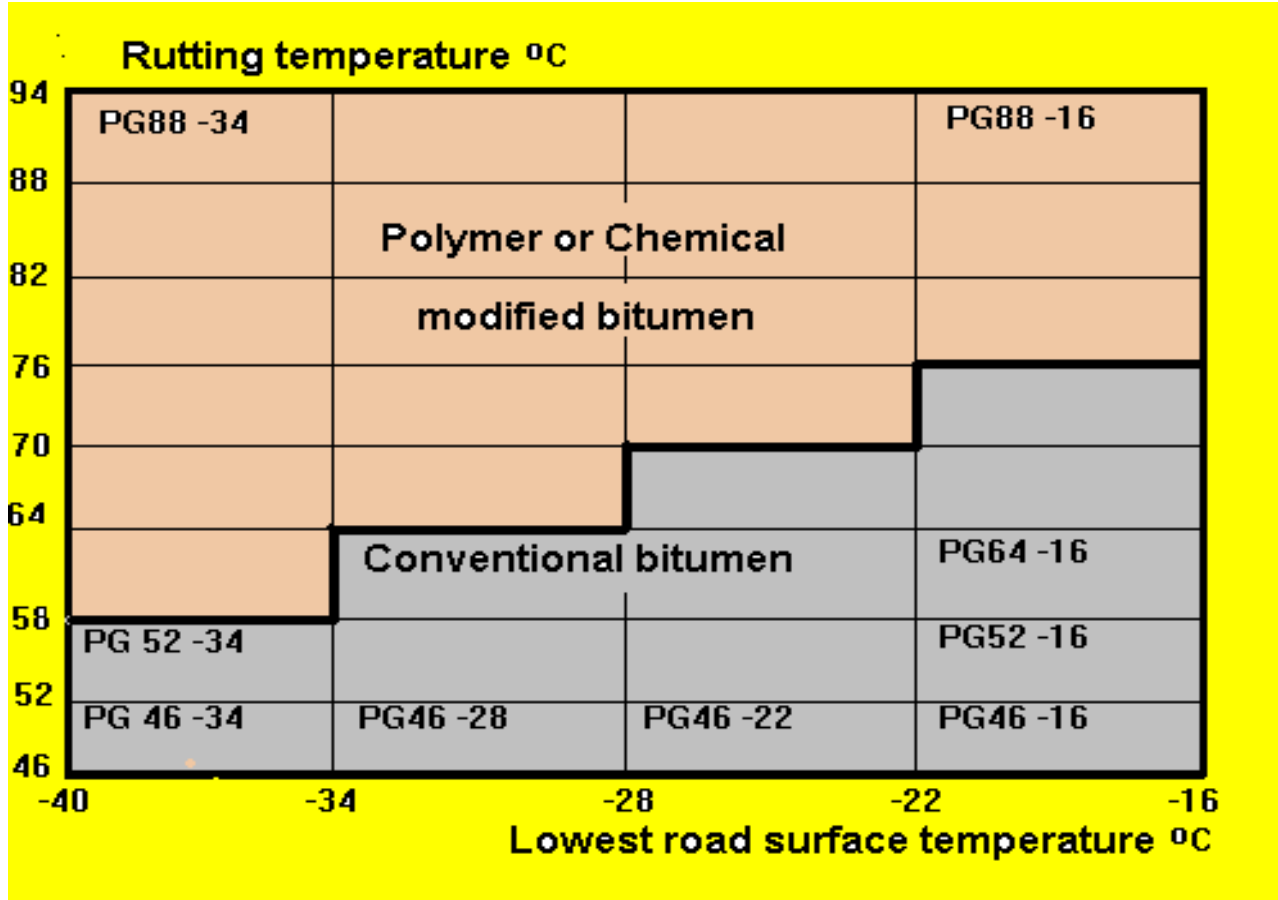
# Система грейдов

## PG 64-22





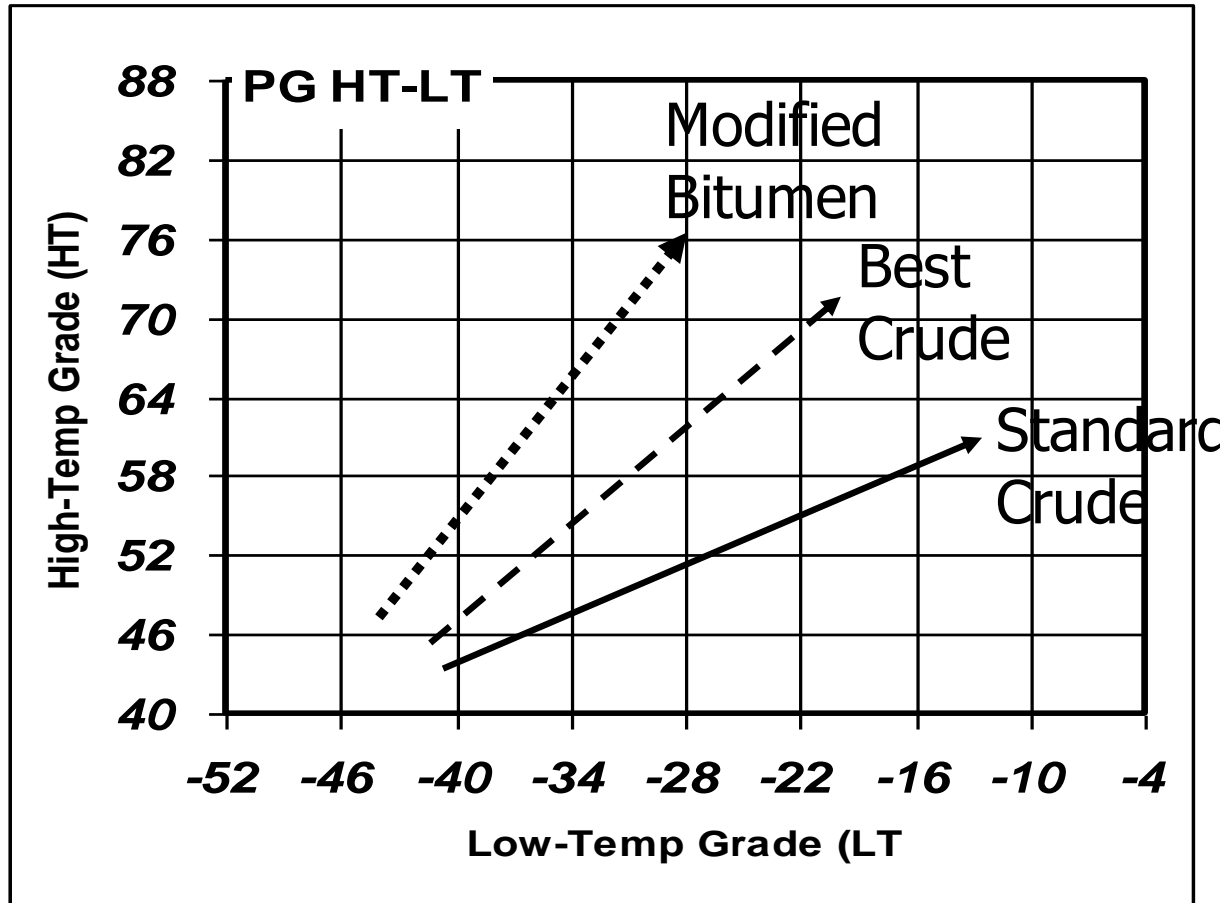
# PG и Модификаторы







# Карта для пр-ва марок по PG





# Методы подбора

- Выбирайте базовую марку как функцию:
  - Географической территории
  - Температуры воздуха
  - Т-ры дорожного полотна
- Пересчитайте выбранную марку на основе:
  - Скорости движения
  - Потока транспорта



# С учетом потока и скорости движения транспорта – пересчет марки по PG

<i>Объем трансп. потока ESALs</i>	<i>Скорость движения транспорта</i>		
	Стоящий	Медленн.	Стандарт.
<i>&lt;0.3</i>	(~ +1)	-	-
<i>0.3 to &lt; 3</i>	+2	+1	-
<i>3 to &lt;10</i>	+2	+1	-
<i>10 to &lt; 30</i>	+2	+1	(~ +1)
<i>&gt; 30</i>	+2	+1	+1

**+1; Увеличьте марку по PG на 6; например PG 64-22 до PG 70-22**



## Пересчет марок

### Скорость и объем движения - PG 64-22

<i>Объем потока ESALs</i>	<i>Скорость движения</i>		
	Стоящий	Медленн.	Стандарт.
<i>&lt;0.3</i>	PG 76-22	PG 64-22	PG 64-22
<i>0.3 to &lt; 3</i>	PG 76-22	PG 70-22	PG 64-22
<i>3 to &lt;10</i>	PG 76-22	PG 70-22	PG 64-22
<i>10 to &lt; 30</i>	PG 82-22	PG 76-22	PG 70-22
<i>&gt; 30</i>	PG 82-22	PG 76-22	PG 70-22



# Влияние скорости и потока на выбор вяжущего

- Примеры
- Базовая марка PG 58 -22
  - Платные дороги
    - (большой поток) [PG 64-22](#)
  - Для контрольных постов (пункты оплаты)
    - ( большой поток и низкая скорость) [PG 70-22](#)
  - Для остальных участков
    - (большой поток и стоящий транспорт) [PG 76-22](#)



**Спасибо!**  
**Thank you!**

Вопросы & Дискуссия