



Особенности оценки низкотемпературных свойств битумных вяжущих материалов

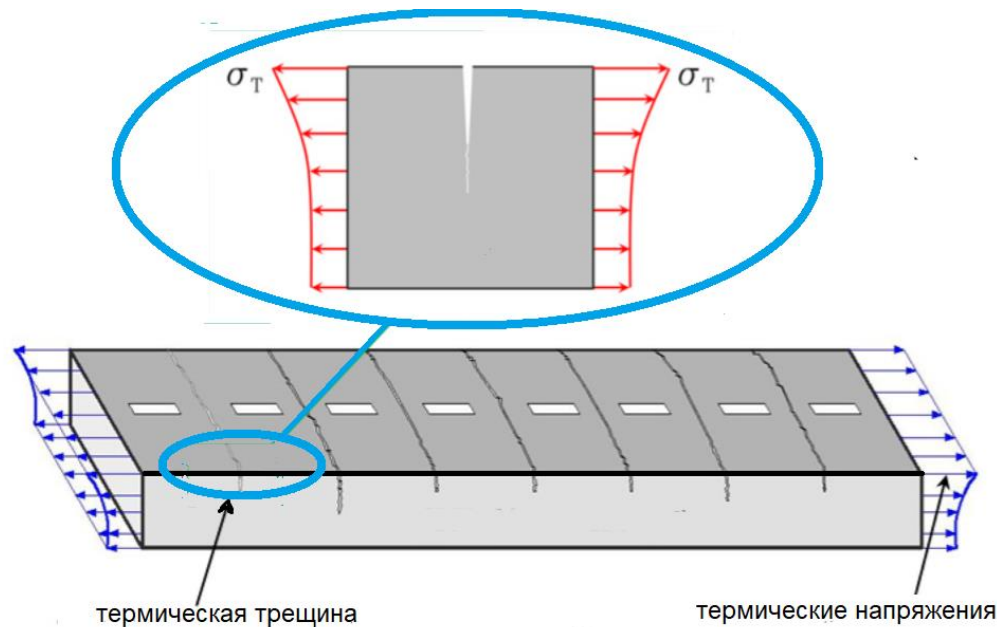
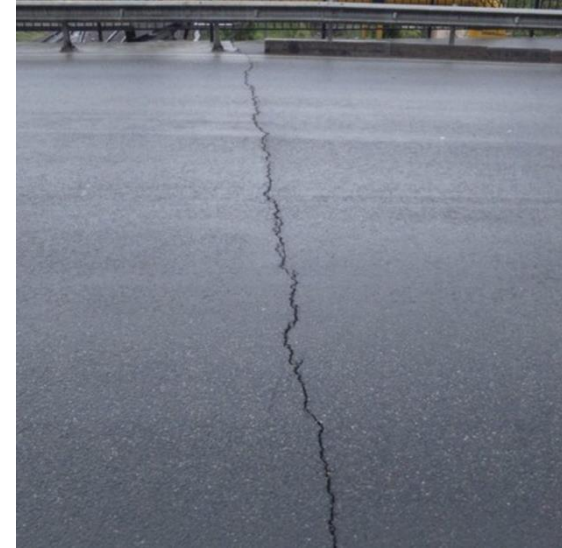
Харпаев А.В.
Зам. Руководителя ИЛ АНО «НИИ ТСК»

По происхождению трещины можно разделить на :

- Отраженные
- Усталостные
- Технологические
- ***Температурные (термические)***

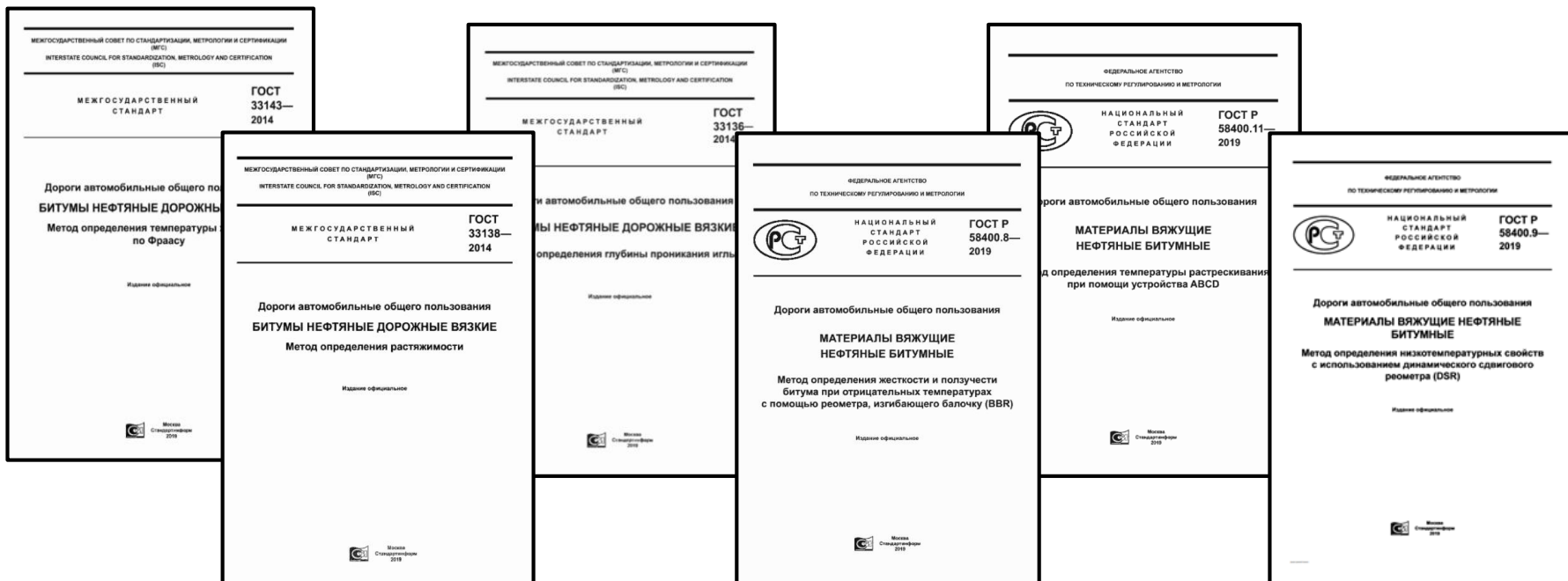


Причины образования:
 недостаточная прочность на
 растяжение и недостаточная
 деформативность



$$\sigma = E \cdot \alpha \cdot \Delta t$$

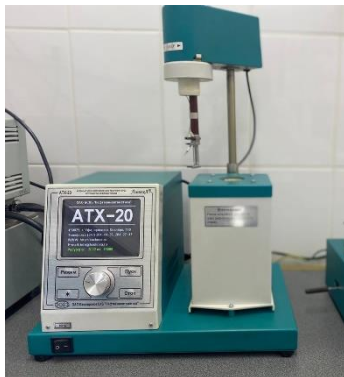
- **Метод определения температуры хрупкости по Фраасу (ГОСТ 33143-2014)**
- **Метод определения растяжимости при 0 °С (ГОСТ 33138-2014)**
- **Метод определения глубины проникания иглы при 0 °С (ГОСТ 33136-2014)**
- **Метод определения жесткости и ползучести при помощи реометра, изгибающего балочку (BBR) (ГОСТ Р 58400.8-2019)**
- **Метод определения температуры растрескивания при помощи устройства ABCD (ГОСТ Р 58400.11-2019)**
- **Метод определения низкотемпературных свойств с использованием динамического сдвигового реометра (DSR) (ГОСТ Р 58400.9 -2019)**



- Температуру хрупкости определяют по методу Фрааса, основанному на образовании трещин при изгибе пленки битума, нанесенной на металлическую пластинку, при непрерывном понижении температуры среды со скоростью 1°C в минуту
- По методике толщина битумной пленки принята 0,5 мм, что обеспечивает быстрое и равномерное распределение и удерживание битума на пластинке при расплавлении
- Предполагается, что чем ниже температура при которой появилась первая трещина на пластине, тем лучше трещиностойкость битума, но исследования показывают слабую корреляцию с результатами испытаний асфальтобетона

- ✓ Привычное оборудование
- ✓ Небольшое количество материала
- ✓ Испытания проводятся на исходном битуме (экономия времени)

- ✓ Скорость охлаждения не согласуется с реальной при эксплуатации
- ✓ Деформирование материала не моделирует реальные условия
- ✓ Испытания проводятся на исходном битуме (снижение точности прогноза)

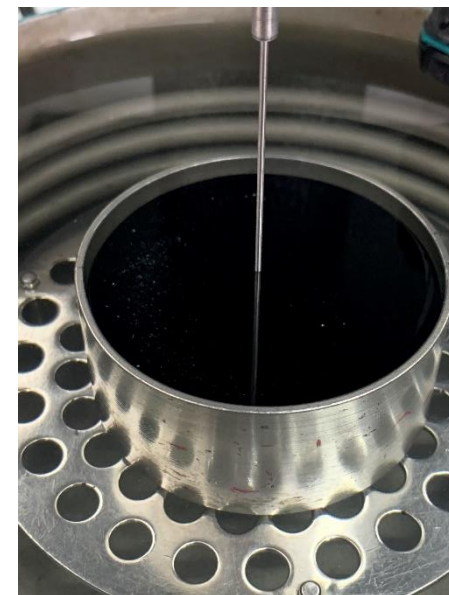


- Пенетрация (глубина проникания иглы) при 0°C определяется по величине погружения иглы в битум с грузом 200 г за 60 сек.
- Пенетрация битумов выражается в единицах, равных 0,1 мм проникания иглы в битум
- Чем выше жесткость материала, тем ниже пенетрация. Пенетрация косвенно характеризует битума жесткость
- Предполагается что чем ниже пенетрация, тем хуже трещиностойкость битума

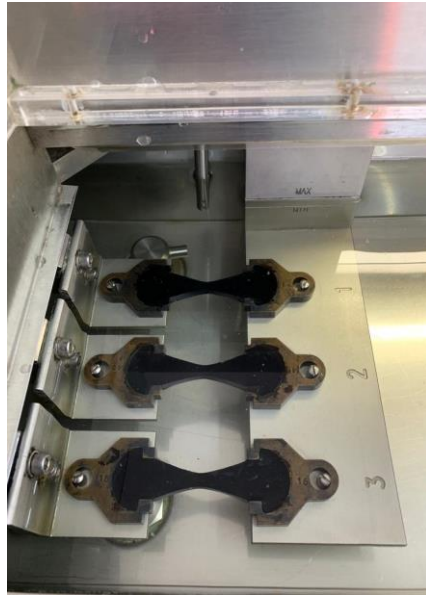


- Распространенность оборудования
- Выполняется на исходном битуме
- Небольшое время проведения испытания

- Температура испытания отличается от температуры образования трещин
- Выполняется на исходном битуме
- Все это приводит к снижению точности прогнозирования температуры возникновения трещин при эксплуатации



Методы определения растяжимости, усилий при растяжении и эластичности при 0 °С



- Образец, установленный в дуктилометр, подвергают растяжению с постоянной скоростью (5 см/мин или 1 см/мин) при 0°С .
- Растяжимостью является удлинение образца в момент разрыва.
- Растяжимость при 0°С характеризует способность образца к пластическим деформациям при низкой температуре. Считается, что тем выше растяжимость, тем ниже температура при которой битум будет сохранять способность к пластическим деформациям без растрескивания
- Усилия при растяжении позволяют определять энергию деформации для модифицированных битумных вяжущих.
- Эластичность при 0°С позволяет оценивать эффективность работы полимера при низких температурах, считается что при прочих равных условиях, битумное вяжущее с наиболее оптимальным распределением полимера будет лучше сопротивляться растрескиванию

- Стандартное, распространенное оборудование
- Испытания выполняются на исходном битумном вяжущем
- Может применяться, как для битума, так и ПБВ

- Температура испытания существенно отличается от фактической температуры образования трещин
- Испытания выполняются на исходном битумном вяжущем
- Все это приводит к снижению точности прогнозирования температуры возникновения трещин при эксплуатации

Сущность метода заключается в определении способности битумного вяжущего сопротивляться нагрузке при отрицательных температурах (жесткость и скорость изменения жесткости) путем воздействия сосредоточенной статической нагрузки на балочку определенных размеров при заданной отрицательной температуре

- Большой опыт применения, как в РФ, так и за рубежом
- Испытание выполняется при низких температурах, близких к реальным

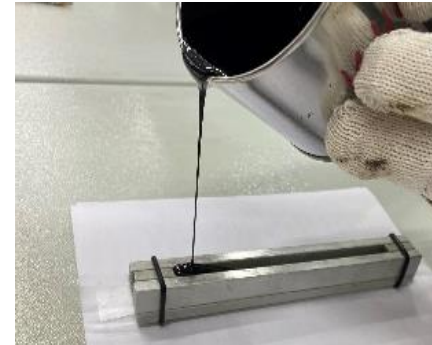
- Не учитывает возможные различия в прочности материала, особенно для модифицированных битумных вяжущих
- Оборудование не производится в РФ
- Необходим опыт и квалификация оператора

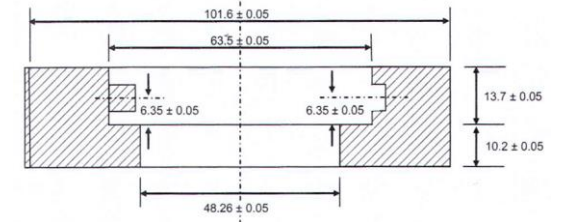
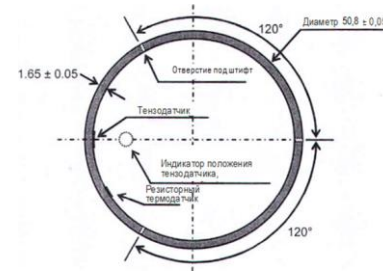
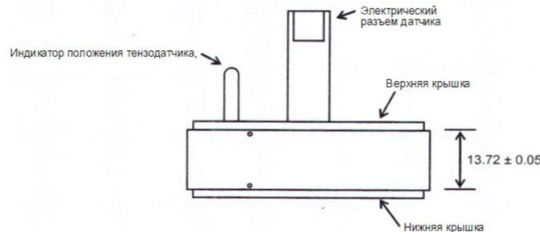
Расчет результатов испытаний

Жесткость битумного вяжущего $S(t)$ в момент времени t секунд, Мпа, вычисляют по формуле:

$$S(t) = \frac{PL^3}{4bh^3\delta(t)}$$

Где P – приложенная нагрузка, Н;
 L - длина пролета балочки (расстояние между опорами), мм;
 b - ширина балочки, мм;
 h - высота балочки, мм;
 $\delta(t)$ - прогиб балочки в течение t секунд, мм.





Оборудование

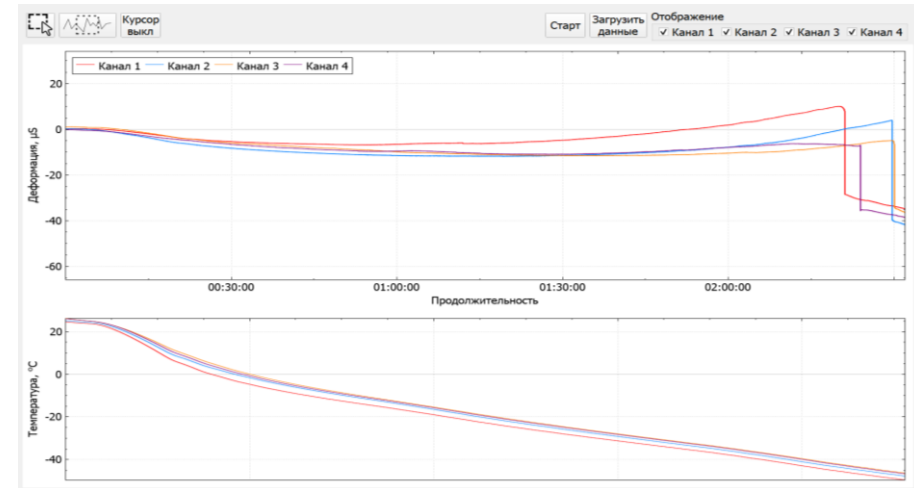
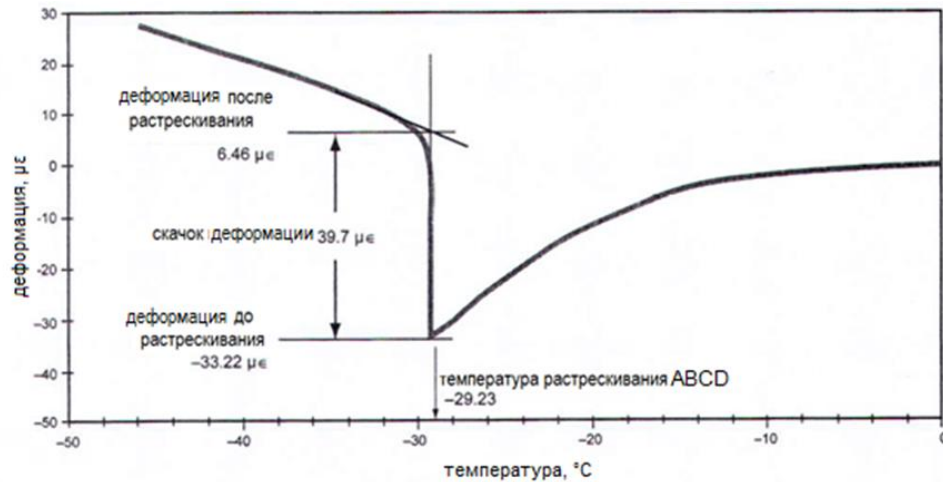
- ✓ Камера климатическая с диапазоном рабочих температуры от минус 60 до 25°C с точностью $\pm 0,5^\circ\text{C}$
- ✓ Кольцо устройства для растрескивания битумного вяжущего из инвара
- ✓ **инвар** (invar): Сплав никеля и стали, имеющий низкий коэффициент линейного теплового расширения. Примечание – Коэффициент теплового расширения инвара приблизительно равен $1,2 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, а у битума приблизительно $6,5 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$
- ✓ Система регистрации и отображения данных с компьютерным управлением



- метод ABCD исключает недостатки описанные в предыдущих методах

- ✓ Сущность метода заключается в охлаждении образца битумного вяжущего в форме кольца и фиксации скачка деформации.
- ✓ Битумное вяжущее находится вокруг «несжимаемого» кольца из инвара, при охлаждении в результате термического сжатия в битумном вяжущем возникают растягивающие напряжения, которые приводят к его растрескиванию.
- ✓ Момент растрескивания зависит от жесткости (величины нарастания усилий от деформации), релаксации (скорости снижения усилий во времени) и прочности материала (способности выдерживать растягивающие напряжения без растрескивания)

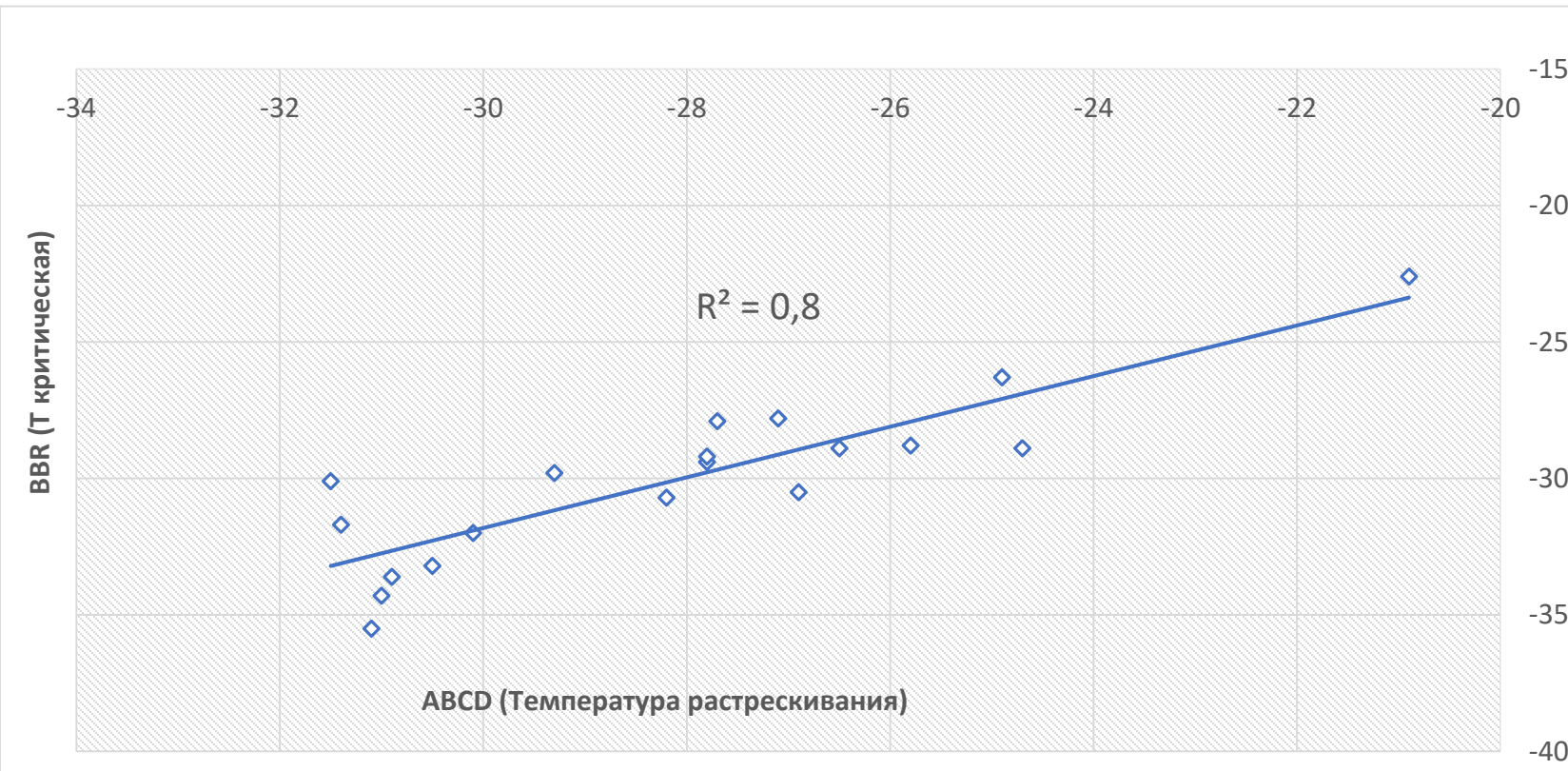




Температуру в климатической камере понижают 20°C до 0°C со скоростью $40^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, а затем от 0°C до минус 60°C со скоростью $20^{\circ}\text{C}/\text{ч}$.

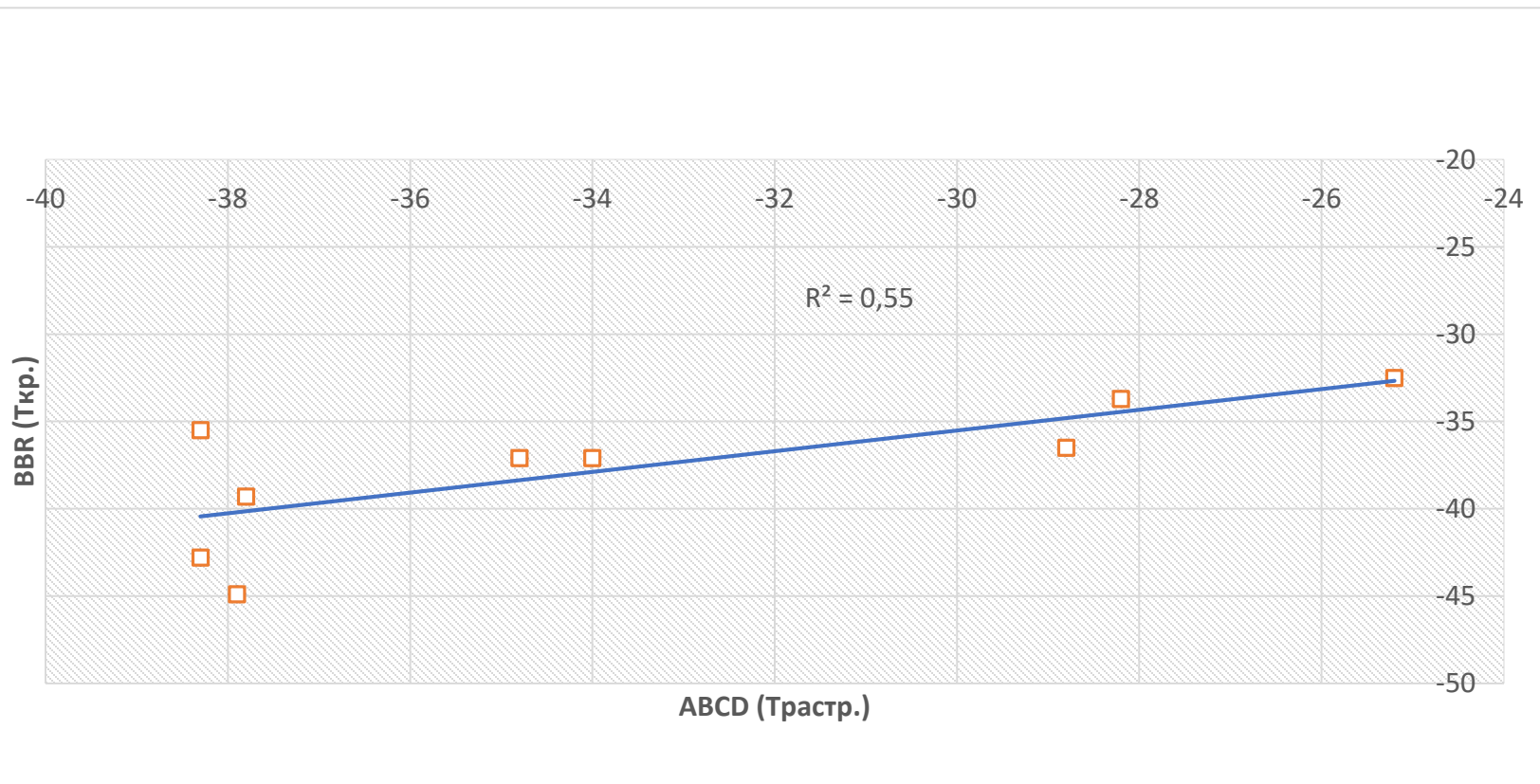
О растрескивании испытуемого образца свидетельствует скачок деформации на графике зависимости деформации от температуры, который отображается на дисплее в режиме реального времени.

Определяют температуру растрескивания ABCD битумного вяжущего по моменту скачка деформации в образце используя график зависимости деформации от температуры,

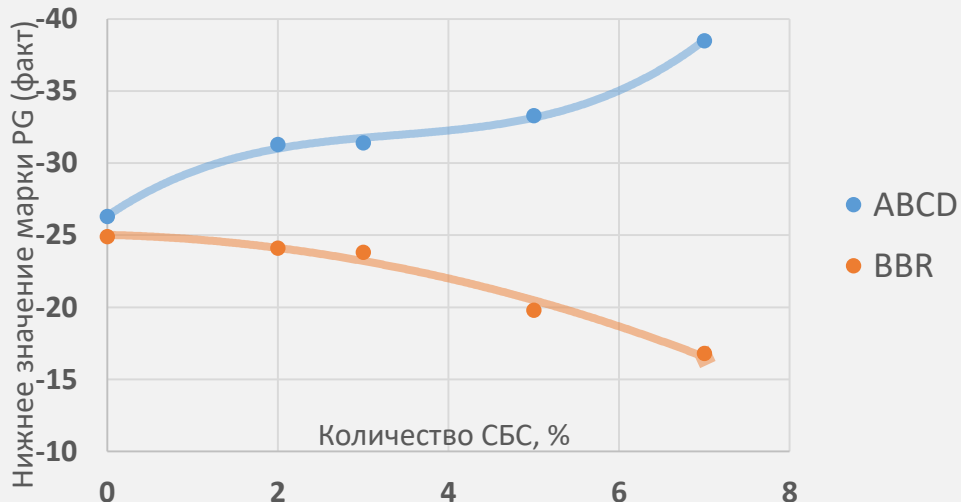


Результаты битумов (немодифицированных) по НТ полученные на BBR и ABCD хорошо согласуются. Методы позволяют получать аналогичные результаты и могут быть применены с одинаковой эффективностью

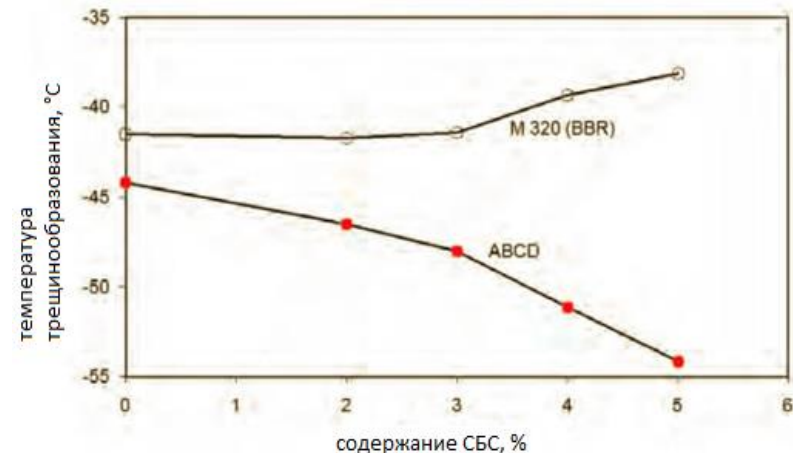
Результаты модифицированных БВ по НТ свойствам полученные на BBR и ABCD имеют низкую корреляцию, при этом нижнее значение марки по результатам ABCD в основном ниже(лучше), чем по результатам BBR. При этом чем выше степень модификации тем чаще и больше случаи расхождений. Метод ABCD потенциально более эффективно позволяет оценивать НТ свойства модифицированных БВ



Зависимость НТ свойств от % СБС

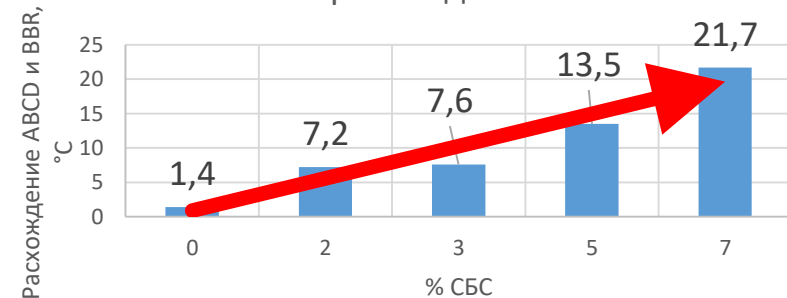


При увеличении степени модификации расхождение получаемых нижних значений марки увеличивается, причем результаты полученные с применением метода ABCD позволяют получать более низкое(лучшее) значение марки. Метод ABCD потенциально более эффективно позволяет оценивать НТ свойства модифицированных БВ



Данная информация взята из источника: TR NEWS 284 JANUARY-FEBRUARY 2013. The author is Associate Professor of Civil Engineering, Russ College of Engineering and Technology, Ohio University, Athens, and is a member of the university's Ohio Research Institute for Transportation and Environment. He is the inventor of the asphalt binder cracking device.

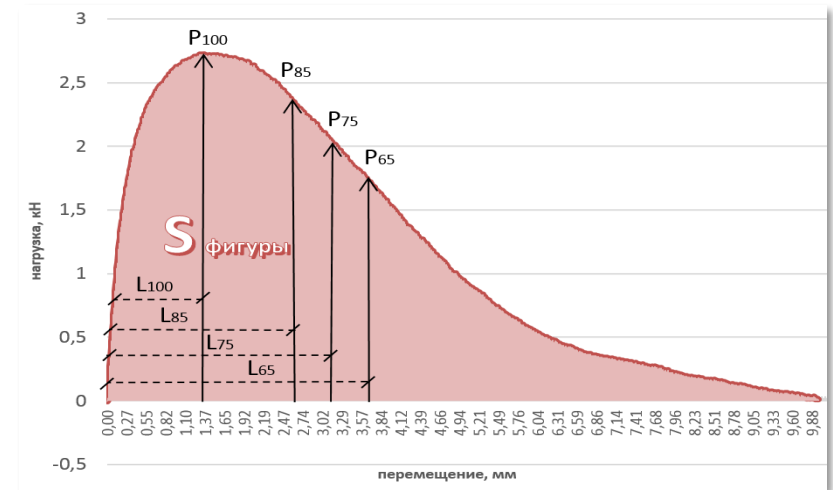
Зависимость расхождения от % СБС



Данный метод испытания позволяет определить индекс трещиностойкости асфальтобетона при непрямом (косвенном) растяжении. В процессе испытания проводится расчёт индекса трещиностойкости исходя из полученного графика зависимости усилие-перемещение. Температура испытания 0 градусов, скорость нагружения 10 мм/мин.



Испытательное устройство IDEAL-CT

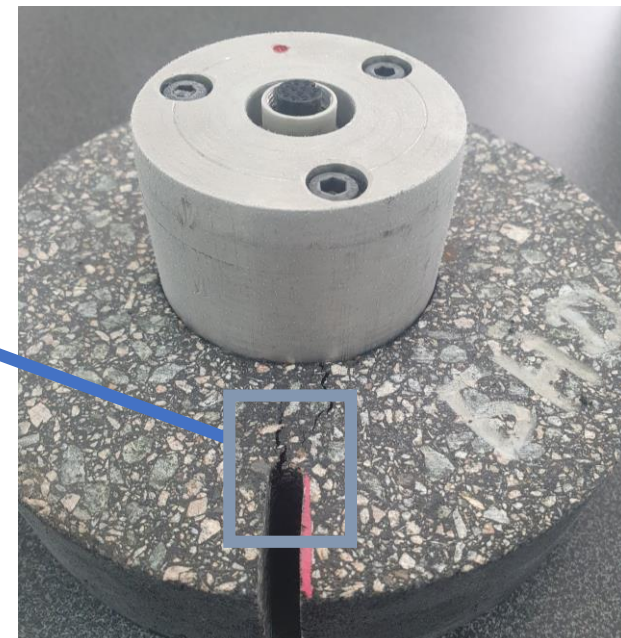
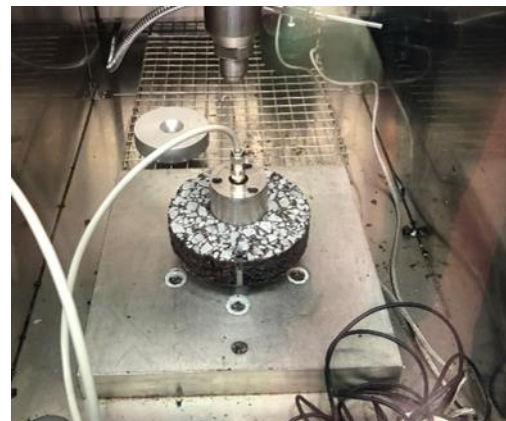


Пример анализа графика усилие-перемещение для определения Индекса трещиностойкости

Наименование показателя	A16Вт на БНД	A16Вт на БНД с СБС	SMA-16 на БНД	SMA-16 на БНД с СБС
Индекс трещиностойкости	7,6	14,3 (+88%)	56,3	81,1 (+44%)

По полученным данным так же можно сделать вывод, что применение модифицированного вяжущего (ПБВ) способствует увеличению трещиностойкости асфальтобетонных смесей при низких температурах.

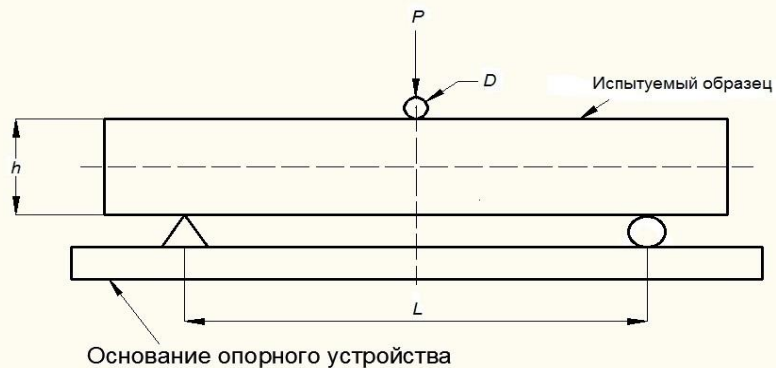
Температура растрескивания асфальтобетона на БНД
-36 °С



Температура растрескивания асфальтобетона на
 ПБВ (БНД +5%СБС)
-42 °С

- Образцы готовятся на вращательном уплотнителе.
- Принцип действия как у метода определения температуры растрескивания битумного вяжущего ABCD.
- Производится отечественными производителями.
- Получение реальной температуры трещинообразования при термическом сжатии образца вокруг несжимаемого кольца.

Перспективная методика (идет тестирование)



Метод испытания позволяет определить предел прочности на растяжение при изгибе и предельную относительную деформацию растяжения испытуемого образца в момент разрушения после выдерживания при температуре минус 18 °С



Наименование показателя	А5Вл на БНД	А5Вл на ПБВ (БНД+5% СБС)
Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	9,4	8,3
Предельная относительная деформация растяжения	0,005	0,008

Проблемы

- Часто применение метода BBR при классификации модифицированных БВ несправедливо сужает температурный диапазон эксплуатации по нижнему значению марки
- Не регламентированы признаки модифицированного БВ
- Действуют сразу два универсальных стандарта ГОСТ Р 58400.1 и ГОСТ Р 58400.2

Решения

- Разработать идентификационные признаки по разделению битумных вяжущих на модифицированные и немодифицированные (например, по температурному диапазону эксплуатации)
- Использовать в ГОСТ Р 58400.2 для оценки НТ свойств предпочтительно метод ABCD и принять его арбитражным
- Провести исследования и внести изменения в требования ГОСТ Р 58400.2 с учетом особенностей модифицированных БВ



Спасибо за внимание!