

Особенности методов оценки низкотемпературных свойств асфальтобетонных смесей. Метод непрямого растяжения (IDT): интерпретация результатов.



Хусейн Бахия (Hussain U. Bahia)
Профессор и директор центра MARC
Висконсинский университет в Мэдисоне, США

Москва, Россия
10 декабря 2019 г.



NCHRP 20-07

Испытания на термическое растрескивание (2018)

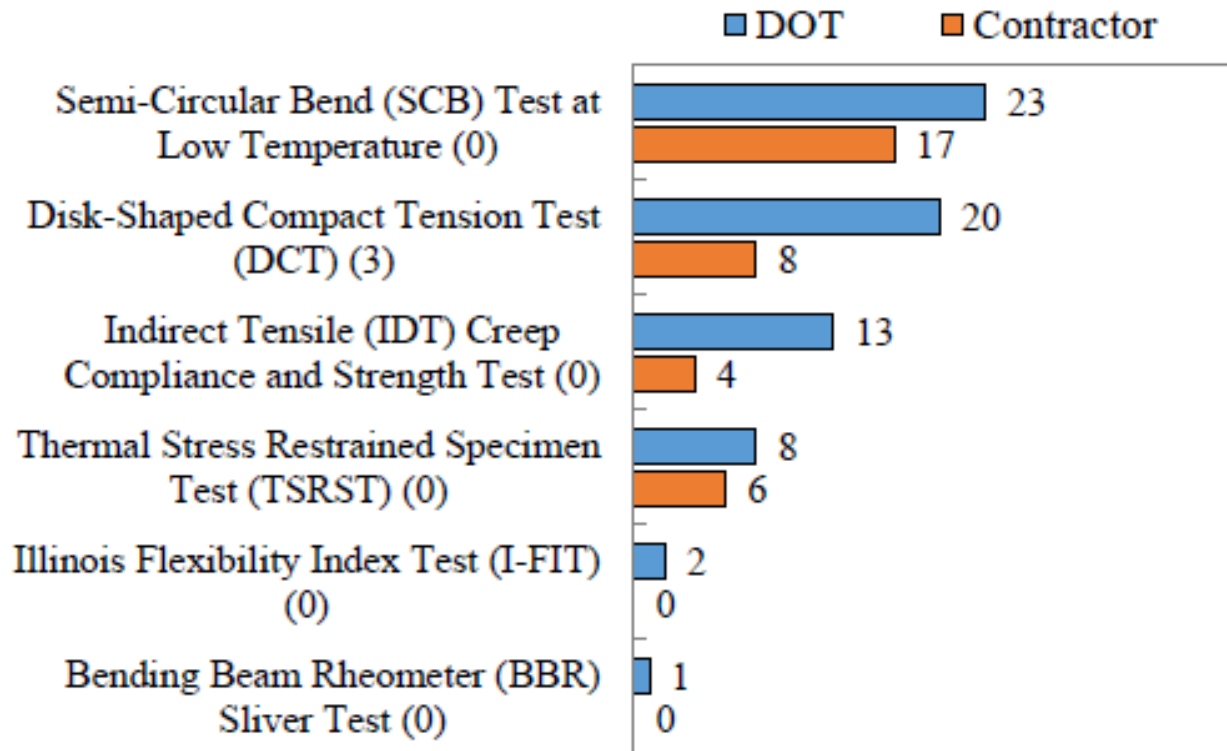
Table 1-1. Commonly used asphalt mixture performance tests.

Mixture Property	Laboratory Test	Test Standard
Thermal cracking	Disk-Shaped Compact Tension Test	ASTM D7313-13
	Indirect Tensile (IDT) Test	AASHTO T 322-07
	Semi-Circular Bend (SCB) Test	AASHTO TP 105-13
	Thermal Stress Restrained Specimen Test	BS EN12697-4



NCHRP 20-07

Испытания на термическое растрескивание (2018)

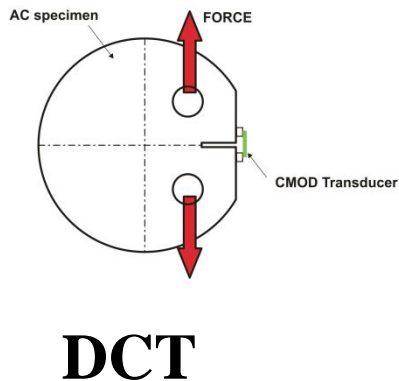
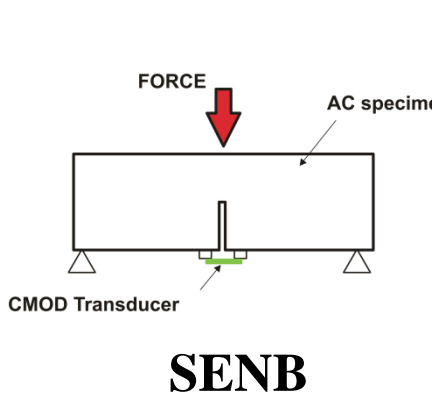
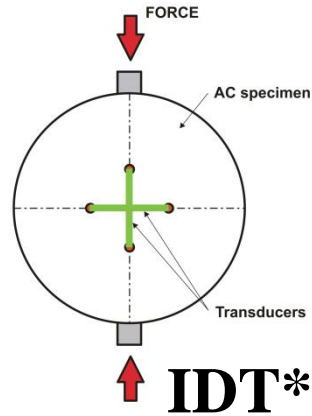
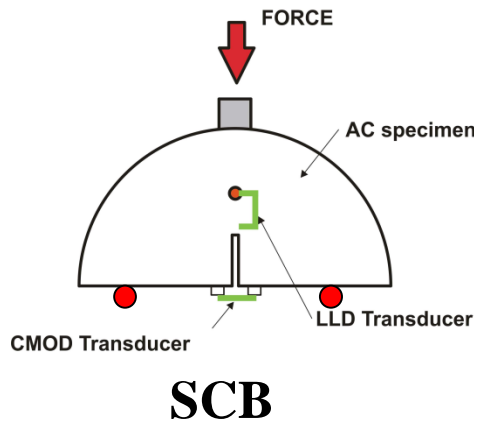


Note: Numbers in parentheses indicates the number of states using that particular test

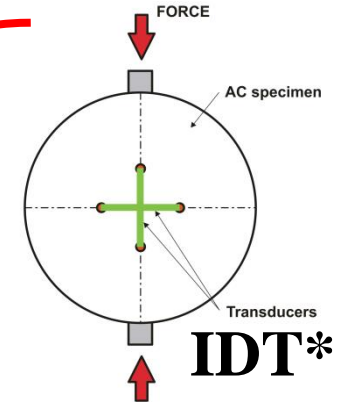
Figure 2-8. Selection of potential thermal cracking tests.



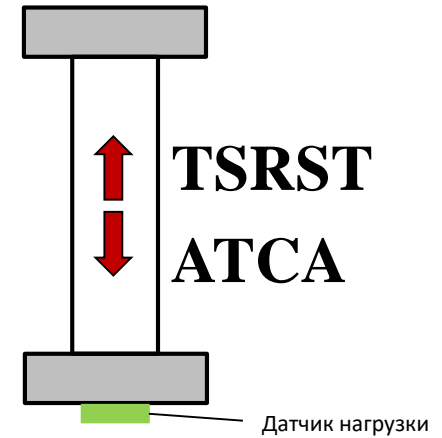
Методы испытания смесей на термическое растрескивание



1. Испытания на растрескивание



2. Определение модуля и испытания до разрушения



* Испытание по методу IDT может проводиться на образцах с надрезом (растрескивание), без надреза (разрушение) или в режиме ползучести.

Performance Testing of Asphalt Mixes



Table 5-3. Thermal cracking tests and critical steps to implementation.

Steps	Low-temperature SCB	DCT	I-FIT	IDT Creep and Strength	TSRST and UTSST	BBR Mixture
Selected at the NCHRP 9-57 Workshop	Yes	Yes	Yes	No	No	No
BMD Survey Responses*	40	28	2	17	14	1
1. Develop draft test method and prototype equipment	(1)	(8)	(16, 17, 18)	(25, 26)	(32, 33)	(38, 39)
2. Evaluate sensitivity to materials and relationship to other lab properties	(1, 2, 3, 4)	(9, 10, 11, 12, 13)	(13, 16, 19)	(27, 28, 29, 30)	(32, 34)	(39)
3. Establish preliminary field performance relationship	(3)	(3)	(15)	(3, 25, 26)	(32, 34, 35)	(38, 40)
4. Conduct ruggedness experiment to refine its critical aspects	(5)	(5)	(5, 20)	(31)		(40)
5. Develop commercial equipment specification and pooled fund purchasing	(6, 7)	(6)	(7, 21, 22)		(36, 37)	(41, 42, 43, 44)
6. Conduct round-robin testing to establish precision and bias information		(14)	(23)	(31)		
7. Conduct robust validation of the test to set criteria for specifications	(3)	(3, 15)	(15)	(3, 15)		
8. Conduct training and certification		(14)	(24, 45)			
9. Implement into engineering practice		IA, MN, MO	IL			

Note: * Total number of responses (DOT and agency) that identified the test as having potential to address this distress

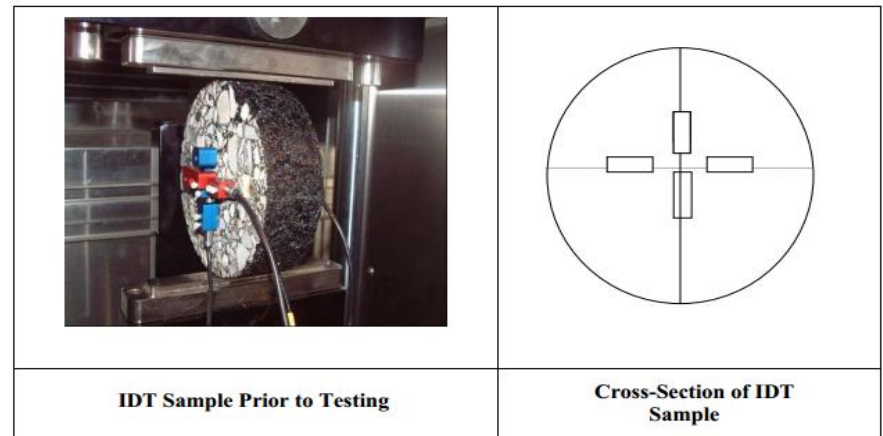
NCHRP 20-07 Испытания на термическое растрескивание (2018)

Стойкость к образованию трещин

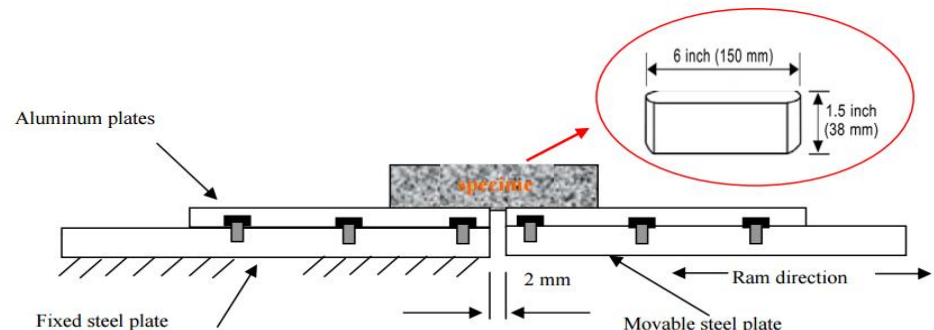
Возникновение и распространение трещин

- Испытание на возникновение трещин

Испытание с непрямым растяжением



- Испытание на растрескивание слоев (Tex-248-F)

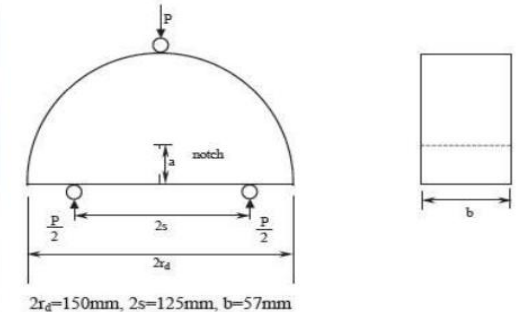




Распространение трещин

- Испытание на распространение трещин

Испытание полукруглого образца на изгиб (метод AASHTO TP105, модифицированный университетом штата Луизиана / Иллинойским университетом в Урбане-Шампейне)

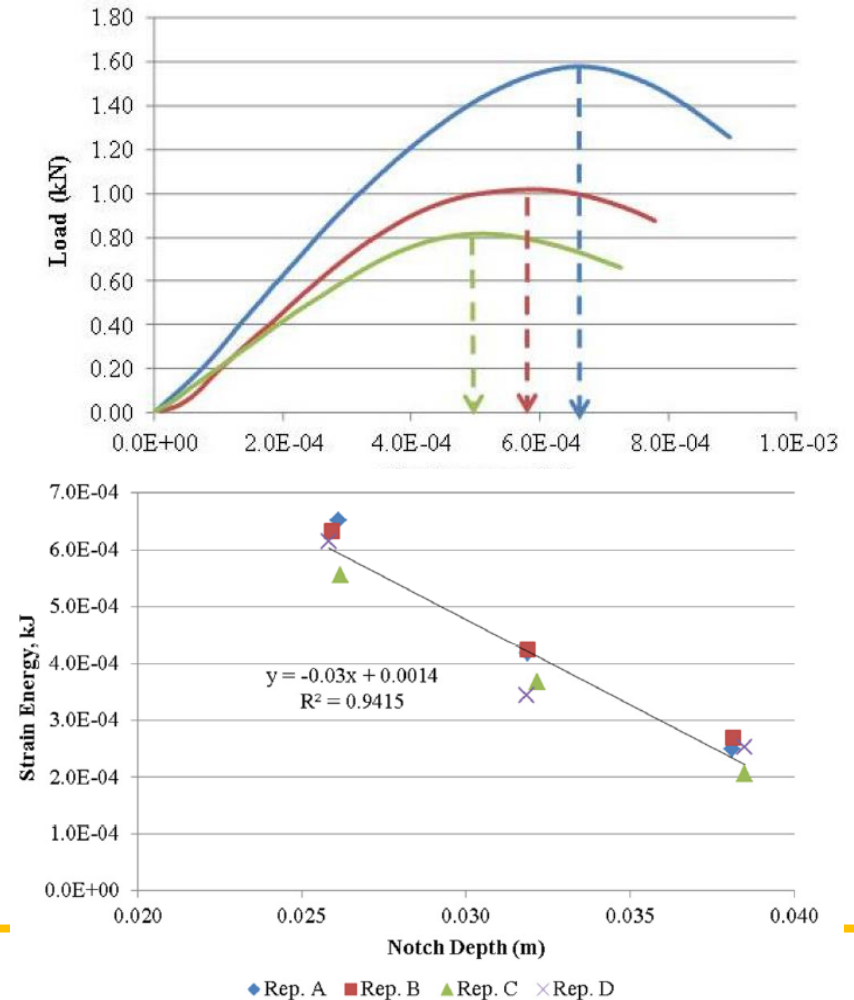


Идентификация испытаний смесей

Усталостное растрескивание при комнатной температуре — SCB

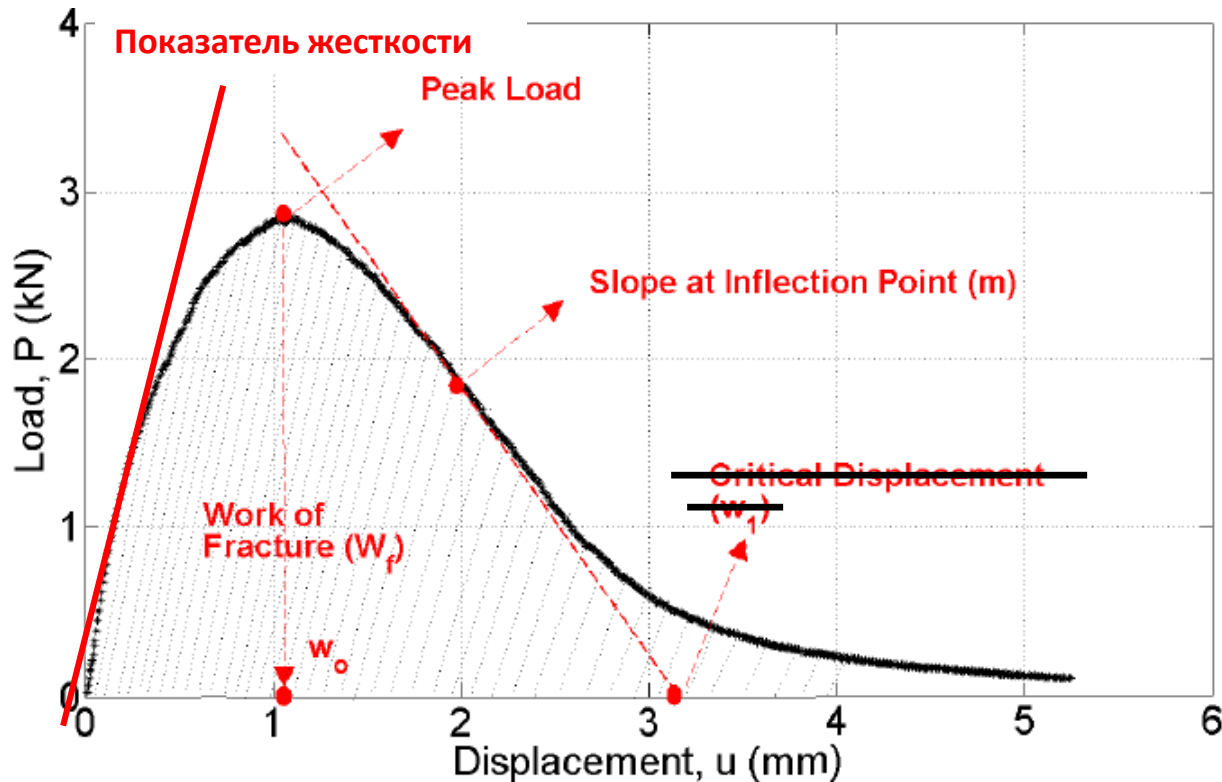


* Фотографии и схемы предоставлены компанией Mathy Construction.
Анализ данных LA SCB показан справа ->



Измерение I-FIT (ТР 124)

Выходные данные, используемые в анализе



Показатель эластичности

$$FI = \frac{G_f}{m} \times A$$

G_f = энергия разрушения

m = уклон после пика

A = коэффициент масштабирования

Показатель жесткости: уклон нагрузки относительно кривой смещения при 50 % от пиковой нагрузки.

Значение критического смещения в анализе не используется.

Испытание IDEAL ASTM D8225

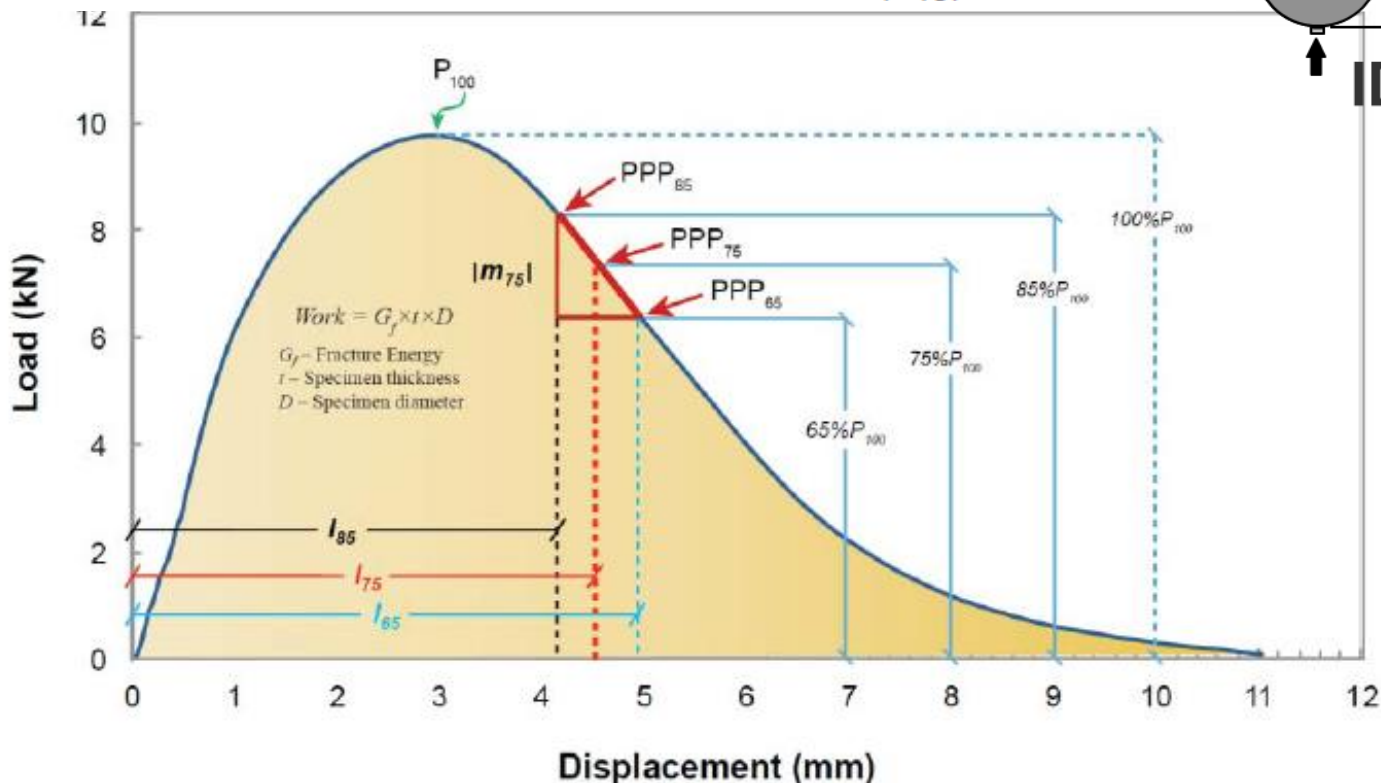
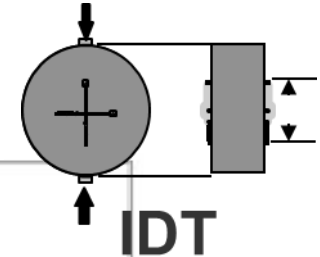


- No cutting, notching, drilling, gluing, or instrumentation
- Test completion within 1 min.
- Repeatable (or low variability) with COV<25 percent
- Practical for routine uses in Departments of Transportation (DOTs) and contractors' laboratories
- Low cost test equipment (<\$10,000)
- Sensitive to asphalt mix composition
- Cracking performance related

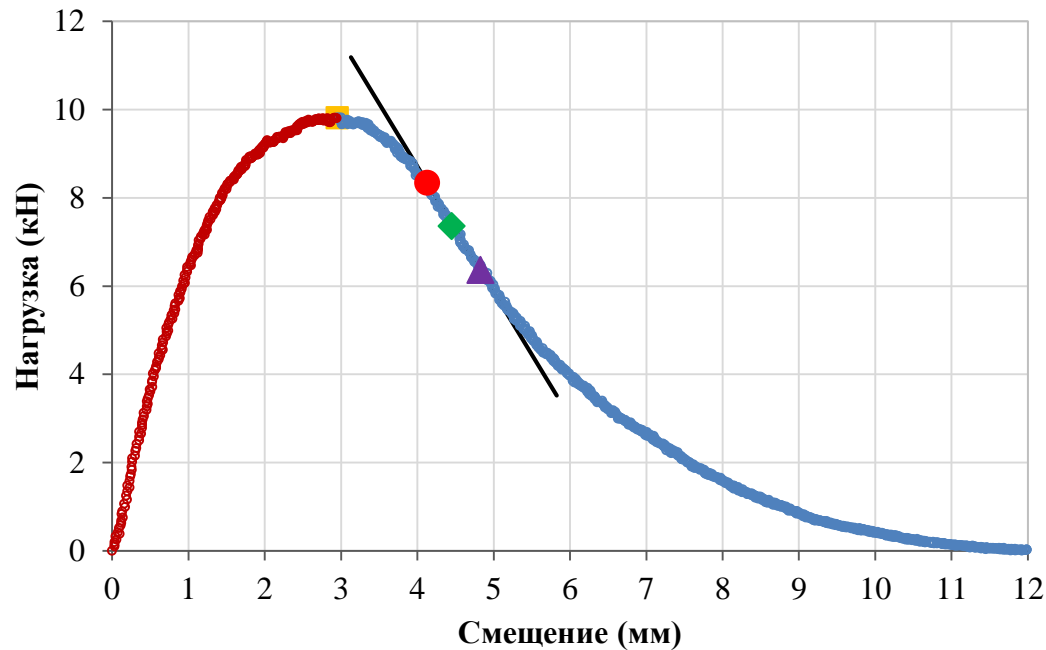
Анализ с использованием показателя СТ — уже используется в тexasском методе

For 62 mm thick specimens: $CT_{Index} = \frac{G_f}{|m_{75}|} \times \left(\frac{l_{75}}{D}\right)$ [9]

For non-62 mm thick specimens: $CT_{Index} = \frac{t}{62} \times \frac{G_f}{|m_{75}|} \times \left(\frac{l_{75}}{D}\right)$ [10]



Испытание IDEAL при 25,0 °C и 0,0 °C



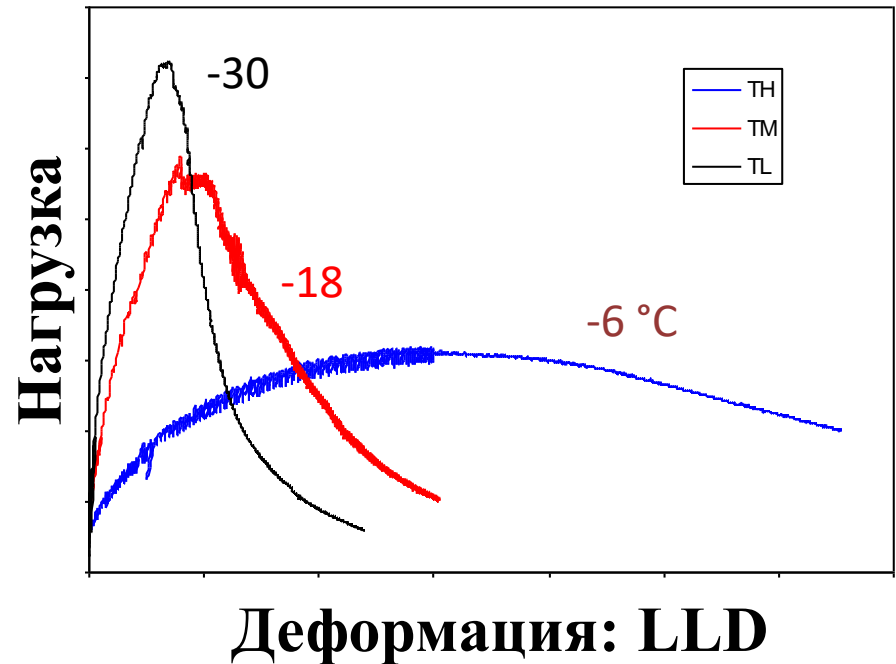
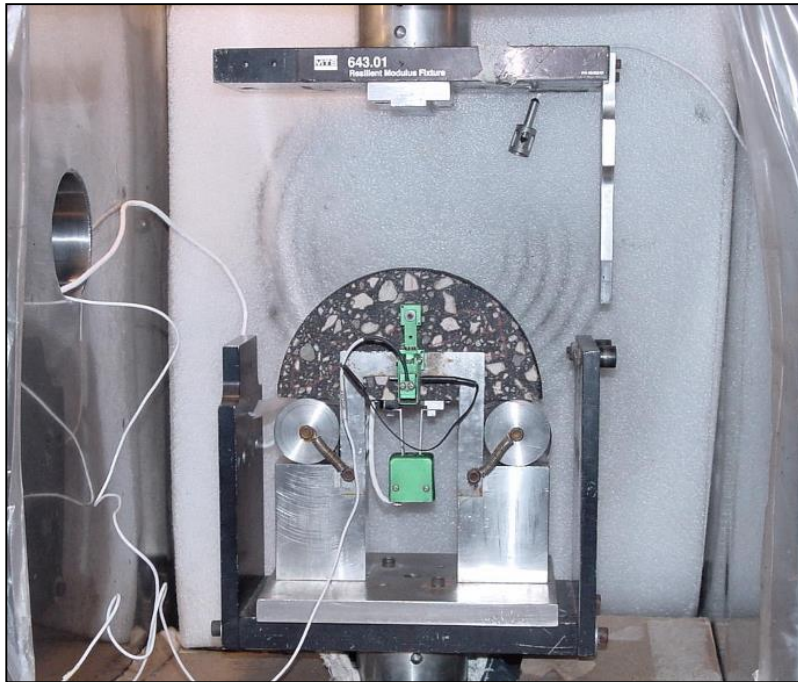
- касательная к уклону
- Пиковая нагрузка
- Характеристики кривой пиковой нагрузки после главного пика
- Характеристики кривой пиковой нагрузки перед главным пиком
- ◆ Нагрузка при PPP75

Скорость нагружения 50 мм/мин при 25 °C

Или скорость нагружения 5 мм/мин при 0 °C

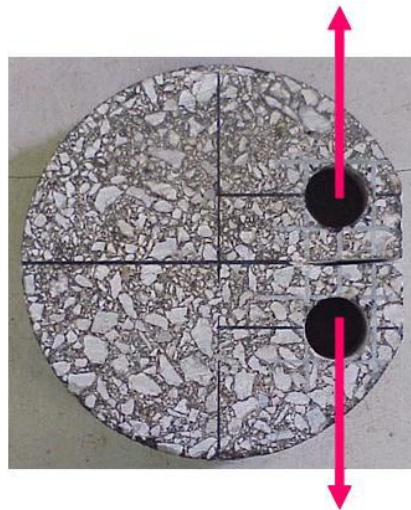
Испытание полукруглого образца на изгиб (SCB) при определении термического растрескивания

Нагрузка и смещение кривой нагрузки (LLD) используются для расчета вязкости разрушения (K_{IC}) и энергии разрушения (G_f)



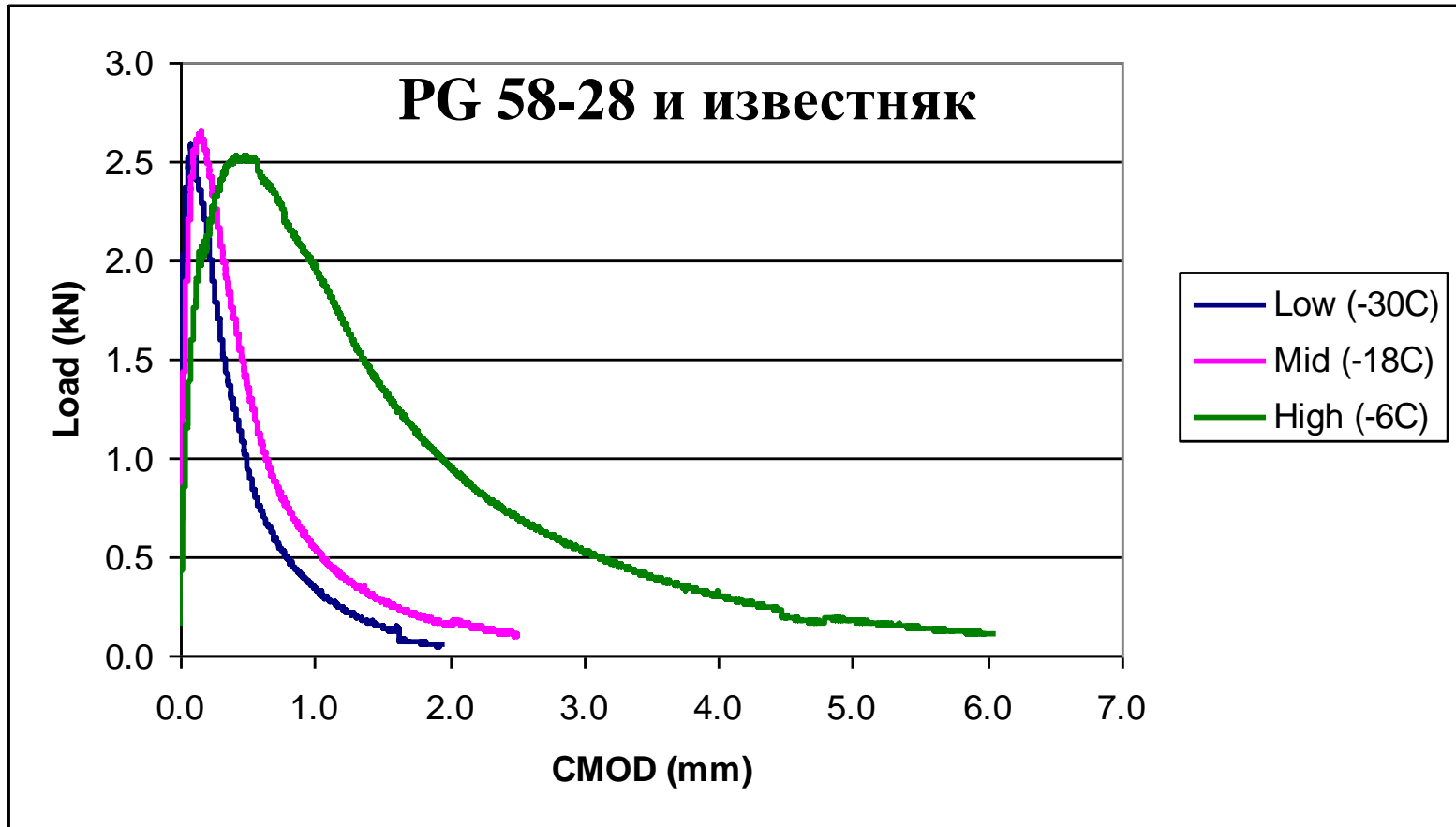
Испытание на растяжение дискообразных образцов [DC(T)]

- **Испытание на растяжение дискообразных образцов** для определения свойств низкотемпературного разрушения образцов асфальтобетона цилиндрической формы.
- Испытание **DC(T)** основано на стандартном испытании на растрескивание для металлов (ASTM E399 «Метод испытаний по определению вязкости разрушения в плоско-деформированном состоянии»)



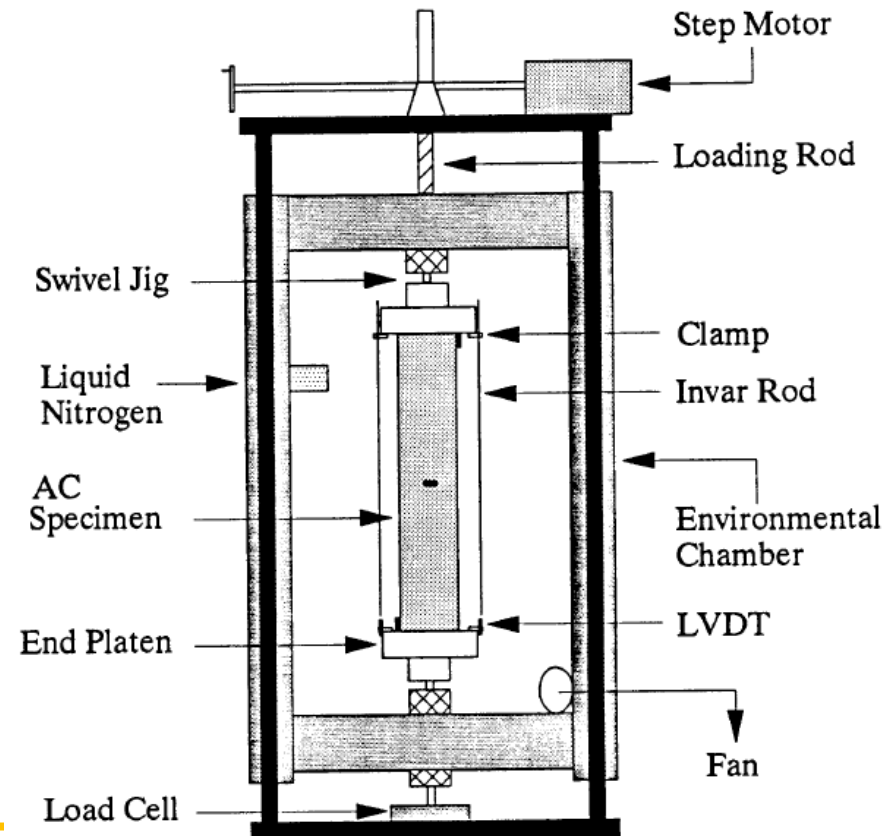


Испытание на растяжение дискообразных образцов [DC(T)]

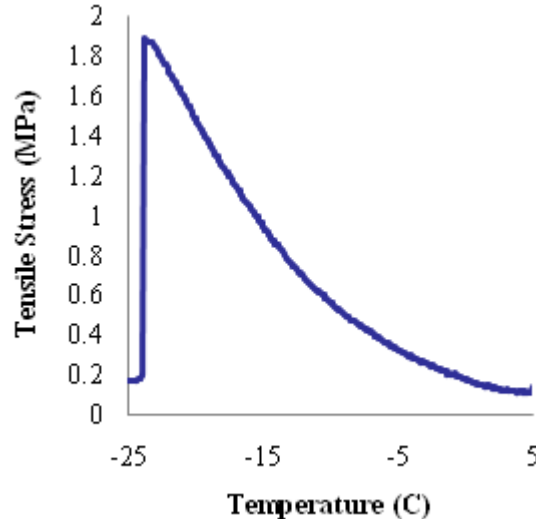
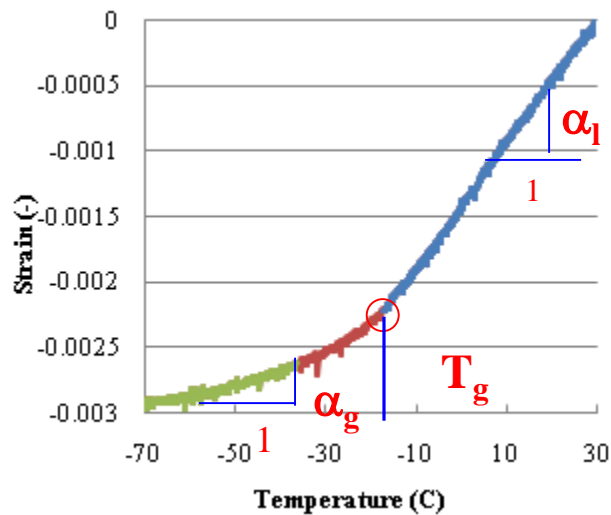
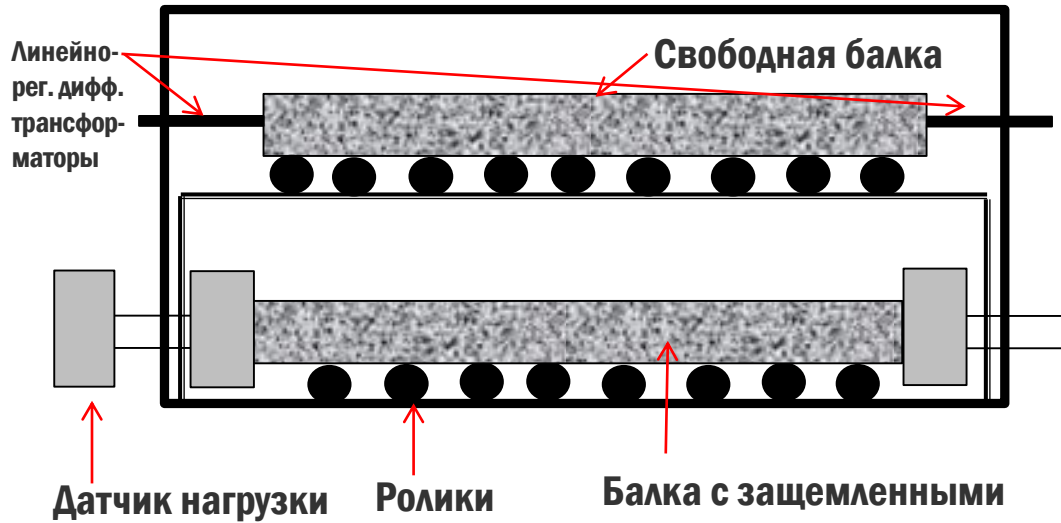


Термические напряжения в асфальтобетоне: *измерение*

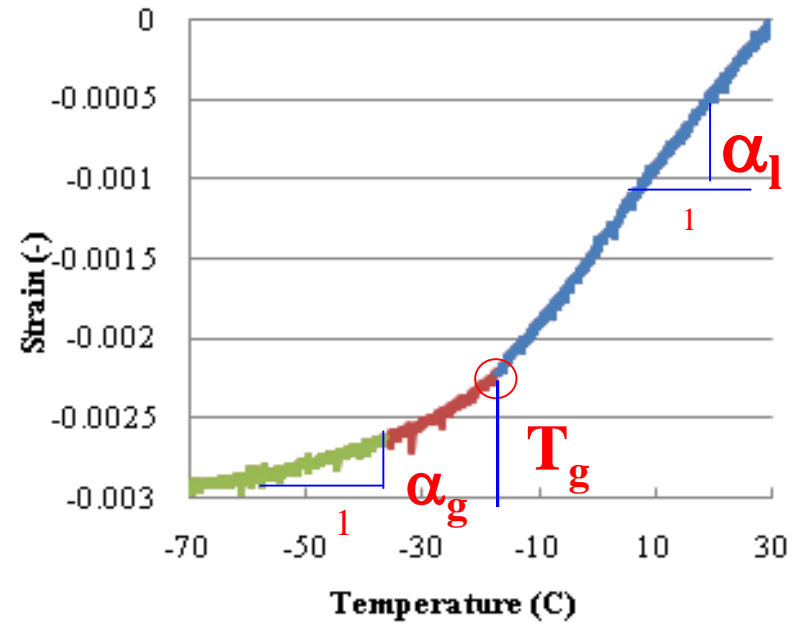
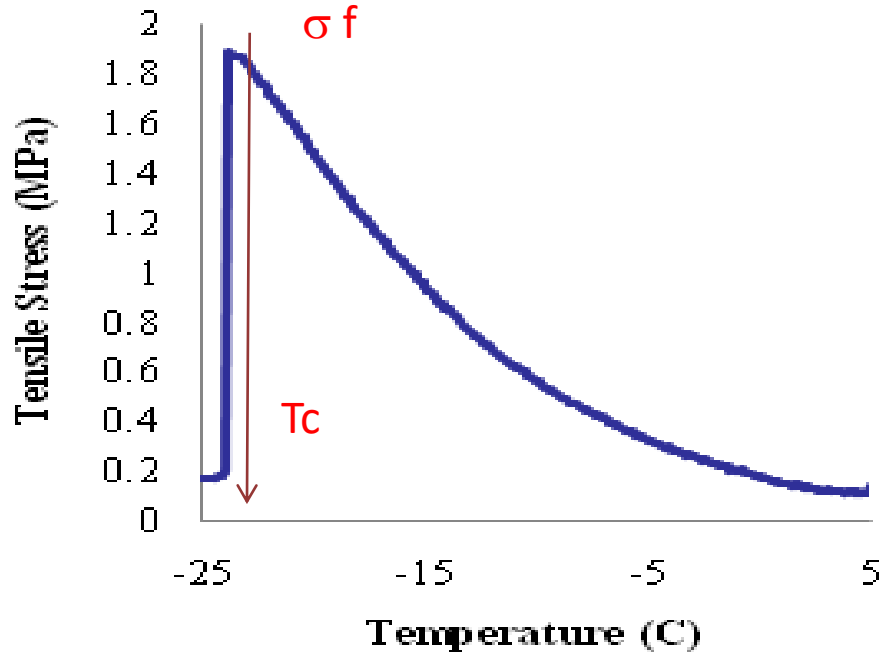
- Испытание закрепленного образца для проверки на температурное растрескивание (***TSRST***)
 - Монисмит (Monismith) и соавторы (1965) разработали методику испытания и теоретический метод расчета
 - В период действия программы SHRP метод был исследован Юнгом (Jung) и Винсоном (Vinson)
(SHRP-A-400: низкотемпературное растрескивание: выбор испытания)
 - Требуется сложное оборудование



АТСА: анализатор термического растрескивания асфальтобетона

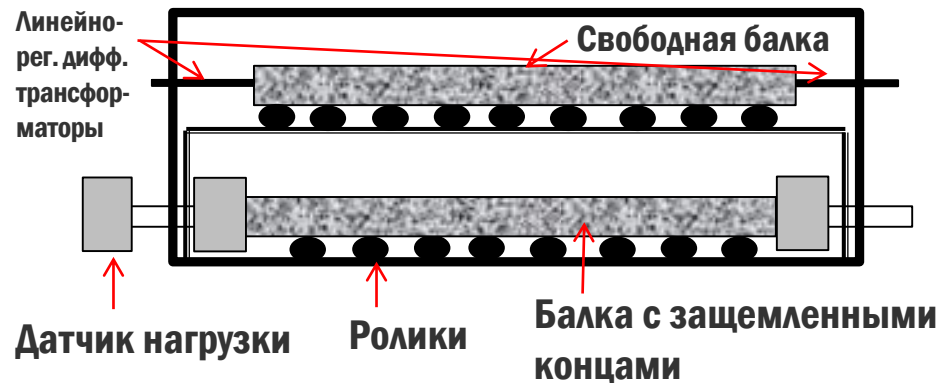


АТСА: анализатор термического растрескивания асфальтобетона



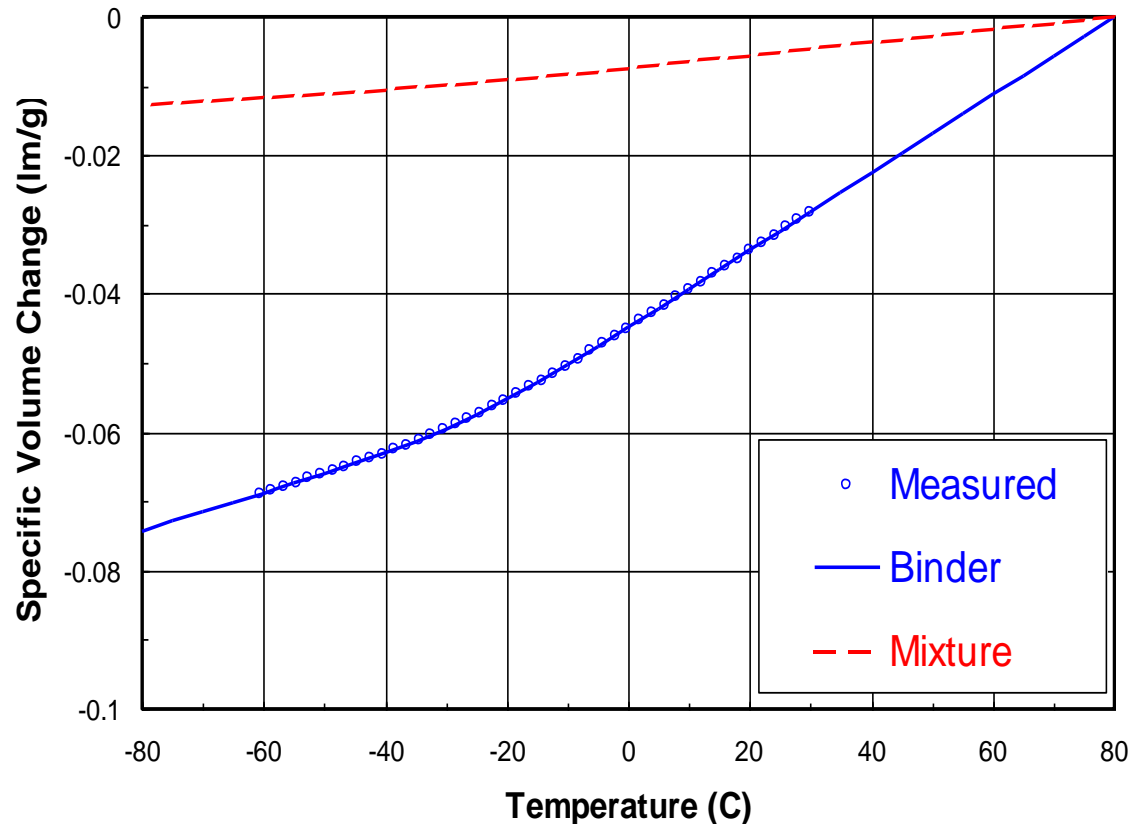
Temperature (C)

Temperature (C)

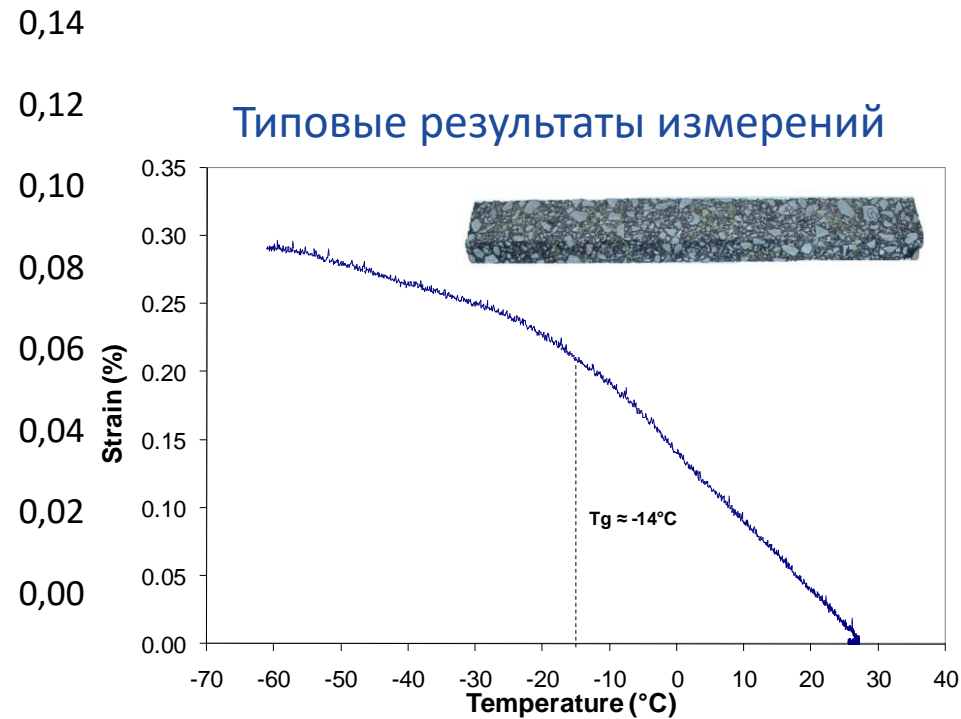
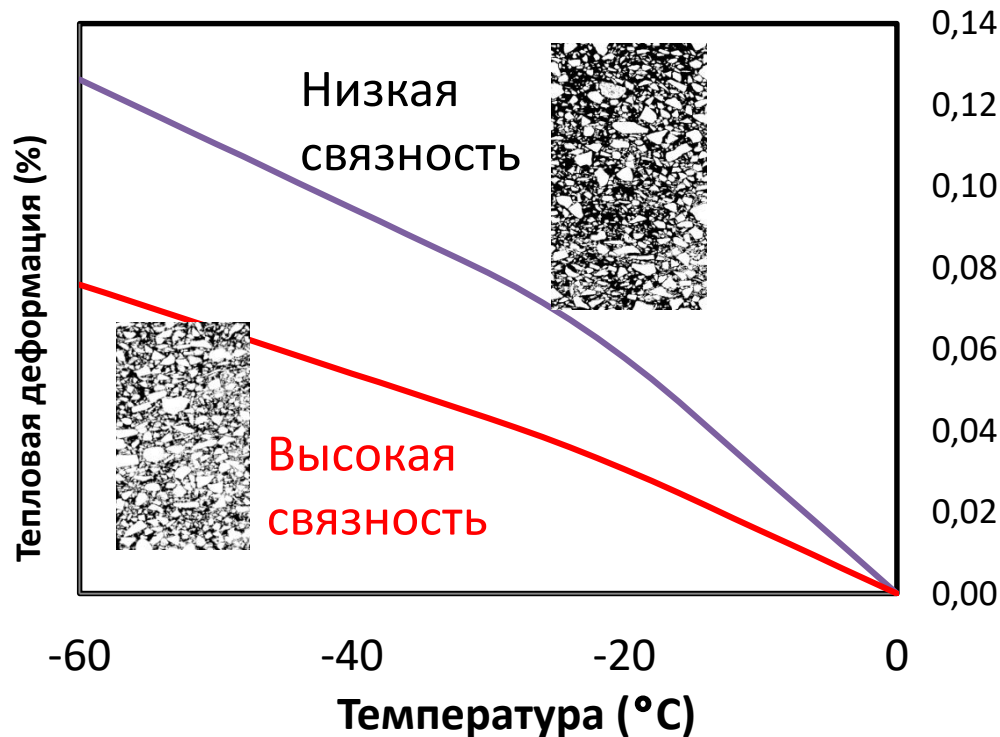




Влияние структуры минеральной части — меньшее изменение объема вяжущих

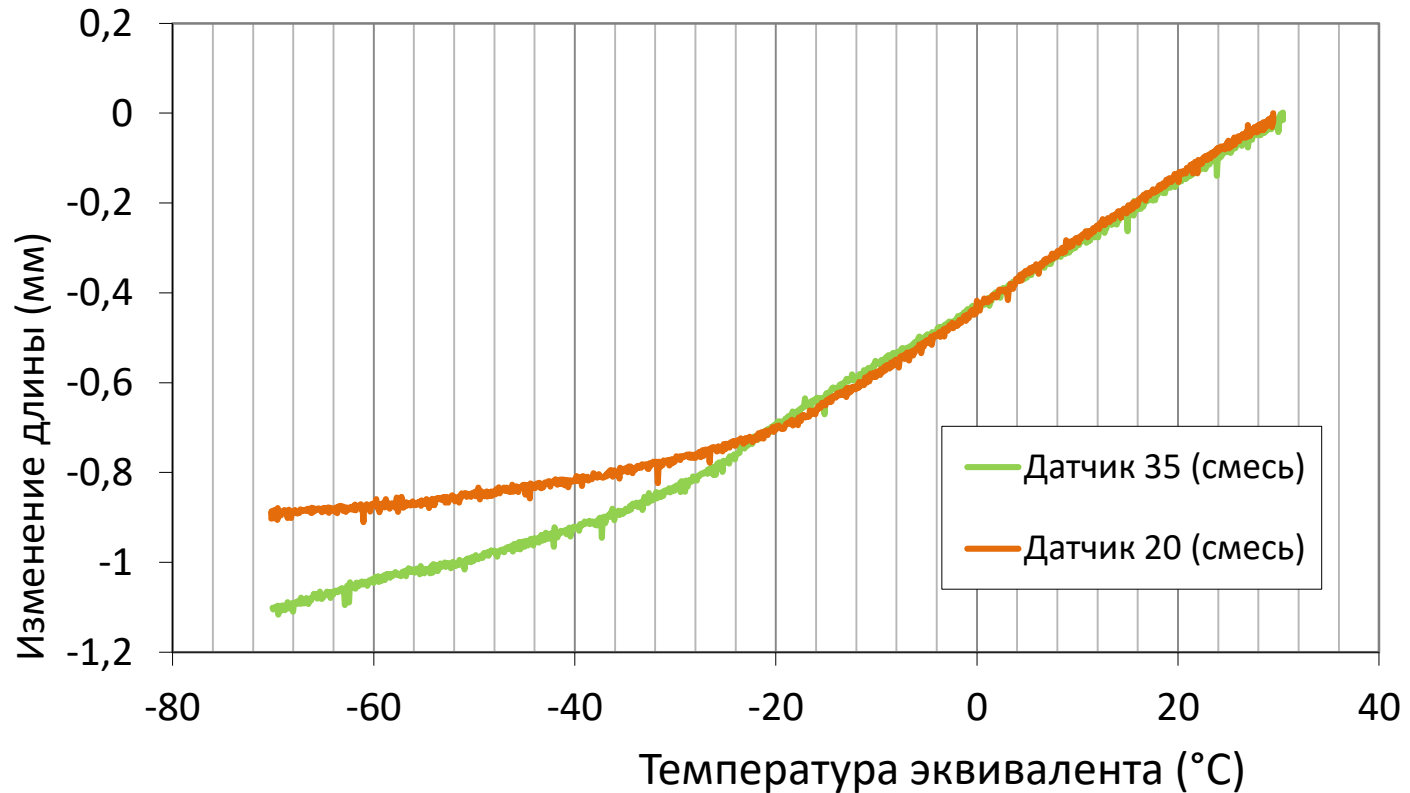


Влияние структуры минеральной части Термоволлюметрический отклик горячей асфальтобетонной смеси



Измерение показателя T_g смеси

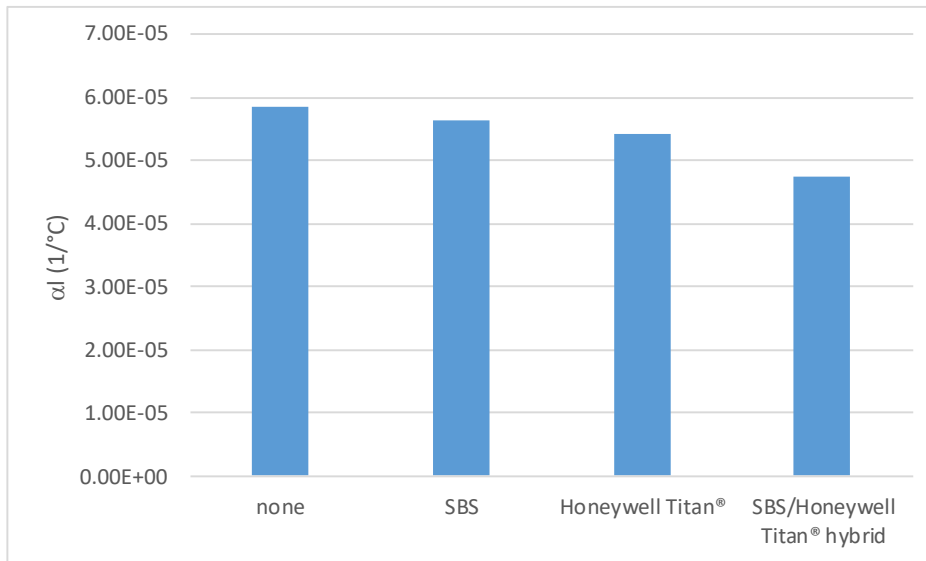
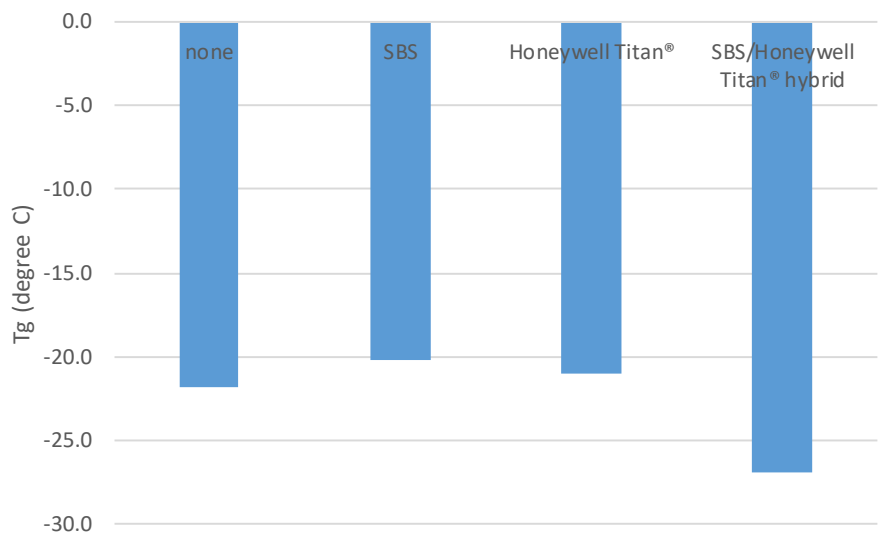
$$v = c_v + \alpha_g(T - T_g) + R(\alpha_1 - \alpha_g) \ln\{1 + \exp[(T - T_g)/R]\}$$





Хoneywell Titan[®] 7686: стойкость к низкотемпературному растрескиванию

Анализатор термического растрескивания асфальтобетона (АТСА)



- Honeywell Titan[®] 7686 и СБС имеют схожие показатели Tg и α
- Honeywell Titan[®] 7686 и СБС будут иметь схожие показатели стойкости к низкотемпературному растрескиванию

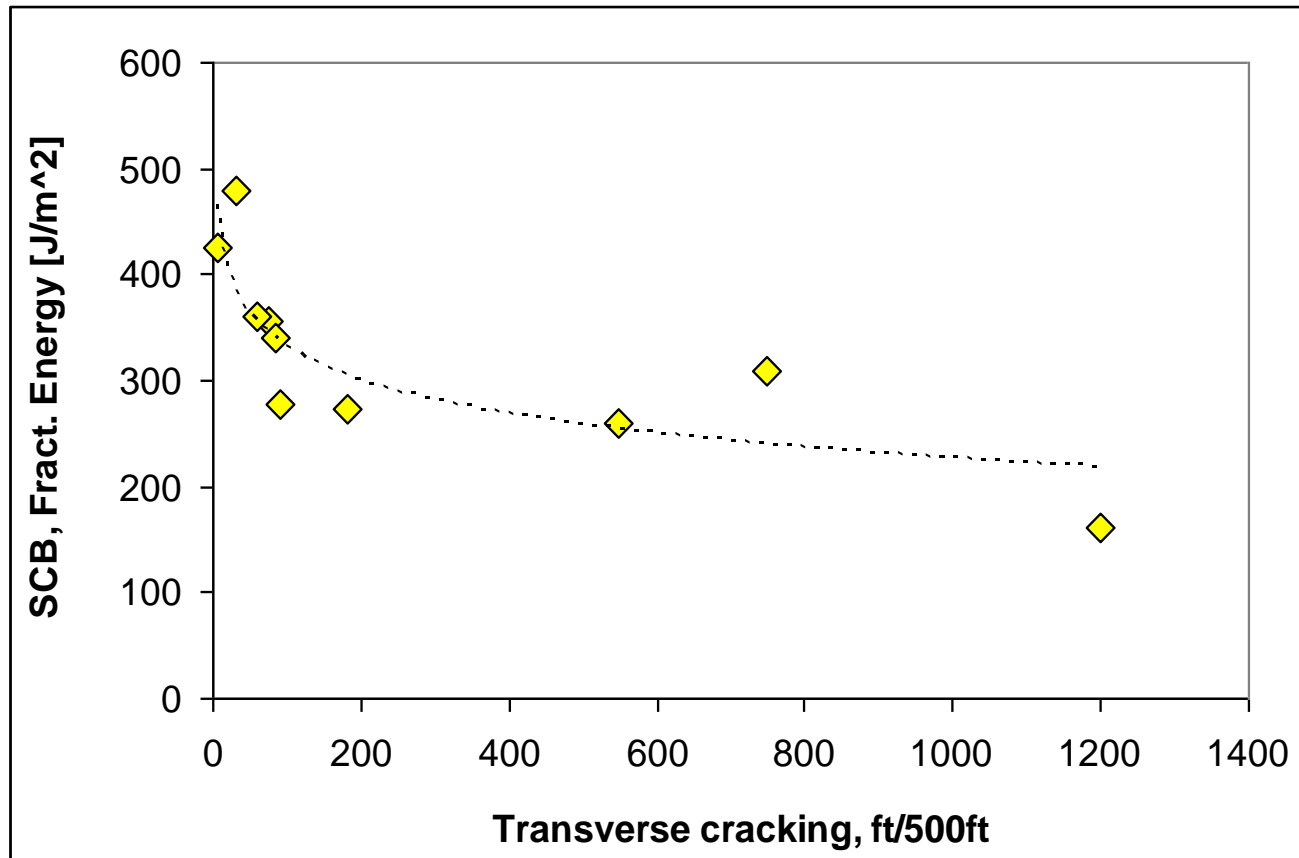
SENB: смеси

В ходе испытания SENB (балка с односторонним надрезом) применяется постоянная скорость смещения раскрытия трещины (CMOD), что обеспечивает стабильное разрушение после пиковой нагрузки



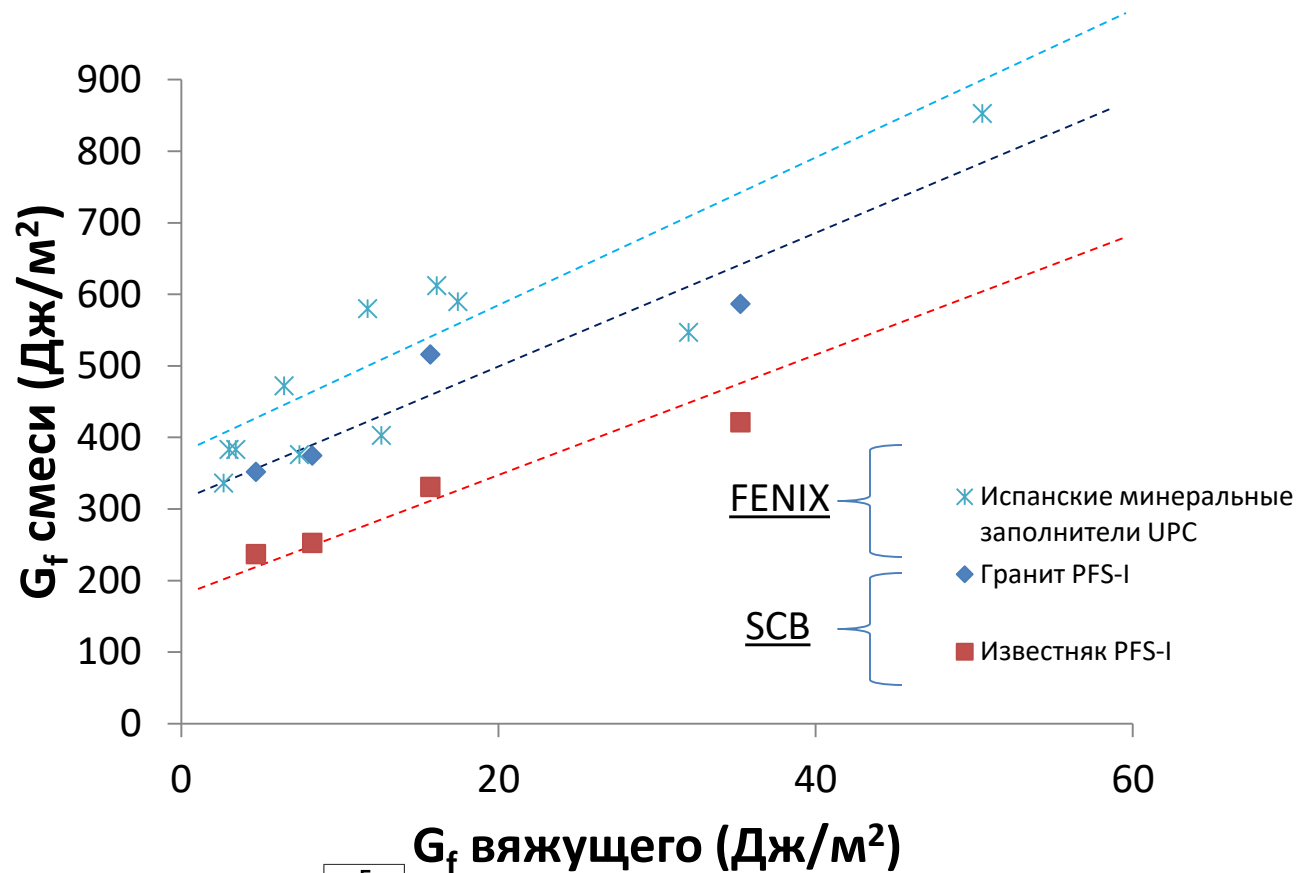


Позволяет ли механика разрушения прогнозировать эксплуатационные характеристики в рабочих условиях?

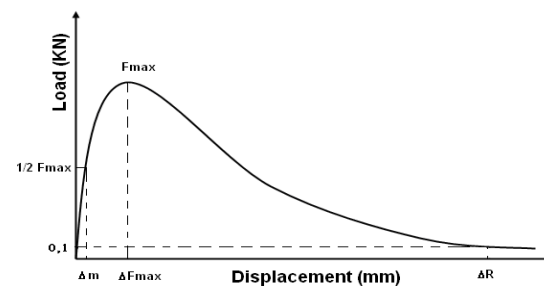
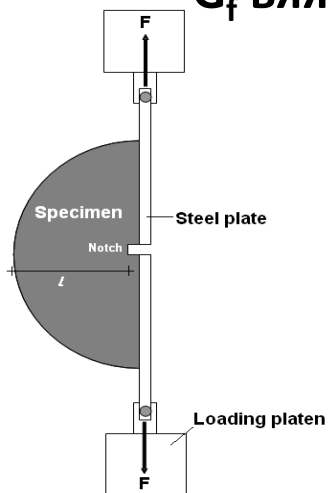


* Марастяну (Marasteanu) и соавторы (2007) «Исследование объединенного фонда: низкотемпературное растрескивание — этап I»

Вяжущие и смеси



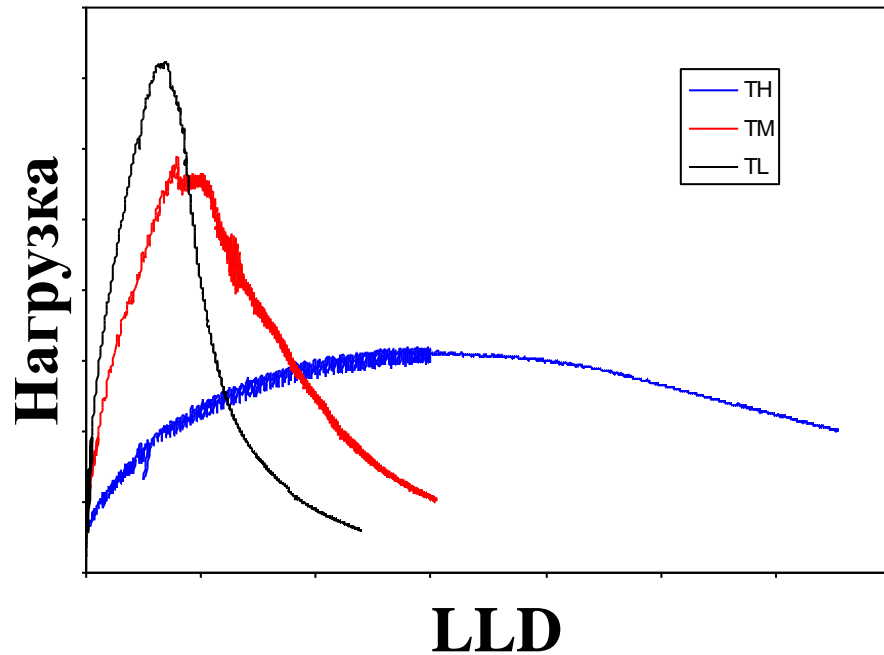
Испытание Fenix (смеси)



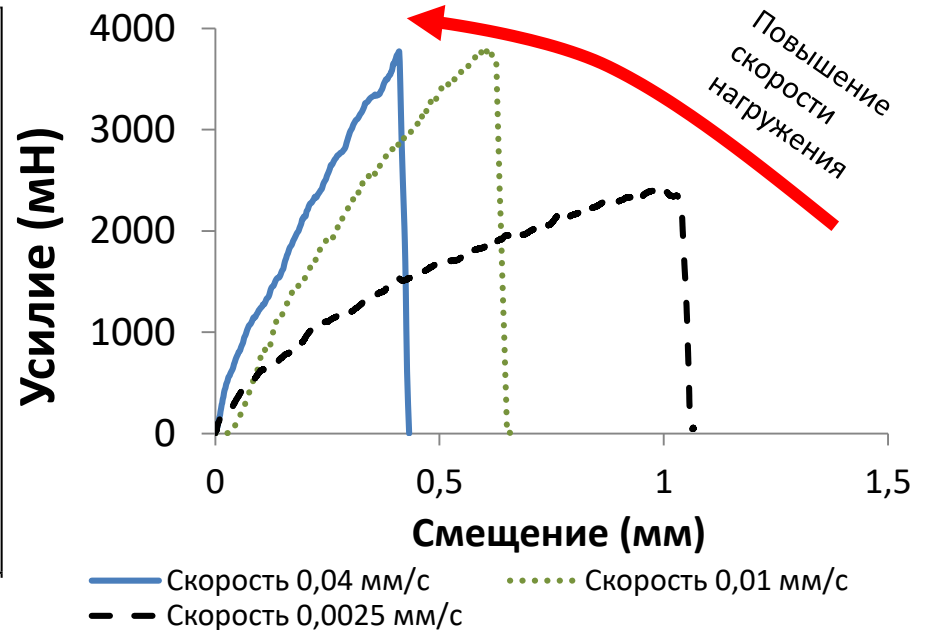


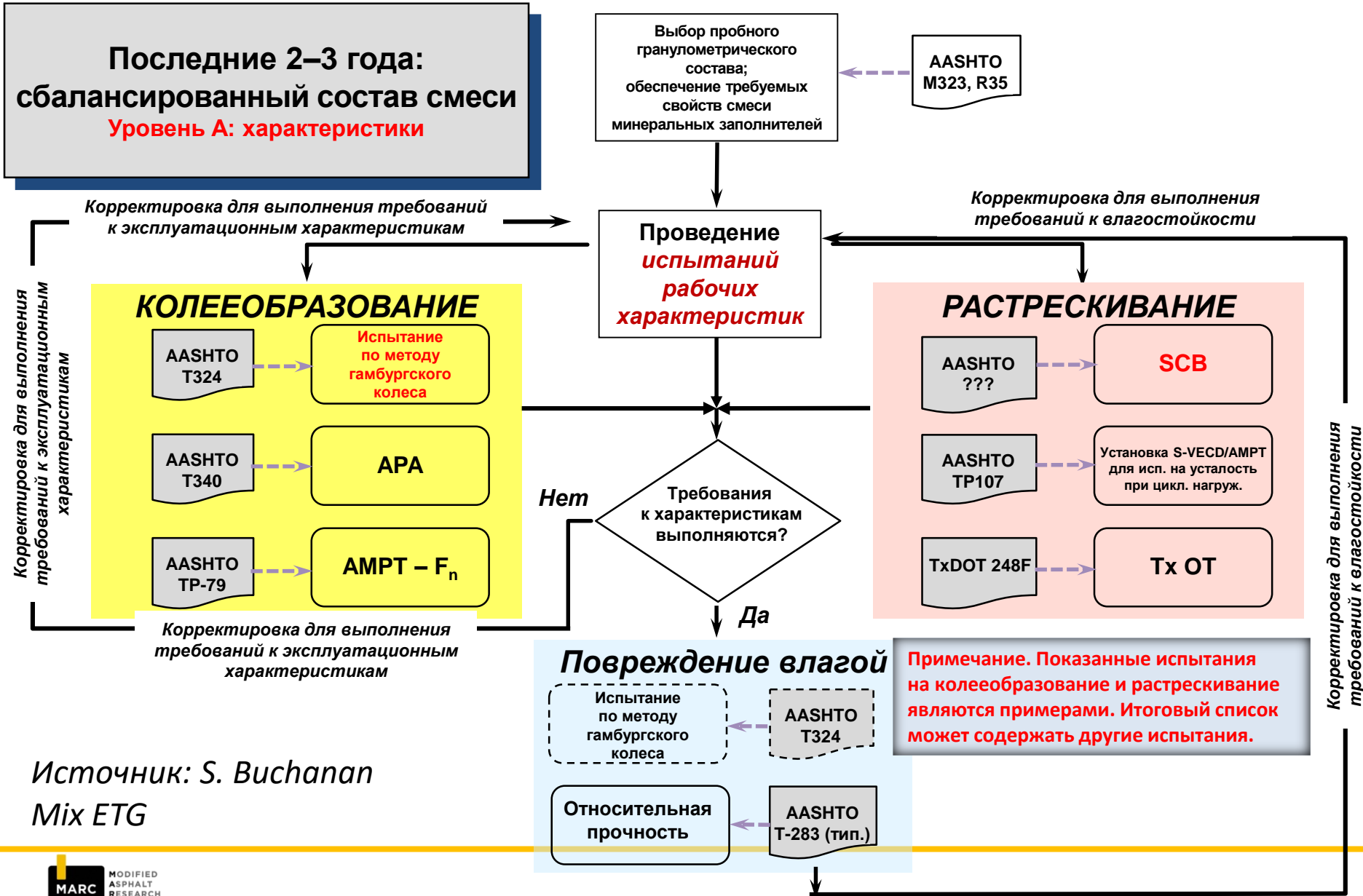
Приоритеты на будущее: создание обобщенных кривых разрушения

Испытание SCB смеси
Изменяется температура



Испытание SENB вяжущего
Изменяется скорость нагружения





Источник: S. Vuchanan
 Mix ETG



Выводы в отношении термического растрескивания

- Важными показателями являются коэффициент сжатия и температура стеклования
- Испытания TSRST/ATCA являются перспективными, но проводить их сложно и долго
- Конкурентные варианты в данный момент: испытания IDT (IDEAL), SCB и DCT
- Крайне затруднительным является выявление связи между эксплуатационными условиями и старением
- Пока не достигнуто согласие в отношении типов и условий проведения испытаний



**Благодарю
за внимание!**