

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ПОЛИМЕРНО-МОДИФИЦИРОВАННЫХ ВЯЖУЩИХ

На примере 2 случаев:

- Устойчивость к воздействию низких температур**
- Устойчивость к воздействию топлива**

Оливье МОЛЪЯ - Алексей ТИТОВ

СОДЕРЖАНИЕ

ЧАСТЬ 1: УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР

- ОТ ПОЛЕВЫХ ИСПЫТАНИЙ К ЛАБОРАТОРНЫМ
- ОТ СМЕСИ К ВЯЖУЩЕМУ
- МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ РАЗЛИЧНЫХ ВЯЖУЩИХ

ЧАСТЬ 2: УСТОЙЧИВОСТЬ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ТОПЛИВА

- ИСПЫТАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА
- ИСПЫТАНИЯ ВЯЖУЩЕГО

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ: ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ

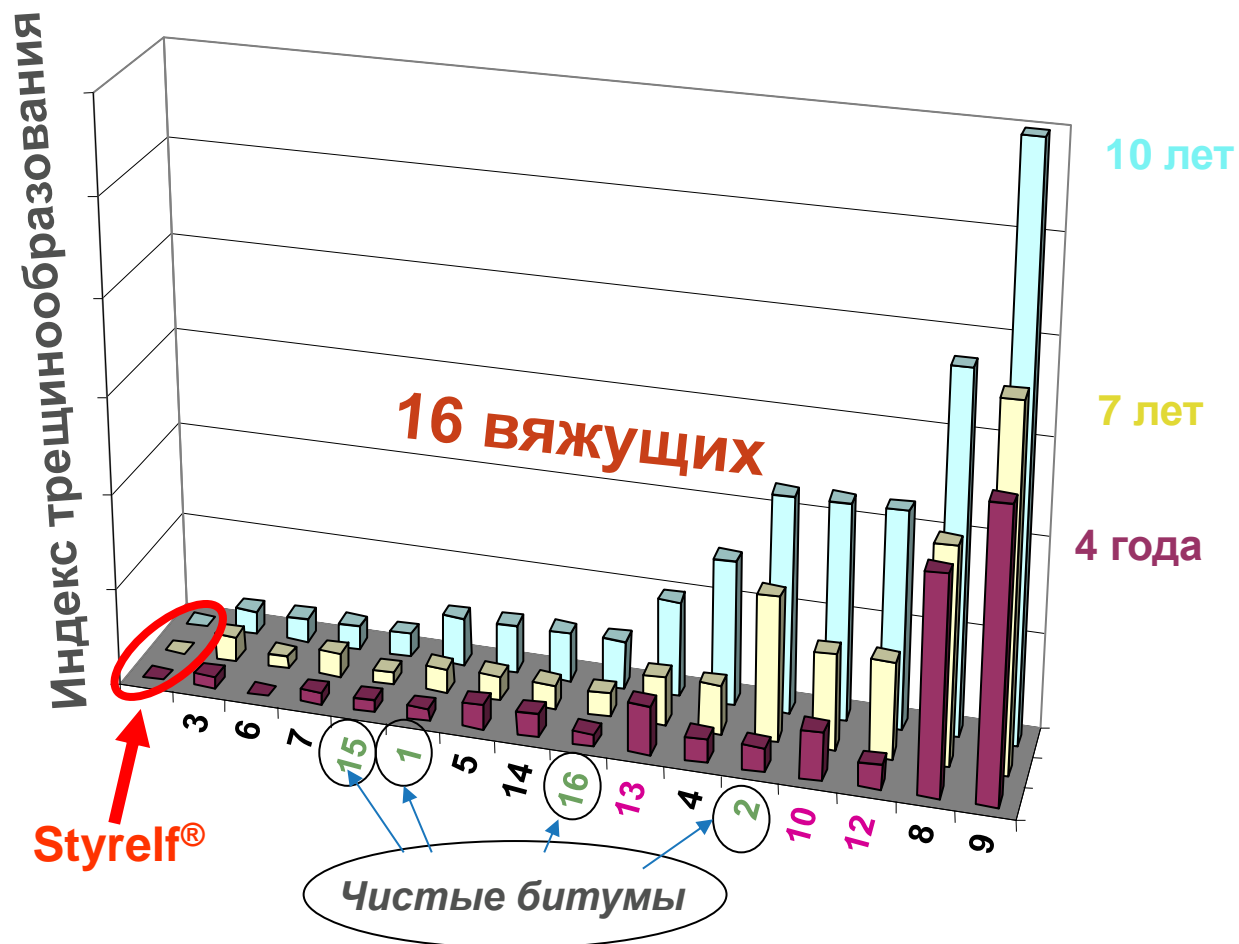
**Исследования проводились
в период с 1998 по 2007 г.:**

Исследовано поведение 16 битумных
вяжущих на дороге



- 16 участков по 300 метров на шоссе СН-N9
- 12 из 16 вяжущих были модифицированы полимером
- Интенсивность движения 24 000 авт./сут., из которых 6% – тяжелые грузовики, также присутствуют высокие перепады температуры
- Одинаковые рецептуры смесей, 4.5% пустот, 5% вяжущего
- Наблюдения проводились через 4, 7, 10, 14 и 19 лет
- Проводился анализ битумного вяжущего, извлекаемого из асфальтобетонной смеси

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ: ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ



НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ: ПОЛЕВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ



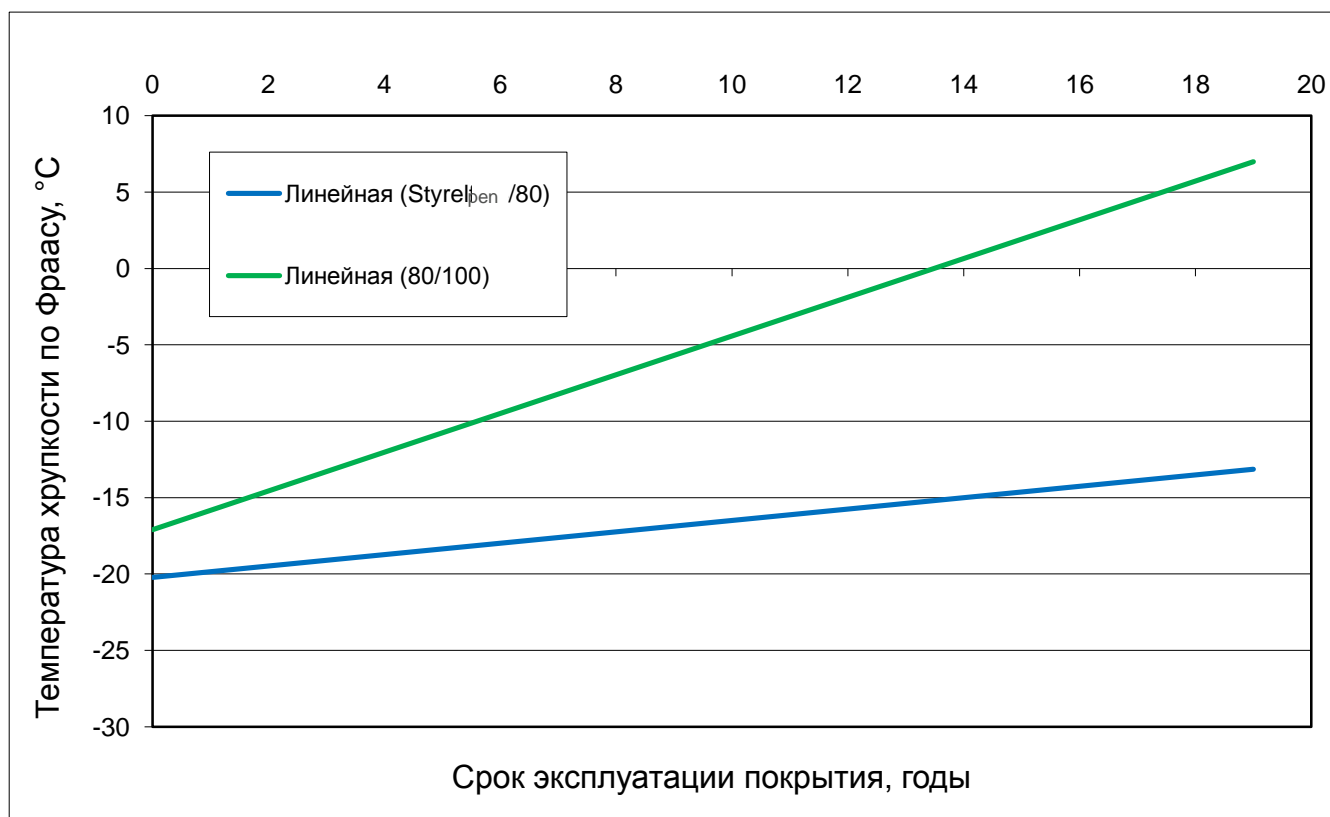
Отсутствие трещин!



НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ: ИЗМЕНЕНИЕ ВО ВРЕМЕНИ

Сравнение битума 80/100 и битума Total Styrelf®

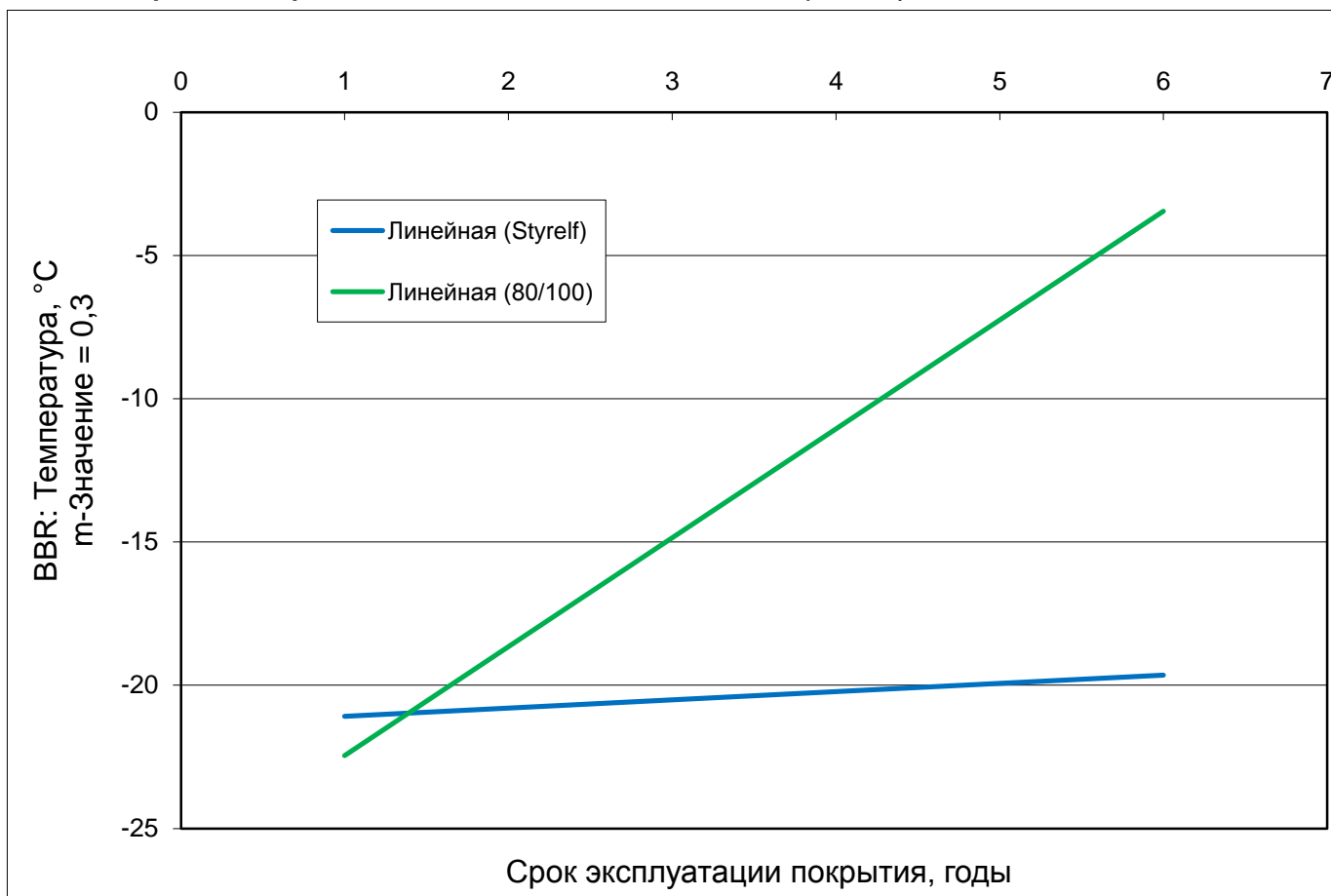
- Температура хрупкости по Фраасу



НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ: ИЗМЕНЕНИЕ ВО ВРЕМЕНИ

Сравнение битума 80/100 и битума Total Styrelf®

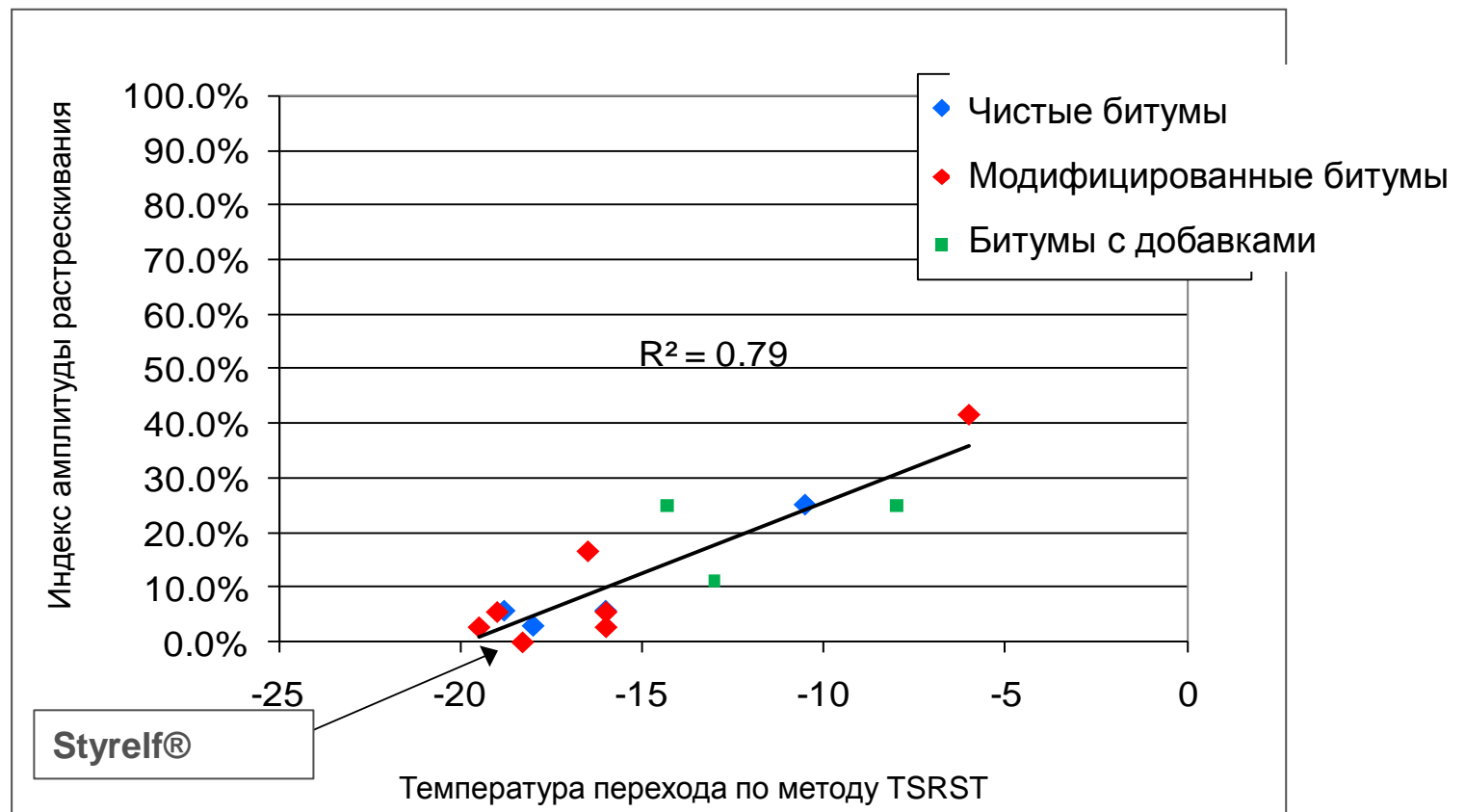
- Жесткость на реометре с изгибающейся балки (BBR)



КАК МЫ МОЖЕМ ПРОГНОЗИРОВАТЬ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ?

Низкотемпературная устойчивость асфальтобетонной смеси

- Испытания образцов по методу TSRST после 1 года эксплуатации покрытия
- Корреляция с разрушением после 10 лет эксплуатации покрытия

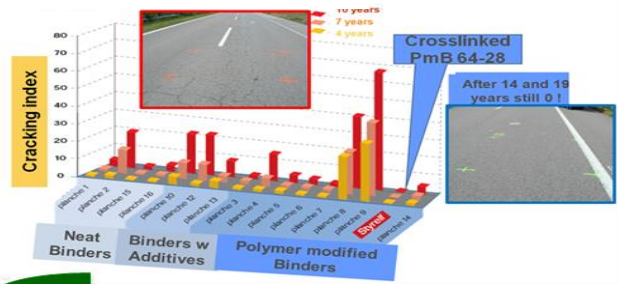


Как определить долговечность материала?

Эксперимент в условиях эксплуатации

Долговечность: Эксперимент в условиях эксплуатации трассы и мониторинг
Тестовые участки в Швейцарии: 1988 — 2002 / 2007
Лозаннский университет — EPFL/LAVOC

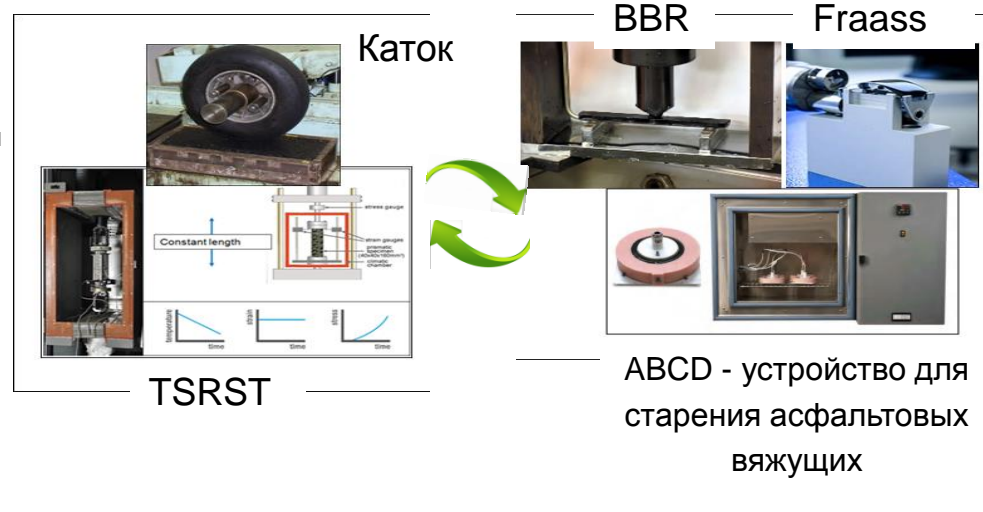
Размеры трещин спустя 4, 7, 10 лет



- Рейтинг «Эффективных показателей вяжущего вещества»
- Реалистичный эффект старения вяжущих веществ
- Отличие вяжущих с продолжительным сроком эксплуатации и скрытыми деформациями
- Развернутое исследование и большой период времени
- Количество материалов
- Доступные условия эксплуатации для эксперимента

Эксперимент в лабораторных условиях

Проверенная методика ускоренного старения



- Экономически эффективный
- Проверенный метод относительно старения
- Определение эксплуатационных качеств вяжущих веществ относительно старения

Исследование: Методы определения чувствительности вяжущих веществ и асфальтобетонных смесей к старению

Как определить долговечность материала?

Программа исследования:

3 вида вяжущих :

Дорожный битум, полимер-модифицированный битум (ПМБ) Styrelf с перекрестными связями, СБС-модифицированный битум

2 этапа методики старения смеси вяжущих веществ/асфальтобетона:

- Кратковременный « R » и долговременный « P »

1 контрольный метод испытаний асфальтобетонной смеси:

- TSRST

3 рассматриваемых метода испытаний вяжущего:

- Fraass, BBR, ABCD

Битум	Содержание полимера (%)	Fraass-R	Fraass-P	ABCD-R	ABCD-P	BBR-R	BBR-P
Чистый битум	0	x	x	x	x	x	x
ПМБ с перекрестными связями	3,5	x	x	x	x	x	x
СБС-модифицированный битум	3,5			x	x	x	x

- O : вяжущее, не подвергнутое старению
- R : после RTFOT старения (EN 12607-1)
- P : после RTFOT+PAV старения (EN 12607-1, следующий за EN 14769)

Битум	Содержание полимера (%)	TSRST-R	TSRST-P
Чистый битум	0	x	x
ПМБ с перекрестными связями	3,5	x	x
СБС-модифицированный битум	3,5	x	x

- R : после старения, связанного с добавлением заполнителей
- P : после старения, связанного с RILEM TC-ATB процедурой

Верхний слой 0/10	Содержание (%)
6/10 кварцита	33
4/6 кварцита	11,3
0/4 кварцита	46,2
Заполнитель	3,8
Вяжущее вещество	5,7

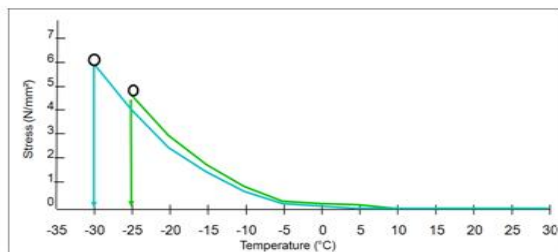
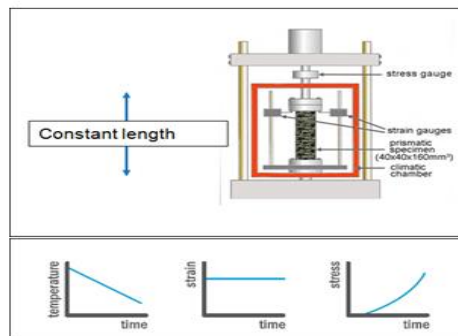
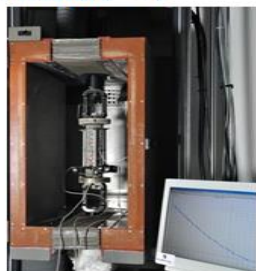
КАК ОЦЕНИТЬ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАТЕРИАЛА?

Описание методов исследований:

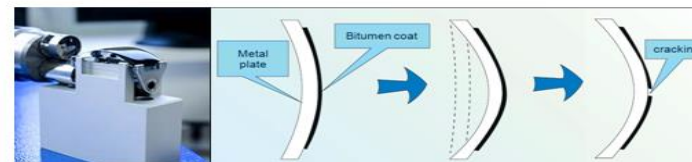
ABCD - устройство для старения асфальтовых вяжущих

Асфальтобетонная смесь

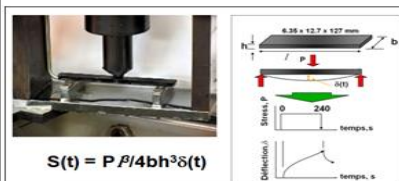
Thermal Stress Restrained Specimen Test ($T_{fracture}^{\circ C}$)



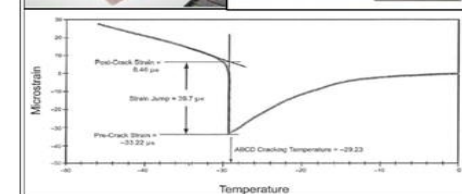
Вяжущее



Fraass breaking test ($T_{breaking}^{\circ C}$)



Bending Beam Rheometer ($T_{stiffness}^{\circ C}$) ($T_{m slope}^{\circ C}$)



Asphalt Binder Cracking Devices ($T_{cracking}^{\circ C}$)

КАК ОЦЕНИТЬ ДОЛГОВЕЧНОСТЬ МАТЕРИАЛА?

Лабораторные методы старения:

Асфальтобетонная смесь

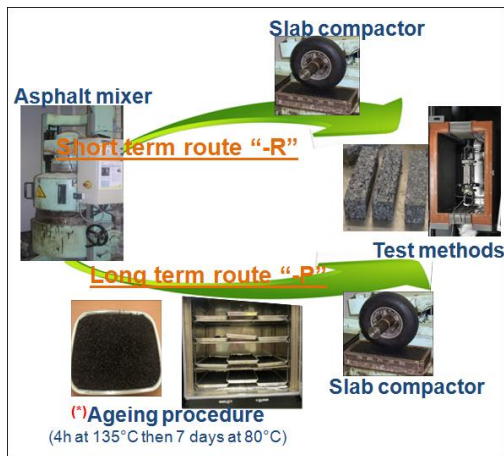
Вяжущее



(*) Процедура старения
(4ч при 135°C, затем 7 дней при 80°C)

(*) Горячая регенерация асфальтобетонных смесей, С. de la ROCHE et al., Report to RILEM TC-ATB, Chapter 6

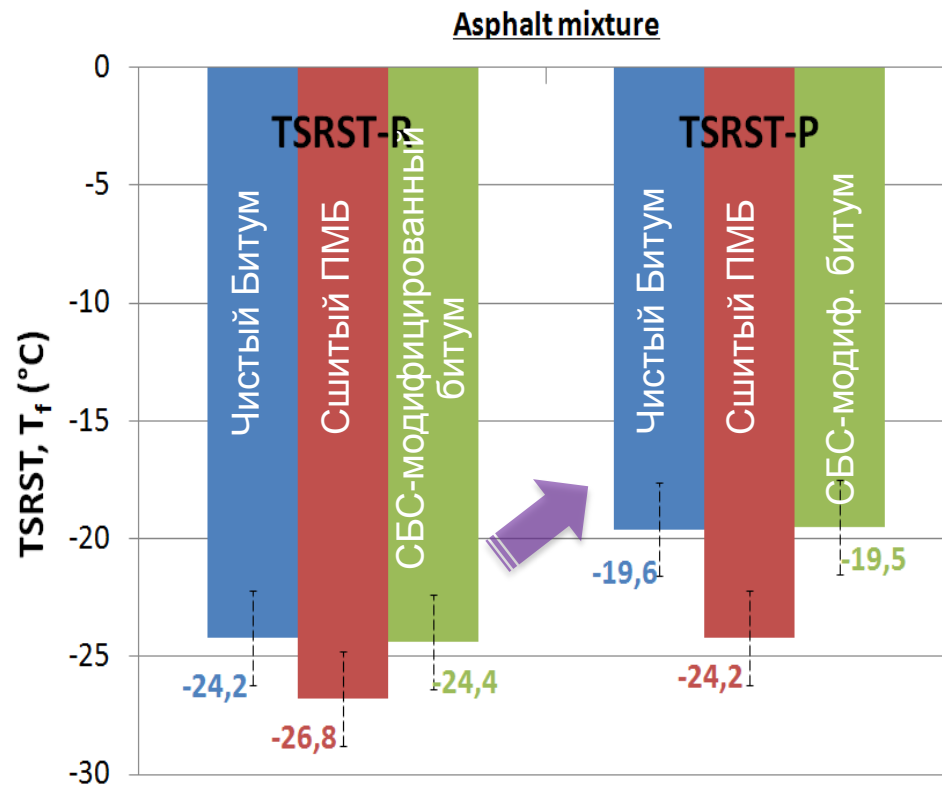
ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ НА ТЕМПЕРАТУРУ РАЗРЫВА АСФАЛЬТОВОЙ СМЕСИ ПО МЕТОДУ TSRST



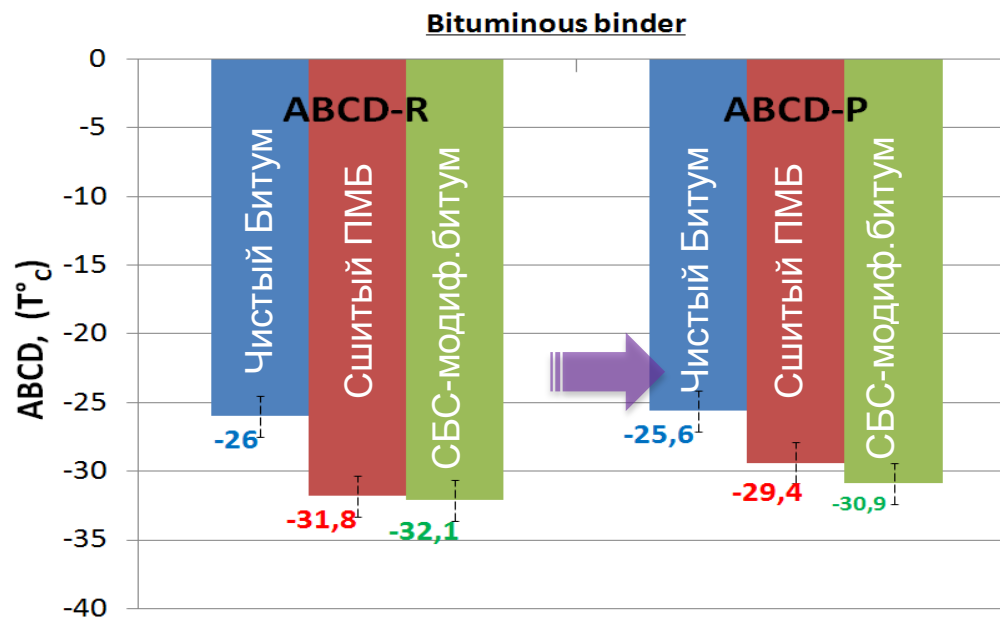
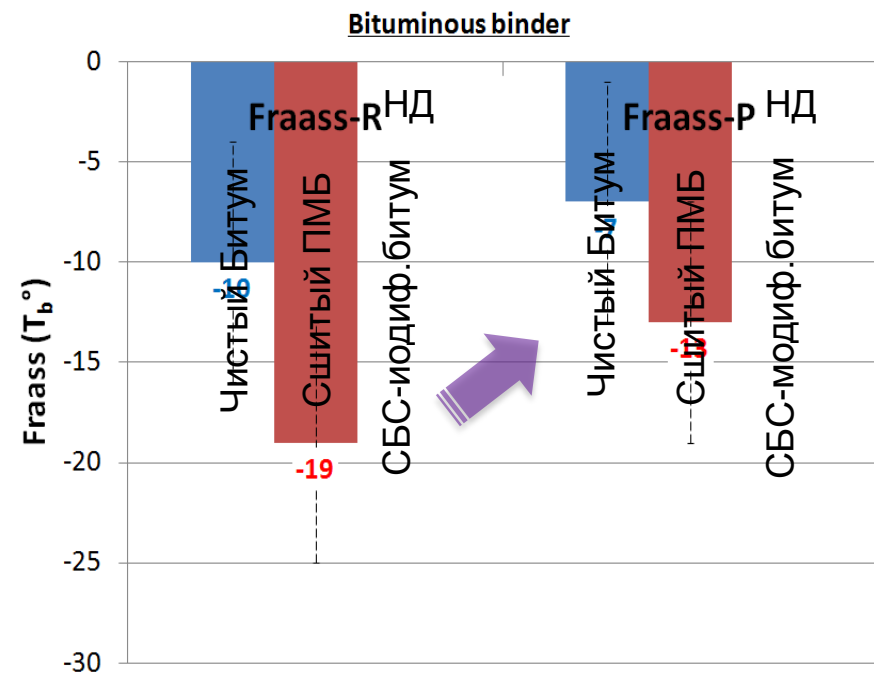
- Общее повышение температуры по методу TSRST. Без исключений!
- Чистый битум и СБС-модифицированный битум одинаковы относительно старения
- ПМБ с перекрестными связями демонстрирует лучшие показатели устойчивости к старению



**Влияние старения – тенденция метода TSRST:
Сшитый ПМБ > СБС-модиф.битум ≈ Чистый битум**



ВЛИЯНИЕ СТАРЕНИЯ НА МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ ВЯЖУЩИХ: ТЕМПЕРАТУРА ХРУПКОСТИ ПО ФРААСУ И МЕТОД ABCD



- Чистый битум обеспечивает лучшую устойчивость к старению по методу Фрааса

- Метод ABCD показывает слабую чувствительность к старению

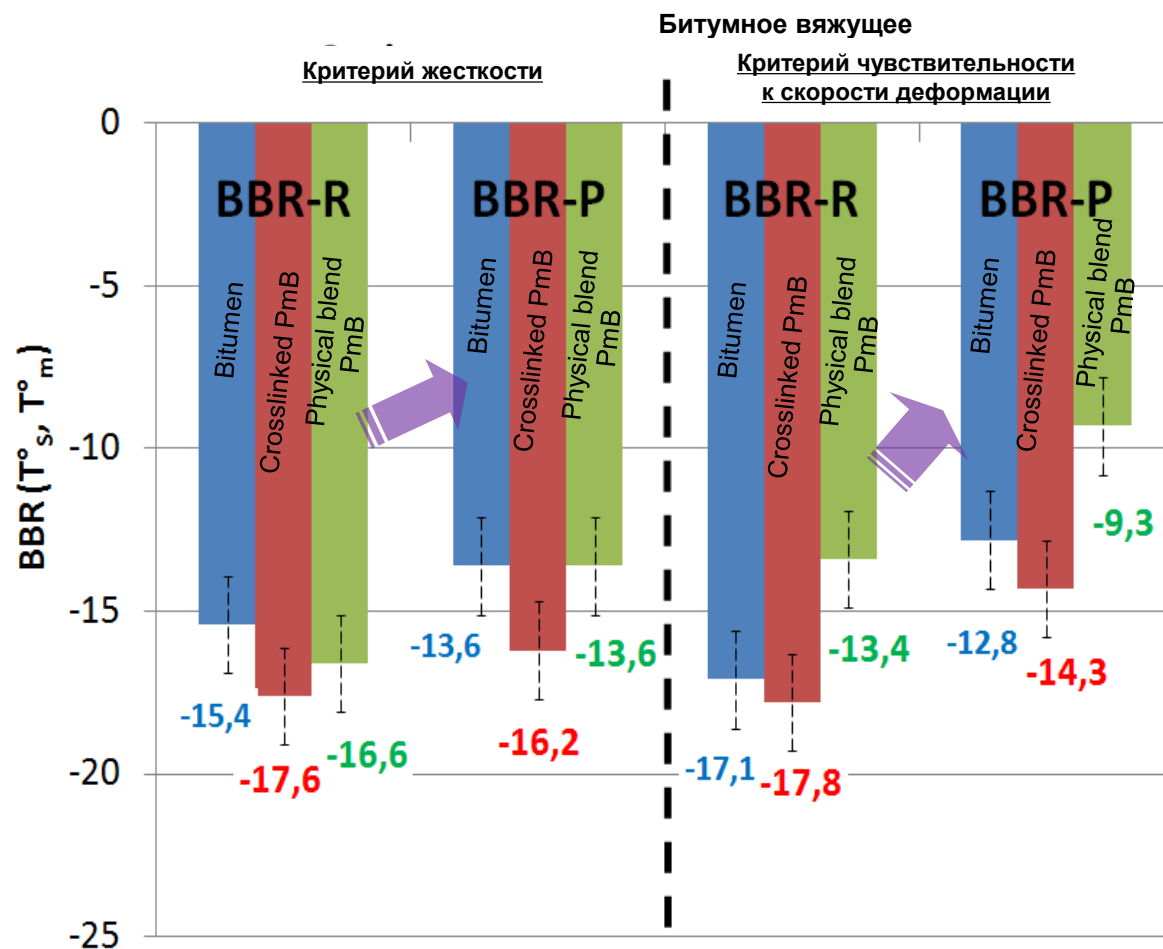
Влияние старения:

тенденция по методу Фрааса ≠ тенденция по методу TSRST

Тенденция по методу ABCD ≠ тенденция по методу TSRST

Влияние старения на тестовые методики вяжущих: определение жесткости (S) и чувствительности к скорости деформации (m-value) с помощью реометра, изгибающего балочку (BBR)

- Общий рост BBR $T^{\circ}S$ и $T^{\circ}m$
- Согласно критерию жесткости, чистый битум \approx СБС-модифицированный битум
- Согласно критерию m-value, СБС-модифицированный битум имеет более низкую сопротивляемость старению
- Для обоих критериев BBR, ПМБ с перекрестными связями имеет самую высокую сопротивляемость старению



Влияние старения: тенденция теста BBR \approx тестовый метод TSRST (контроль)

Вывод и перспективы ЧАСТЬ 1

- Наиболее подходящий метод оценки и вектор старения
- Результаты свидетельствуют о том, что критерий чувствительности к скорости деформации VBR является самым подходящим в отношении процедуры старения для:
 - Одинаковой тенденции относительно всех вяжущих
 - Степени влияния старения
 - Совместимости с экспериментами в условиях эксплуатации (исследования на месте)
- Перспективы
 - Улучшить надежность и точность данной оценки
 - Расширить исследование и базу данных вяжущих с целью утверждения данного метода

ГОРА ЭВАНС, ШТАТ КОЛОРАДО, США, ВЫСОТА 4359 М



ТЕСТ ДЮРЬЕ: ПОГРУЖЕНИЕ И КОМПРЕССИЯ

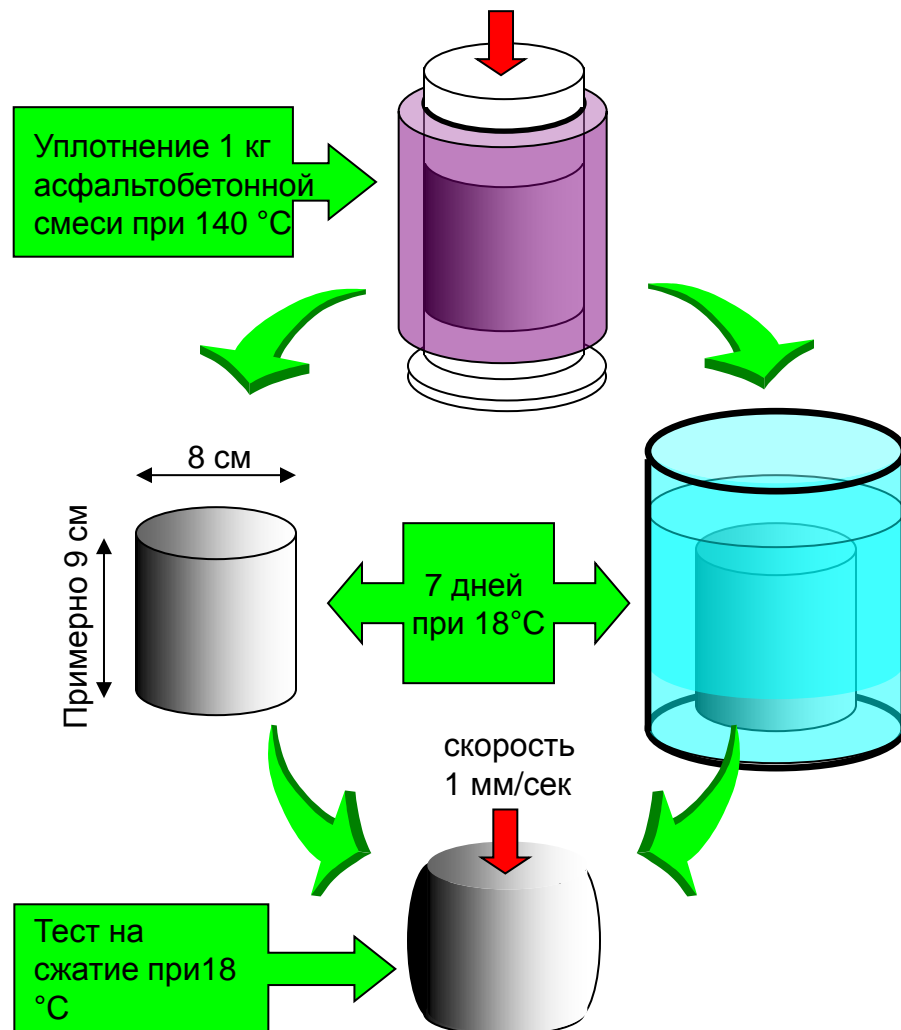
Давление 120 кг/см²
достигается за 1 мин.
и поддерживается 5 минут

Механическое сопротивление

12 цилиндрических образцов
изготавливаются методом
статического сжатия

r – радиус образца в воде
 R – радиус образца в воздухе

Измеряется отношение r/R



ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ К ТОПЛИВУ «СКОРРЕКТИРОВАННЫЙ» МЕТОД ДЮРЬЕ

Давление 120 кг/см²
достигается за 1 мин.
и поддерживается 5 минут

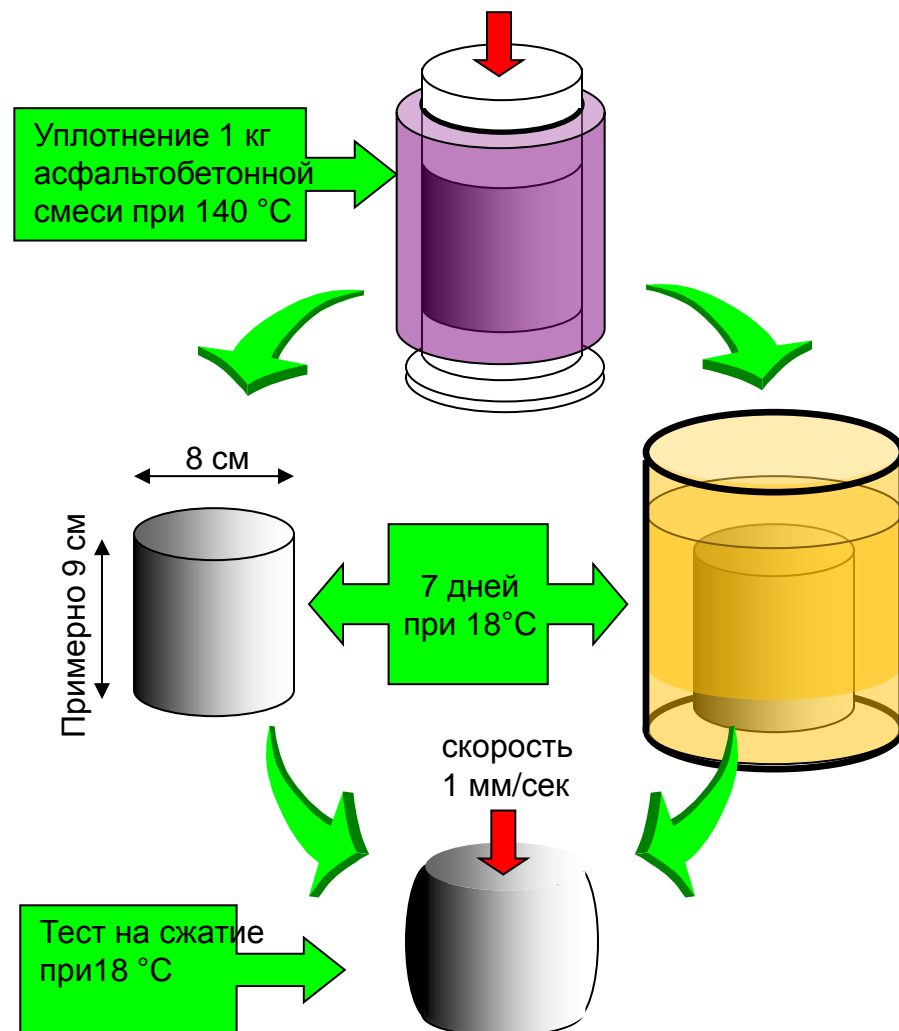
Механическое сопротивление

12 цилиндрических образцов
изготавливаются методом
статического сжатия.

r – радиус образца в топливе

R – радиус образца в воздухе

Измеряется отношение r/R



СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Смесь	Минеральный наполнитель	Вяжущее	r/R, 7 дней керосин	r/R, 7 дней Дизтопливо
АС 10	Ла Нубло	AZALT 20/30	0.24 (5.4%)	0.41 (5.4%)
АС 10	Ла Нубло	STYRELF 13/20	0.38 (5.2%)	0.59 (5.2%)
АС 10	Ла Нубло	ИНТАКТ 35	0.46 (5.3%)	0.65 (5.3%)

		35/50	ИНТАКТ 35
1 день	Пустоты (%)	3.2	3.5
	r/R Дизтопливо	0.84	0.95
	r/R Керосин	0.77	0.86
3 дня	Пустоты (%)	3.9	3.7
	r/R Дизтопливо	0.73	0.85
	r/R Керосин	0.54	0.76
7 дней	Пустоты (%)	3,5	3.7
	r/R Дизтопливо	0.63	0.72
	r/R Керосин	0.38	0.59



ДРУГИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА: EN12697-43

Устойчивость асфальтобетона к воздействию топлива

- EN 12697-43
- Образцы цилиндрической формы частично погружаются в топливо на 24 или 72 часа
- Образцы высушиваются и очищаются щеткой в нормальных условиях
- Измеряется потеря массы образцов



1. Test samples partially soaked in fuel



2. After soaking in fuel



3. Samples after soaking in fuel



4. Samples after soaking and washing

ДРУГИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНА: EN12697-43

ПОТЕРЯ МАССЫ ПОСЛЕ ПОГРУЖЕНИЯ (ПАРАМЕТР А)

Если $A > 5\%$: Низкая устойчивость к воздействию топлива

Если $A < 5\%$: Очистка образца щеткой

ПОТЕРЯ МАССЫ ПОСЛЕ ОЧИСТКИ ЩЕТКОЙ (ПАРАМЕТР В)

If $B < 1\%$: Хорошая устойчивость к воздействию топлива

If $1\% < B < 5\%$: Средняя устойчивость к воздействию топлива

If $B > 5\%$: Низкая устойчивость к воздействию топлива



СРАВНЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Specimen	m1	m2	A	m3	m4	m5	B	C
	[g]	[g]	[%]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]
328 A1	1252,0	1207,3	3,57	1161,3	1133,9	1130,0	6,40	9,74
328 A2	1251,7	1189,7	4,95	1146,4	1138,0	1130,6	4,97	9,67
328 A3	1261,1	1204,3	4,50	1157,2	1125,0	1120,8	6,93	11,13
328 M1	1234,8	1140,6	7,63	1049,3	1045,4	1039,2	8,89	15,84
328 M2	1254,9	1137,1	9,39	1055,7	1046,0	1043,5	8,23	16,85
328 M3	1247,2	1175,3	5,76	1084,6	1079,7	1075,0	8,53	13,81
730 A1	1222,5	1182,7	3,26	1153,8	1151,9	1149,6	2,80	5,96
730 A2	1253,6	1211,1	3,39	1185,6	1183,4	1174,7	3,01	6,29
730 M4	1208,2	1162,6	3,77	1116,6	1112,6	1106,2	4,85	8,44
730 M5	1264,3	1214,2	3,96	1181,1	1168,4	1164,7	4,08	7,88
730 M6	1226,2	1172,1	4,41	1132,7	1128,1	1125,9	3,94	8,18
730 M7	1226,	1176,8	4,04	1145,0	1142,1	1131,7	3,83	7,72

Битум 35/50

Выс. Уплотн.
Пуст. 4.1%

Среднее 4.3%
ОК

Среднее 7.6%
Низк. Уст-ть

Среднее 6.1%
Низк. Уст-ть

Intakt 35

Низк. Уплотн.
Пуст. 6.0%

Среднее 3.4%
ОК

Среднее 4.1%
ОК

Среднее 3.6%
Сред. Уст-ть

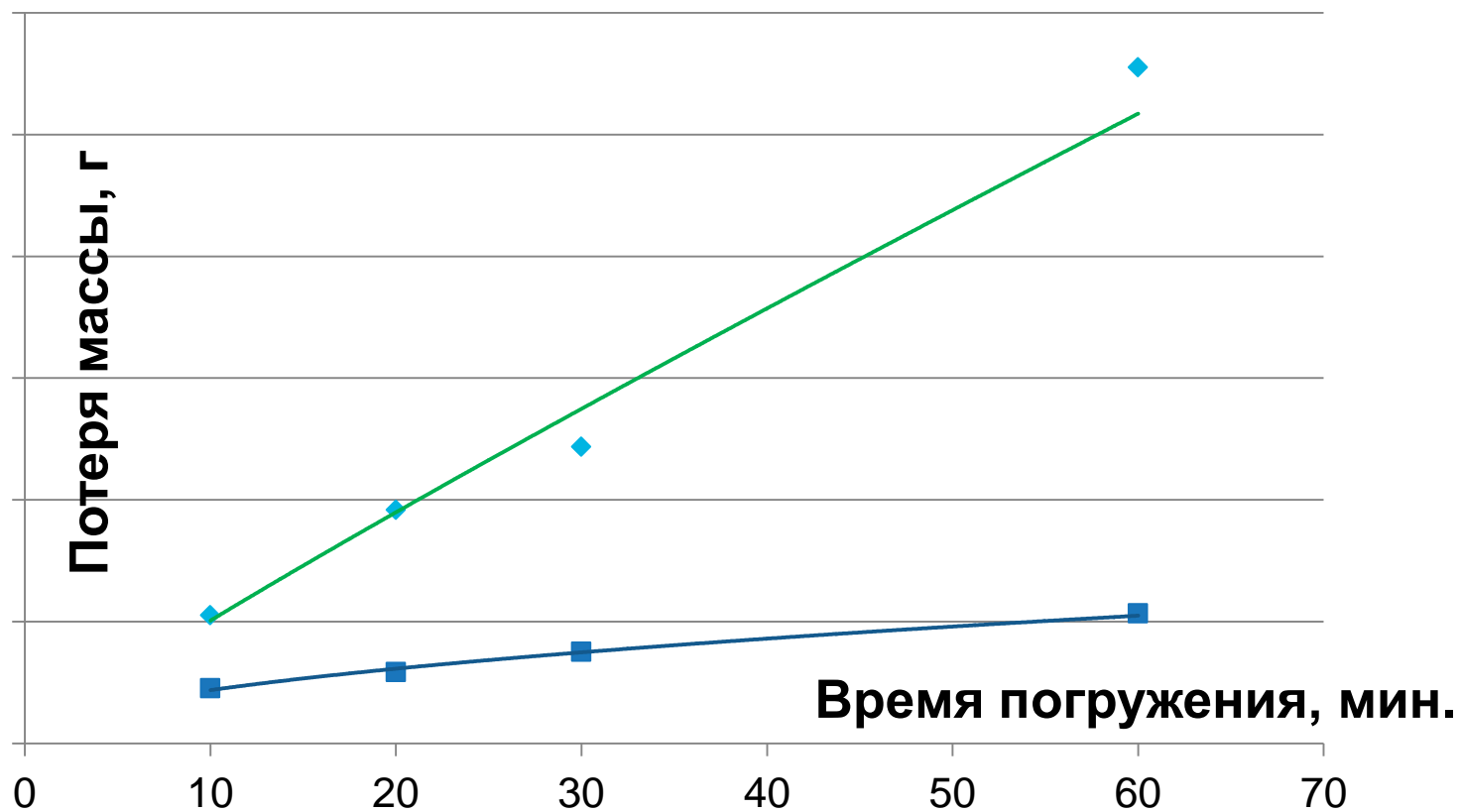
Среднее 4.1%
Сред. Уст-ть

ИСПЫТАНИЯ ВЯЖУЩЕГО (ВНУТРЕННИЙ ТЕСТ)

- Кольцо для КиШ погружают в 300 мл топлива
- Измеряют потерю массы во времени



РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ВЯЖУЩЕГО (БИТУМ 35/50 И INTAKT)



Хорошая корреляция с параметром А

ПАРКОВКА ДЛЯ ГРУЗОВИКОВ, ШОССЕ А9, ФРАНЦИЯ





Шоссе А2, Германия



Аэропорт
Арланда, Швеция



Трасса
Ломмель, Бельгия

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ

Olivier.moglia@total.com



Национальное шоссе
Джайпур, Индия



Туннель
Мразовка, Чехия



Монако