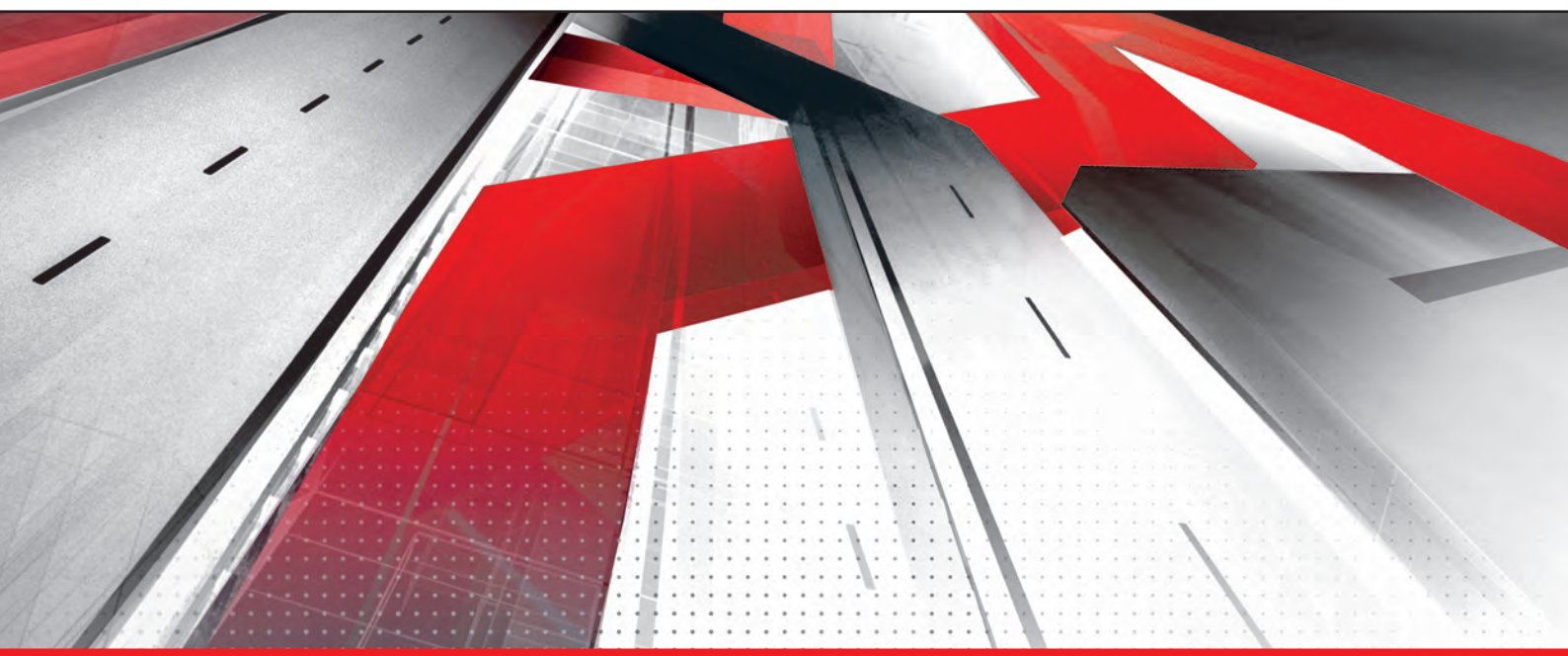


# 2017

## БИТУМНЫЙ СПРАВОЧНИК

Кшиштоф Блажеевский  
Марта Вуйчик-Вишневская



  
**ORLEN** Asphalt

**Битумный справочник 2017**  
**ORLEN Asphalt Sp. z o.o., Польша**

**Авторы:**

доктор инженер Кшиштоф Блажеевский (Ph.D. Civ.Eng.)  
Магистр инженер Марта Вуйчик-Вишневская (M.Sc. Chem.Eng.)

В Битумном справочнике 2017 использованы фрагменты текстов из более ранних публикаций: «Битумный справочник 2014» и «ORBITON HiMA. Справочник по применению 2015», подготовленных авторами:

доктор инженер Кшиштоф Блажеевский (Ph.D. Civ.Eng.)  
доктор инженер Яцек Ольшацкий (Ph.D. Civ.Eng.)  
Магистр инженер Хуберт Печаковский (M.Sc. Chem.Eng.)

**Copyright by ORLEN Asphalt sp. z o.o. Płock 2017**

ORLEN Asphalt Sp. z o.o.  
ul. Łukasiewicza 39, 09-400 Płock, Polska  
тел. +48 24 25 69874  
факс +48 24 365 55 96

Авторы справочника, а также компания ООО «ORLEN Asphalt», приложили все возможные усилия для того, чтобы предоставленная информация была точной и достоверной. Тем не менее, они не несут никакой ответственности за последствия использования содержащейся в настоящей публикации информации, в частности, за возможный ущерб в любом виде или любой форме. Ответственность за использование находящихся в данном материале данных несет исключительно читатель.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>О КОМПАНИИ «ORLEN ASFALT».....</b>	<b>6</b>
Наша продукция .....	6
<b>1. ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА БИТУМА.....</b>	<b>8</b>
1.1. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИТУМОВ В КОМПАНИИ «ORLEN ASFALT».....	8
1.1.1. Установка непрерывного окисления вакуумного остатка по технологии BITUROX® .....	9
1.1.2. Установка периодического окисления вакуумных остатков – оксидаторы .....	10
1.1.3. Установка модификации битума полимерами .....	11
<b>2. ДОРОЖНЫЙ БИТУМ, СТАНДАРТ EN 12591 .....</b>	<b>12</b>
2.1. ОПИСАНИЕ СТАНДАРТА EN 12591 .....	12
2.1.1. Введение.....	12
2.1.2. Систематика обозначения дорожных битумов .....	12
2.1.3. Национальные аппликационные документы .....	13
2.1.4. Оценка соответствия.....	14
2.2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ДОРОЖНОГО БИТУМА.....	15
2.2.1. Характеристика .....	15
2.2.2. Предназначение.....	16
2.2.3. Характеристики.....	17
<b>3. ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИТУМ ORBITON СОГЛАСНО EN 14023.....</b>	<b>32</b>
3.1. ОПИСАНИЕ СТАНДАРТА EN 14023 .....	32
3.1.1. Введение.....	32
3.1.2. Систематика маркировки битумных вяжущих .....	32
3.1.3. Национальные аппликационные документы .....	33
3.1.4. Оценка соответствия.....	36
3.2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРАМИ БИТУМОВ .....	38
3.2.1. Характеристика .....	38
3.2.2. Предназначение.....	39
3.2.3. Характеристики.....	40
<b>4. ВЫСОКОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ ПОЛИМЕРАМИ БИТУМ ORBITON HiMA, СТАНДАРТ PN-EN 14023.....</b>	<b>55</b>
4.1. ВВЕДЕНИЕ.....	55
4.1.1. Общее описание высокомодифицированных полимерами битумов.....	55
4.1.2. Принцип действия высокомодифицированного битума HiMA.....	56
4.1.3. Правила классификации высокомодифицированных полимерами битумов.....	57
4.1.4. Национальный аппликационный документ – требования к высокомодифицированным полимерами битумам .....	58
4.1.5. Применение высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA.....	59

4.2.	ХАРАКТЕРИСТИКИ .....	60
4.2.1.	Характеристики в соответствии с PN-EN 14023:2011 .....	60
4.2.2.	Характеристики согласно <i>Superpave</i> .....	62
4.2.3.	Зависимость вязкости от температуры .....	69
4.2.4.	Технологические температуры .....	70
4.2.5.	Хранение .....	71
4.2.6.	Образцы битума в лаборатории.....	72
4.2.7.	Производство асфальтобетонной смеси .....	73
4.2.8.	Транспортировка асфальтобетонной смеси.....	73
4.2.9.	Укладка.....	74
4.2.10.	Приемочные испытания .....	74
<b>5.</b>	<b>ВЛИЯНИЕ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ .....</b>	<b>75</b>
5.1.	ВВЕДЕНИЕ.....	75
5.2.	ЯВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ В АСФАЛЬТОВОМ ПОКРЫТИИ.....	75
5.3.	ИСПЫТАНИЯ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ .....	76
5.4.	РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ.....	77
<b>6.</b>	<b>ВЛИЯНИЕ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ К РАСТРЕСКИВАНИЮ.....</b>	<b>80</b>
6.1.	ВВЕДЕНИЕ.....	80
6.2.	ЯВЛЕНИЕ РАСТРЕСКИВАНИЯ АСФАЛЬТОВОГО ПОКРЫТИЯ .....	80
6.3.	ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОМ SCB.....	81
6.4.	РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ.....	83
<b>7.</b>	<b>MSCR – ИСПЫТАНИЕ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МНОГОЧИСЛЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ (MULTIPLE STRESS CREEP RECOVERY TEST).....</b>	<b>85</b>
7.1.	ВВЕДЕНИЕ.....	85
7.2.	ИСПЫТАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК БИТУМОВ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ.....	86
7.3.	ИСПЫТАНИЕ MSCR В США.....	86
7.4.	ИСПЫТАНИЕ MSCR В ЕВРОПЕ .....	87
7.5.	ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ MSCR .....	88
7.6.	РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ.....	90
7.6.1.	Испытания при температуре согласно <i>Superpave</i> .....	90
7.6.2.	Исследования при температуре согласно EN 16659 .....	92
7.7.	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	94
<b>8.</b>	<b>ФИЗИЧЕСКОЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЕ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ.....</b>	<b>95</b>
8.1.	ВВЕДЕНИЕ.....	95
8.2.	ОПИСАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ БИТУМОВ .....	95
8.3.	МЕТОД ИСПЫТАНИЙ НА ФИЗИЧЕСКОЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЕ.....	96
8.4.	ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ.....	97
8.5.	ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	100
<b>9.</b>	<b>УСТОЙЧИВОСТЬ ВЯЖУЩЕГО В ЛИТОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ (МА – MASTIC ASPHALT) К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ СТАРЕНИЮ.....</b>	<b>101</b>
9.1.	ВВЕДЕНИЕ.....	101
9.2.	ЦЕЛЬ И ОБЪЕМ ИСПЫТАНИЙ.....	102

9.3. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ .....	103
9.3.1. Изменение пенетрации при 25°C .....	103
9.3.2. Изменение температуры размягчения РiК.....	104
9.3.3. Испытание на температуру хрупкости методом Фрааса .....	106
9.3.4. Изменение динамической вязкости при температуре 60°C.....	108
9.3.5. Старение модифицированных полимерами битумов.....	109
9.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	110
<b>10. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИТУМОВ .....</b>	<b>111</b>
10.1. ЛАБОРАТОРНЫЕ УКАЗАНИЯ.....	111
10.1.1. Определение технологических температур .....	111
10.1.2. Образцы битума в лаборатории .....	112
10.1.3. Сцепление битума с минеральными заполнителями.....	113
10.2. ХРАНЕНИЕ БИТУМА.....	114
10.3. ПРОИЗВОДСТВО АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ .....	116
10.4. ТРАНСПОРТИРОВКА АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ .....	116
10.5. УКЛАДКА .....	117
10.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ.....	118
<b>11. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С БИТУМАМИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ.....</b>	<b>119</b>
11.1. ВВЕДЕНИЕ.....	119
11.2. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ.....	119
11.2.1. Транспортировка битума.....	119
11.2.2. Ожоги битумами (попадание на кожу, в глаза).....	120
11.2.3. Пожар (профилактические меры) .....	120
11.2.4. Тушение пожара битума.....	121
11.2.5. Вспенивание при контакте с водой .....	121
11.2.6. Пары битума (битумный туман, битумные газы).....	121
11.2.7. Сероводород .....	122
11.2.8. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ).....	122
11.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	123
<b>12. БИТУМНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ORLEN» .....</b>	<b>124</b>
12.1. ВВЕДЕНИЕ .....	124
12.2. «ЛАБОРАТОРИЯ ОРЛЕН».....	124
12.2.1. Общие сведения .....	124
12.2.2. Центральная лаборатория компании «Лаборатория ОРЛЕН» .....	125
12.2.3. Лаборатория нефтепереработки .....	126
12.3. UNIPETROL CENTRE OF RESEARCH AND EDUCATION – UNICRE, (ПО-ЧЕШСКИ: UNIPETROL VÝZKUMNĚ VZDĚLÁVACÍ CENTRUM, A.S.).....	128
12.3.1. Общие сведения .....	128
12.3.2. Испытательно-аналитическая лаборатория битумных вяжущих .....	129
<b>БИБЛИОГРАФИЯ.....</b>	<b>132</b>
<b>АВТОРЫ БИТУМНОГО СПРАВОЧНИКА .....</b>	<b>134</b>

## О КОМПАНИИ «ORLEN ASFALT»

Компания «ORLEN Asphalt» была учреждена в 2003 году, в результате ее выделения из структур польского гиганта на рынке жидкого топлива – Польского нефтяного концерна «ORLEN», и быстро стала одним из крупнейших производителей и продавцов битума в Польше. С этого времени компания поставляет свою продукцию для реализации крупнейших дорожных проектов, укрепляя свою репутацию поставщика битумов самого высокого качества и надежного бизнес-партнера. Целью компании «ORLEN Asphalt» является увеличение продаж на европейских рынках, построение имиджа крупного европейского поставщика и сохранение позиции лидера на рынке Польши.

Одним из важнейших экспортных рынков является Румыния, где компания уже обеспечила себе статус крупнейшего поставщика. Растущий спрос на битум в этом регионе был одной из основных причин открытия подразделения компании «ORLEN Asphalt» в Бухаресте, а также ввода в эксплуатацию железнодорожного терминала, с целью повышения эффективности перегрузки битума и ускорения поставок в сообщении между Польшей и Румынией. Терминал был оборудован тремя резервуарами общим объемом 5000, предназначенными для хранения битумов 50/70 и 70/100.

С 2012 года компания «ORLEN Asphalt» является владельцем компании ORLEN Asphalt Česká republika s.r.o, учрежденной после приобретения 100% акций компании Paramo Asphalt, занимавшейся продажей битума, производившегося на чешских нефтеперерабатывающих заводах в Пардубицах и Литвинове.

Будучи компанией с открытой политикой, все наши действия мы проводим с соблюдением правил корпоративного управления Группы компаний Польского нефтяного концерна «ORLEN», заботясь о развитии наших сотрудников и окружающей среде. С 2005 года компания работает в соответствии с Интегрированной системой менеджмента на основе стандартов ISO9001, ISO14001, OHSAS18001. За обеспечением высочайшего качества предлагаемой продукции следит Отдел исследований и развития, сотрудники которого уже во второй раз составили для Вас Битумный справочник – полезный источник знаний о битумных вяжущих и их эффективном практическом использовании. Высокое качество продукции, предлагаемой компанией «ORLEN Asphalt», подтверждено многочисленными наградами и отличиями, присвоенными престижными учреждениями и отраслевыми СМИ. В самом начале списка находится присужденное в 2004 году отличие за полимер-модифицированный битум ORBITON в конкурсе на ЕВРОПРОДУКТ, организованном под патронажем польского министра экономики и Польского агентства развития предпринимательства. Полимер-модифицированные битумы ORBITON удостоены также золотой медали на XI Международной ярмарке дорожного строительства Автобан-Польша и статуэтки «Высокий уровень» в категории «Проверенный продукт», присужденной журналом «Автомобильные дороги» (Autostrady) и Ассоциацией инженеров и техников транспорта РП за особые достижения и продукцию. В 2011 году компания «ORLEN Asphalt» была награждена Золотой эмблемой Q1 за высочайшее качество предлагаемой продукции в рамках программы, реализуемой под эгидой польского Министерства регионального развития, Польского агентства развития предпринимательства и клуба «Польский форум ISO 9000». Компании дважды был присужден титул «Строительная компания года», высокую оценку получила также технология производства универсального битума BITREX, награжденная золотой медалью на Международной выставке изобретений IWIS 2007. В 2014 году высокомодифицированный полимерами битум ORBITON HiMA был награжден золотой медалью на XX Международной выставке дорожного строительства «Автострада-Польша», и получили премию «Лидер инноваций 2015 года» на конкурсе Бриллианты польской инфраструктуры, организованной клубом Executive Club.

### Наша продукция

В настоящее время предложение компании включает в себя дорожный асфальт, полимер-модифицированный битум ORBITON, универсальный битум BITREX и окисленный битум. В результате проведенной консолидации битумного сегмента наше предложение было дополнено битумами из Чехии (производственные предприятия Пардубице и Литвинов) и Литвы (производственное предприятие Мажейкяй).

На карте отмечены места производства битумов в Группе компаний «ORLEN Asphalt».



### Битумная продукция по месту изготовления:

Плоцк	Тшебиня	Литвинов	Пардубице	Мажейкяй
<b>Дорожные битумы</b> 20/30 35/50 50/70 70/100 100/150 160/220	<b>Дорожные битумы</b> 20/30 35/50 50/70 70/100 100/150 160/220	<b>Дорожные битумы</b> 50/70 70/100 160/220	<b>Дорожные битумы</b> 20/30 30/45 35/50 50/70 70/100 160/220	<b>Дорожные битумы</b> 20/30 35/50 50/70 70/100 100/150 160/220
<b>Модифицированные битумы</b> ORBITON 10/40-65 ORBITON 25/55-55 EXP ORBITON 25/55-60 ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60	<b>Модифицированные битумы</b> ORBITON 10/40-65 ORBITON 25/55-60 ORBITON 25/55-60 EXP ORBITON 25/55-65 EXP ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60		<b>Универсальные битумы</b> VMT 25 VMT 45 VMT 65	Special Bitumen BNK 40/180
<b>Высокомодифицированные битумы</b> ORBITON 25/55-80 HiMA ORBITON 45/80-80 HiMA ORBITON 65/105-80 HiMA	<b>Высокомодифицированные битумы</b> ORBITON 25/55-60 HiMA ORBITON 45/80-80 HiMA ORBITON 65/105-80 HiMA		<b>Твердые дорожные битумы</b> AP 15 (10/20) AP 25 (20/30)	
	<b>Окисленные битумы</b> 80/15 95/35		<b>Окисленные битумы</b> 85/15 85/25 85/40 95/35 105/15	

## Глава 1

### ПРОЦЕСС ПРОИЗВОДСТВА БИТУМА

Компания «ORLEN Asphalt» является производителем ряда битумных вяжущих веществ. На двух производственных установках на Нефтеперерабатывающем заводе в Плоцке («PKN ORLEN S.A.») и в Тшебине («ORLEN Południe S.A.») производятся следующие виды битума: дорожный битум, модифицированный битум ORBITON, высокомодифицированный битум ORBITON HiMA и окисленный (промышленный) битум.

В соответствии с Распоряжением Европейского Парламента и Совета ЕС №305/2011, определяющим условия допуска строительной продукции на рынок, в компании «ORLEN Asphalt» была внедрена система Внутреннего производственного контроля (ВПК), а производственные предприятия в Плоцке («PKN ORLEN») и в Тшебине имеют соответствующие сертификаты ВПК (Таблица 1.1.).

Таблица 1.1. Перечень сертификатов ВПК для производственных предприятий в Плоцке и Тшебине

	Номер сертификата ВПК для Предприятия в Плоцке («PKN ORLEN S.A.»)	Номер сертификата ВПК для Предприятия в Тшебине
Дорожный битум	1434-CPR-0183	1434-CPR-0185
Битумы, модифицированные полимерами ORBITON	1434-CPR-0184	1434-CPR-0186
Высокомодифицированные полимерами битумы ORBITON HiMA	1434-CPR-0184	1434-CPR-0186

#### 1.1. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА БИТУМОВ В КОМПАНИИ «ORLEN ASFALT»

Вяжущие вещества в компании «ORLEN Asphalt» производятся из конвенционального сырья, то есть из вакуумного остатка, полученного вследствие переработки нефти. Ниже представлена общая схема процесса получения битума.

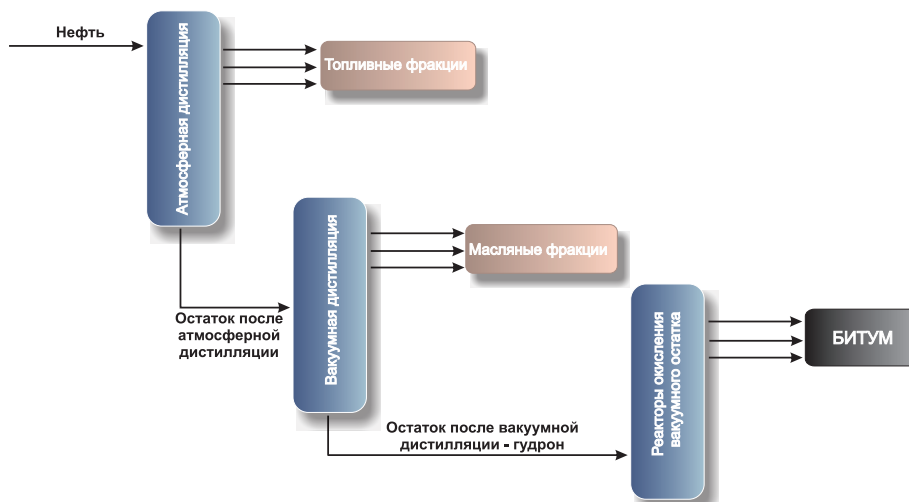


Рис. 1.1. Схема производства битума



Двухуровневая дистилляция нефти – это первый этап процесса производства битума. Дистилляция сначала проводится при атмосферном давлении, для выделения более легких компонентов нефти. Полученный остаток затем подается в вакуумную колонну, где проходит разделение на фракции при пониженном давлении. Из вакуумной колонны отбираются масляные фракции и вакуумный остаток, то есть гудрон, который затем проходит целевую реакцию окисления. Условия процесса, как, например, давление и температура, зависят от типа обрабатываемого сырья и требуемых характеристик конечного продукта. Окисление битума – это очень сложный химический и физический процесс. Химический характер процесса обусловлен интенсивными процессами полимеризации и конденсации, которые вызывают рост частиц. Одновременно происходят также химические реакции, состоящие в образовании кислородных соединений, а сопутствующая им дегидратирующая конденсация углеводородов ведет к образованию связей С-С (уголь-уголь). Следствием такого процесса является образование смол и асфальтенов, за счет нафтено-ароматических углеводородов. Механизм данной реакции в значительной мере зависит от температуры протекания процесса. О физическом характере свидетельствует стриппинг более легких углеводородов из жидкой фазы в газовую фазу в процессе дистилляции с водяным паром. Это экзотермический процесс, то есть реакции проходят с выделением тепла.

Процесс окисления может проводиться непрерывно или периодически. Полученные таким образом битумы относятся к группе битумных вяжущих типа <sup>1</sup> semi-blown или *air-rectified*.

### 1.1.1. Установка непрерывного окисления вакуумного остатка по технологии BITUROX®

Процесс заключается в постоянном, непрерывном снабжении реакторов сырьем и постоянном приеме продукции в резервуары для хранения. Технология производства проводится по лицензии австрийской компании Pörner. Процесс состоит в непрерывной, постоянной подаче в реакторы сырья, с постоянным отбором продукции, которая затем прокачивается в резервуары для хранения. Процесс характеризуется оптимальным использованием кислорода для окисления и очень хорошей гидродинамикой реакции. Кроме того, непрерывность процесса обеспечивается гомогенностью, то есть однородностью полученного конечного продукта.

Центральным элементом установки являются реакторы BITUROX®. Реактор представляет собой вертикальный цилиндрический напорный резервуар, оснащенный центральным цилиндром и мешалкой с тремя турбинами на общем валу, размещенной внутри цилиндра (рис. 1.2).

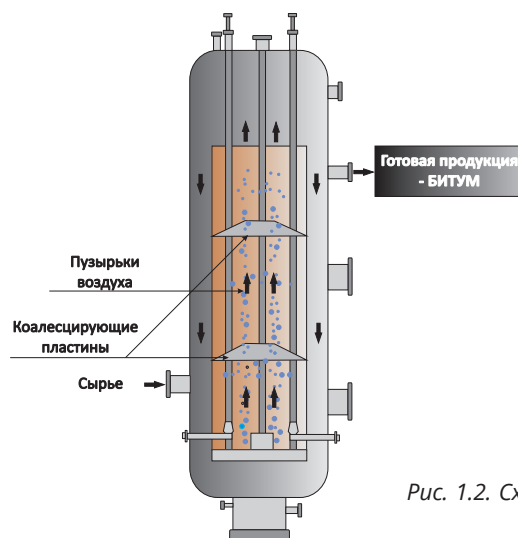


Рис. 1.2. Схема реактора типа BITUROX®

1) Соответственно номенклатуре, принятой Eurobitume, дорожные битумные вяжущие вещества производятся в компании «ORLEN Asphalt» методом **semi-blown** либо **air-rectification** и отличаются индексом пенетрации, меньшим или равным 2,0, а промышленный битум производится методом окисления (**oxidizing**), при этом его индекс пенетрации составляет более 2,0 [источник: Physical differentiation between air-rectified and oxidised bitumens. Technical Committee Task Force. Eurobitume, 15.04.2011].

Воздух в виде больших пузырей перемещается вверх внутри цилиндра, собирается на двух уровнях посредством коалесцирующих вкладышей и разбивается турбинами мешалки на более мелкие пузырьки. Благодаря этому происходит обновление поверхности реакции (гудрон-воздух), процесс происходит интенсивно во всем объеме, при меньшем расходе воздуха и с более коротким временем нахождения сырья в реакторе. Поток воздуха подбирается таким образом, чтобы количество кислорода в отходящих газах составляло от 2 до 5% (v/v)<sup>2</sup>. Движение воздуха и работа мешалки обеспечивают циркуляцию жидкости в реакторе (вверх во внутреннем цилиндре и вниз во внешнем пространстве цилиндра). Тепло реакции окисления переходит из реактора путем выпаривания технологической воды, впрыскиваемой непосредственно в глубинные трубы технологического воздуха. Температура процесса точно регулируется количеством технологической воды. Образующийся водяной пар помогает удалить из битумной массы нежелательные побочные продукты: газы и легкий окисленный дистиллят, а также повышает безопасность производства. Битум выводится из внешнего пространства цилиндра реактора, с уровня выше входа сырья, и охлаждается в охладителях. Далее он направляется в резервуары хранения битума, где выравнивается (перемешивается) и проходит качественную оценку. Дистрибуция в автомобильные и железнодорожные цистерны происходит на герметизированных наливочных станциях. Управление технологическим процессом осуществляется с помощью распределенной системы РСУ.



Рис. 1.3. Установка непрерывного окисления – реакторы BITUROX® (фото „ORLEN Asphalt“)

### 1.1.2. Установка периодического окисления вакуумных остатков – оксидаторы

Установка периодического окисления в компании «ORLEN Asphalt» используется, в основном, для производства промышленного битума (типа *oxidised bitumens*) и специального битума, но может быть также использована для производства остальных видов немодифицированного битума.

В отличие от окисления в реакторе BITUROX®, производство в оксидаторах осуществляется в системе пакетной обработки (*англ. batch process*), которая состоит в заполнении оксидатора сырьем, окислении содержания и экструзии продукции. Оксидатор является менее технологически сложным оборудованием, чем реактор BITUROX®.

#### Модификация битума

Целью модификации битума является расширение диапазона температур (так называемого Диапазона пластичности), в котором данное вяжущее вещество будет проявлять вязкоупругие свойства. Основным

2) (v/v) означает объемные пропорции, в то время как (m/m) означает массовые пропорции

сырьем для производства модифицированного битума в «ORLEN Asphalt» является специально подготовленный битум, так называемый базовый битум, отличающийся характерными свойствами и пригодный для применения с используемыми полимерами. Модификатор, добавляемый в процессе производства битума, это, как правило, стирол-бутадиен-стирол, сокращенно СБС, поэтому эти вяжущие вещества называются также *эластомерным битумом*.

### 1.1.3. Установка модификации битума полимерами

«ORLEN Asphalt» использует для производства битума физический метод, основанный на взаимном механическом смешивании битума с полимером с возможным использованием связующих агентов (англ. *crosslinkers*).

Полимер SBS вводится в горячий базовый битум, затем вся смесь направляется на мельницу с высокой мощностью измельчения, где смесь перемалывается и окончательно перемешивается, а также гомогенизируется. Готовый продукт проходит контроль качества в аккредитованных лабораториях Группы компаний «ORLEN».

Технология производства полимер-битумов спроектирована таким образом, чтобы смесь битума и полимера была устойчивой и не разделялась во время хранения и транспортировки.

«ORLEN Asphalt» поставляет продукцию с двух польских установок для производства полимер-модифицированного битума – в Плоцке и Тшебине. На рис. 1.4. представлена схема установки для модификации битума в Плоцке.

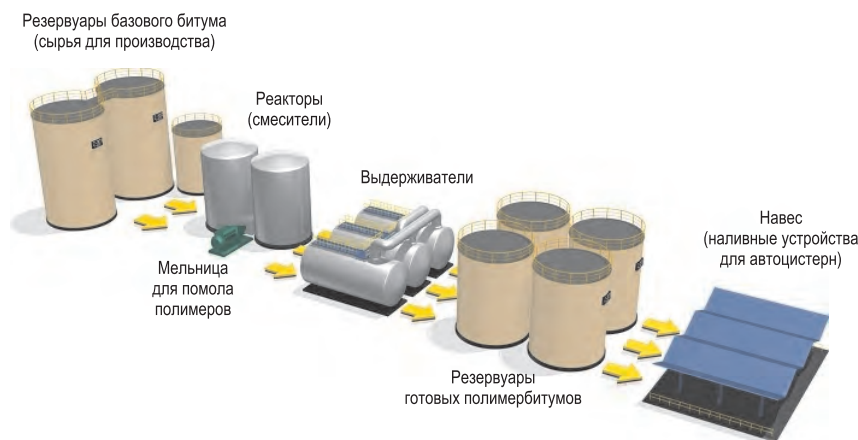


Рис. 1.4. Схема установки для модификации битумов в Плоцке

Обе установки, в Плоцке и Тшебине, управляются автоматически, с использованием компьютерной системы PCY (DCS), что позволяет полностью контролировать процесс производства, а также считывать данные истории технологического процесса.

Благодаря применению в процессе производства битума модификатора достигаются значительные преимущества в свойствах вяжущего как при высоких, так и при низких температурах. Благодаря своим характеристикам, полимер-модифицированный битум используется для укладки дорожных покрытий на дорогах с интенсивным и очень интенсивным автомобильным движением.

Подробная информация относительно отдельных видов полимер-модифицированного битума содержится в главах: о модифицированном битуме ORBITON (глава 3), о высокомодифицированном битуме ORBITON HiMA (глава 4).

## Глава 2

## ДОРОЖНЫЙ БИТУМ, СТАНДАРТ EN 12591

## 2.1. ОПИСАНИЕ СТАНДАРТА EN 12591

## 2.1.1. Введение

С 2010 года компания «ORLEN Asfalt» производит дорожный битум в соответствии с требованиями европейского стандарта EN 12591, который входит в состав пакета норм, установленных для битумных вяжущих.



Рис. 2.1. Присвоение европейских стандартов различным типам вяжущих. Описанный стандарт выделен цветом.

Стандарт EN 12591:2009 разработан на основе мандата, т. е. поручения Европейской комиссии для Европейского комитета по стандартизации (CEN – *European Committee for Standardization*). Первоначально этот стандарт поддерживал основные требования директивы ЕС Строительные материалы 89/106/ЕЭС (*EU Construction Products Directive CPD, 89/106/EEC*). С 01.07.2013 г. строительные материалы, в том числе и битумные вяжущие, регулируются Распоряжением Европейского Парламента и Совета ЕС №305/2011 (CPR), определяющим гармонизированные условия их допуска на рынок.

**Стандарт EN 12591:2009, «Битум и битумные вяжущие. Требования к дорожным битумам»** является стандартом, подлежащим частичной классификации, т. е. большая часть требований к дорожным битумам является неизменной, а в отношении нескольких других требований странам-членам ЕКС оставлена свобода выбора. Стандарт представляет правила определения характеристик и соответствующих методов испытания битумных вяжущих, предназначенных для строительства и содержания дорог, аэропортов и других поверхностей, по которым осуществляется дорожное движение. Также стандарт содержит исчерпывающие требования относительно оценки соответствия.

Предполагается, что в ближайшее время будет проведено обновление стандарта EN 12591:2009. Действующая версия стандарта EN 12591 (от 2009 г.) ссылается, например, на еще более старые требования, предусмотренные директивой CPD, в то время как новая версия стандарта должна заменить их требованиями, предусмотренными Распоряжением CPR.

## 2.1.2. Систематика обозначения дорожных битумов

Дорожные битумы, производимые на основании требований стандарта EN 12591, обозначаются по системе, описанной в таблице 2.1.

Таблица 2.1. Систематика маркировки дорожных битумов, которые производятся в соответствии с европейским стандартом EN 12591

Битумное вяжущее	Дорожный битум
Ссылочный документ	EN 12591:2009
Обозначение битумного вяжущего вещества согласно стандарту	XX/YY
Сорт битумного вяжущего, производимого компанией «ORLEN Asphalt»	20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 100/150, 160/220
Пояснения к обозначениям: XX – нижний предел пенетрации при 25°C для данного вида битума [0,1 мм] YY – верхний предел пенетрации при 25°C для данного вида битума [0,1 мм]	

### 2.1.3. Национальные аппликационные документы

Европейские стандарты, устанавливающие требования для битумных вяжущих веществ, предполагают, что каждая страна-член ЕКС выберет характеристики и присвоенные им уровни требований в виде так называемых Аппликационных документов к обсуждаемым стандартам.

Страны-члены разрабатывают такие документы в форме «Национальных приложений» к стандартам или в виде информации с указанными требованиями, включаемой в отдельные документы, касающиеся материалов и технологий изготовления асфальтобетонных покрытий. Такая процедура позволяет каждой стране определить свои собственные требования, которыми должны отличаться битумные вяжущие, используемые на ее территории. Это обусловлено разными климатическими условиями в разных частях Европы, а также многими другими технологическими факторами.

В таблице 2.2 представлены общие требования к дорожным битумам, в соответствии с информацией, содержащейся в стандарте EN 12591.

Таблица 2.2. Требования ко всем видам дорожных битумов с пенетрацией от 20 до 220×0,1 мм, по стандарту EN 12591:2009 (Таблица 1А и 1В)

	Показатель	Метод испытания	Единица	Вид дорожного битума								
				20/30	30/45	35/50	40/60	50/70	70/100	100/150	160/220	
Характеристики, применимые ко всем указанным в таблице дорожным битумам	Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	20-30	30-45	35-50	40-60	50-70	70-100	100-150	160-220	
	Температура размягчения	EN 1427	°C	55-63	52-60	50-58	48-56	46-54	43-51	39-47	35-43	
	Устойчивость к старению при 163°C	EN 12607-1										
	Оставшаяся пенетрация			%	≥ 55	≥ 53	≥ 53	≥ 50	≥ 50	≥ 46	≥ 43	≥ 37
	Увеличение температуры размягчения			°C	≤ 8 или ≤ 10	≤ 8 или ≤ 11	≤ 8 или ≤ 11	≤ 9 или ≤ 11	≤ 9 или ≤ 11	≤ 9 или ≤ 11	≤ 10 или ≤ 12	≤ 11 или ≤ 12
	Изменение массы* (абсолютное значение)		%	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0	
	Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 240	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 220	
Растворимость	EN 12592	%	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0		
Характеристики, учитывающие особые национальные требования	Индекс пенетрации	EN 12591 Приложение А	–	-1,5 ÷ +0,7 или NR	-1,5 ÷ +0,7 или NR	-1,5 ÷ +0,7 или NR	-1,5 ÷ +0,7 или NR	-1,5 ÷ +0,7 или NR	-1,5 ÷ +0,7 или NR	-1,5 ÷ +0,7 или NR	-1,5 ÷ +0,7 или NR	
	Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па · с	≥ 440 или NR	≥ 260 или NR	≥ 225 или NR	≥ 175 или NR	≥ 145 или NR	≥ 90 или NR	≥ 55 или NR	≥ 30 или NR	
	Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	NR	≤ -5 или NR	≤ -5 или NR	≤ -7 или NR	≤ -8 или NR	≤ -10 или NR	≤ -12 или NR	≤ -15 или NR	
	Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм <sup>2</sup> /с	≥ 530 или NR	≥ 400 или NR	≥ 370 или NR	≥ 325 или NR	≥ 295 или NR	≥ 230 или NR	≥ 175 или NR	≥ 135 или NR	
* Изменение массы может принимать отрицательное или положительное значение NR – (No Requirement) – означает отсутствие требований по данной характеристике												

В таблице 2.3 представлены требования к дорожным битумам, предназначенным для применения в дорожном строительстве **в Польше**, с учетом национальных условий (в стандарт PN-EN 12591:2010 включено Национальное приложение NA, состоящее из Таблицы NA 1 А и Таблицы NA 1 В).

Таблица 2.3. Требования к видам дорожных битумов, применяемых в Польше, согласно Национальному приложению NA к стандарту PN-EN 12591:2010.

Показатель	Метод испытания	Единица	Вид дорожного битума					
			20/30	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Пенетрация при at 25°C	EN 1426	0,1 мм	20-30	35-50	50-70	70-100	100-150	160-220
Температура размягчения	EN 1427	°C	55-63	50-58	46-54	43-51	39-47	35-43
Устойчивость к старению при 163°C	EN 12607-1 (метод RTFOT)							
Оставшаяся пенетрация		%	≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 43	≥ 37
Увеличение температуры размягчения		°C	≤ 8	≤ 8	≤ 9	≤ 9	≤ 10	≤ 11
Изменение массы* (абсолютное значение)		%	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 220
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0
Индекс пенетрации	EN 12591 Приложение А	–	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па · с	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	NR	≤ -5	≤ -8	≤ -10	≤ -12	≤ -15
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм <sup>2</sup> /с	NR	NR	NR	NR	NR	NR
* изменение массы может принимать отрицательное или положительное значение NR – (No Requirement) – означает отсутствие требований по данной характеристике								

### 2.1.4. Оценка соответствия

Стандарты EN 12591:2009 и EN 12591:2010 требуют, чтобы производитель внедрил, задокументировал и поддерживал систему Внутреннего производственного контроля (ВПК).

Соответствие характеристик дорожных битумов требованиям стандарта и указанным в нем значениям должно подтверждаться:

- проведением предварительных типовых испытаний по каждому виду битума,
- внедрением и применением Внутреннего производственного контроля (ВПК) (*англ. Factory Production Control – FPC*).

Для дорожных битумов, предназначенных для строительства дорог и твердых поверхностей, установлена система оценки соответствия «2+», в которой от производителя требуется наличие Внутреннего производственного контроля, подтвержденного Сертификатом ВПК. Сертификат должен быть выдан нотифицированной организацией.

Система ВПК состоит из процедур, регулярных проверок, испытаний и/или оценок, а результаты должны использоваться для оценки качества готового изделия. Кроме того, производитель должен иметь план испытания образцов и проводить типовые испытания для каждого изделия. Номера Сертификатов ВПК для производственных подразделений компании «ORLEN Asphalt» в Тшебине и «ПКН ОРЛЕН» в Плоцке указаны в главе 1.

Приложение ZA к стандарту EN 12591 содержит также процедуру оценки соответствия дорожных битумов, систему распределения задач по оценке соответствия между производителем и нотифицированной организацией, раздел с информацией о сертификатах и декларациях соответствия, а также о маркировке CE и правилах нанесения этикеток.

На рисунке 2.2. представлен пример информации, предоставляемой вместе с маркировкой CE для дорожного битума 50/70, произведенного компанией «ORLEN Asphalt» в 2015 году.


 1434		<i>Маркировка CE, состоящая из символа „CE“, указанного в Директиве 93/68/ЕЭС</i>																										
<b>ORLEN Asphalt sp. z o.o.</b> <b>09-400 Płock, ul. Łukasiewicza 39</b> <b>Poland</b>		<i>Идентификационный номер нотифицированной организации</i>																										
13		<i>Наименование или идентификационный знак и юридический адрес производителя</i>																										
<b>18/CPR/2015</b>		<i>Две последние цифры года, в котором была нанесена маркировка</i>																										
<b>PN-EN 12591:2010 (EN 12591:2009)</b>		<i>Номер декларации рабочих свойств</i>																										
<table border="1"> <tr> <td style="text-align: center;"><b>Дорожный битум:</b></td> <td style="text-align: center;"><b>50/70</b></td> </tr> <tr> <td>Пенетрация при 25°C</td> <td>50-70 x 0,1 мм</td> </tr> <tr> <td>Температура размягчения</td> <td>46 – 54°C</td> </tr> <tr> <td colspan="2">Устойчивость к старению при 163°C (EN 12607-1)</td> </tr> <tr> <td>Оставшаяся пенетрация при 25°C после старения</td> <td>≥ 50%</td> </tr> <tr> <td>Повышение температуры размягчения после старения</td> <td>≤ 9°C</td> </tr> <tr> <td>Изменение массы после старения</td> <td>≤ 0,5% м/м</td> </tr> <tr> <td>Температура вспышки</td> <td>≥ 230°C</td> </tr> <tr> <td>Содержание растворимых компонентов</td> <td>≥ 99,0% м/м</td> </tr> <tr> <td>Динамическая вязкость при 60°C</td> <td>≥ 145 Па·с</td> </tr> <tr> <td>Температура хрупкости</td> <td>≤ -8°C</td> </tr> <tr> <td>Индекс пенетрации</td> <td>NR</td> </tr> <tr> <td>Кинематическая вязкость при 135°C</td> <td>NR</td> </tr> </table>		<b>Дорожный битум:</b>	<b>50/70</b>	Пенетрация при 25°C	50-70 x 0,1 мм	Температура размягчения	46 – 54°C	Устойчивость к старению при 163°C (EN 12607-1)		Оставшаяся пенетрация при 25°C после старения	≥ 50%	Повышение температуры размягчения после старения	≤ 9°C	Изменение массы после старения	≤ 0,5% м/м	Температура вспышки	≥ 230°C	Содержание растворимых компонентов	≥ 99,0% м/м	Динамическая вязкость при 60°C	≥ 145 Па·с	Температура хрупкости	≤ -8°C	Индекс пенетрации	NR	Кинематическая вязкость при 135°C	NR	<i>Номер европейского стандарта</i>
<b>Дорожный битум:</b>	<b>50/70</b>																											
Пенетрация при 25°C	50-70 x 0,1 мм																											
Температура размягчения	46 – 54°C																											
Устойчивость к старению при 163°C (EN 12607-1)																												
Оставшаяся пенетрация при 25°C после старения	≥ 50%																											
Повышение температуры размягчения после старения	≤ 9°C																											
Изменение массы после старения	≤ 0,5% м/м																											
Температура вспышки	≥ 230°C																											
Содержание растворимых компонентов	≥ 99,0% м/м																											
Динамическая вязкость при 60°C	≥ 145 Па·с																											
Температура хрупкости	≤ -8°C																											
Индекс пенетрации	NR																											
Кинематическая вязкость при 135°C	NR																											
		<i>Описание изделия и информация о характеристиках, подлежащих лабораторному контролю</i>																										

Рис. 2.2. Маркировка CE дорожного битума 50/70, произведенного компанией «ORLEN Asphalt» в 2015 году

## 2.2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ДОРОЖНОГО БИТУМА

### 2.2.1. Характеристика

Дорожный битум – это самое популярное дорожное вяжущее для асфальтобетонных смесей, предназначенное для укладки дорожных покрытий горячим способом.

Поставляемый компанией «ORLEN Asphalt» дорожный битум производится, преимущественно, в системе непрерывного окисления вакуумного остатка по технологии BITUROX®. На данный момент это один из самых современных методов получения вяжущих из остатка дистилляции, полученного из нефти (более подробная информация о методах производства содержится в Главе 1). Вторая производственная технология – это периодическое окисление в оксидаторах.

«ORLEN Asphalt» производит следующие сорта дорожного битума: **20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 100/150 и 160/220**. Все эти вяжущие можно отнести к группе дорожного битума с пенетрацией в диапазоне 20-220 [0,1 мм], определяемой при температуре 25°C по стандарту EN 12591.

Графическое сравнение основных характеристик битума для двух самых популярных показателей, характеризующих битумные вяжущие, – пенетрации при 25°C и температуры размягчения, приведено на рисунке 2.3.

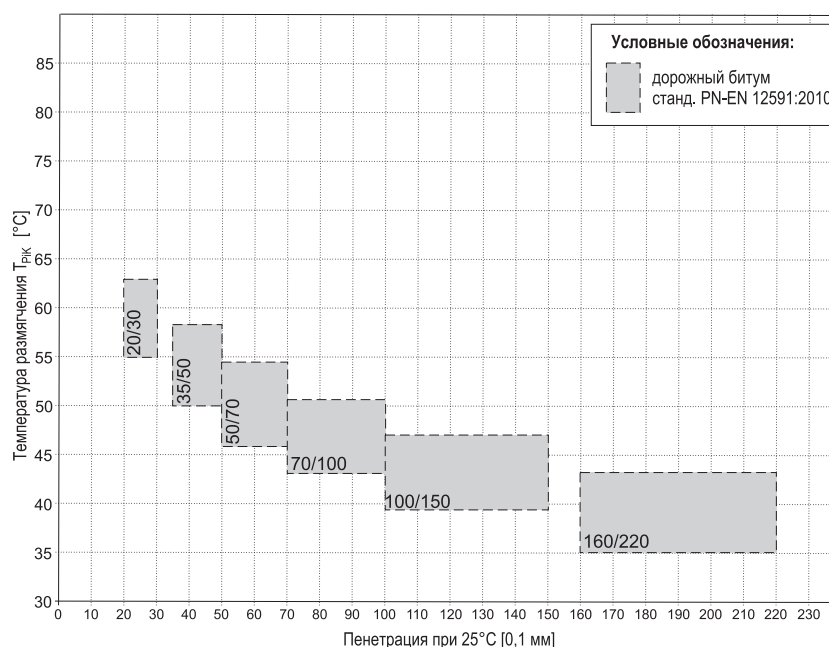


Рис. 2.3. Графическое сравнение дорожного битума согласно EN 12591:2009 в функции пенетрации при 25°C и температуры размягчения T<sub>РК</sub>

## 2.2.2. Предназначение

Ниже представлены наиболее распространенные сферы применения отдельных видов дорожного битума.

**Дорожный битум 20/30** является самым твердым дорожным битумом, производимым по стандарту EN 12591. Ввиду высокой температуры размягчения и высокой чувствительности к трещинообразованию при низких температурах, рекомендуется для использования исключительно в несущих слоях и слоях основания из асфальтобетона с высоким модулем жесткости, в регионах с благоприятным климатом и не очень холодной зимой. Не следует оставлять на зиму слой битума 20/30 без прикрытия следующим слоем.

**Дорожный битум 35/50 и 50/70** – это наиболее популярные вяжущие вещества, используемые для производства асфальтобетонных смесей.

- **Дорожный битум 35/50** может использоваться для асфальтобетона (АС) в несущих слоях и слоях основания, или на слое износа, как литой асфальт (МА), на дорогах с небольшой интенсивностью транспортного движения. Не следует использовать битум 35/50 для слоев износа с асфальтобетоном и SMA.
- **Дорожный битум 50/70** может использоваться, прежде всего, в асфальтобетонах и SMA, в слоях износа, при условии соответствия имеющимся требованиям по стойкости смеси к образованию колеи. Применение битума 50/70 в несущих слоях и слоях основания также требует проверки устойчивости смеси к образованию колеи. Не рекомендуется использовать битум 50/70 в любых слоях покрытий, предназначенных для движения на небольшой скорости (полосы для движения на невысокой скорости, зоны перекрестков и т.д.).



**Дорожный битум 70/100** в ограниченном объеме можно применять в асфальтобетонах и SMA в слоях износа, на дорогах с небольшой интенсивностью движения, при условии подтверждения соответствия смеси имеющимся требованиям по стойкости смеси к образованию колеи. Также битум можно применять для производства битумной эмульсии.

**Дорожный битум 70/100, 100/150 и 160/220** – это группа вяжущих, предназначенных для производства битумной эмульсии различного назначения.

Учитывая опасность возникновения колеи, использованию дорожных битумов всегда должны предшествовать испытания стойкости смеси к образованию колеи, по стандарту EN 12697-22 (в Польше приняты следующие условия для испытаний: методы В, малый аппарат, в воздухе, температура +60°C, 10000 циклов, и требования по параметру  $WT_{sair}$  в зависимости от интенсивности движения). Это касается, в особенности, отрезков дорог, расположенных вблизи перекрестков, полос для медленного движения, стояночных площадок и т.д.

### 2.2.3. Характеристики

В следующих частях настоящей главы представлен набор характеристик дорожного битума, согласно стандарту EN 14023, вместе с дополнительными сведениями, полученными по результатам испытаний, проводившихся американским методом *Superpave*. Глава также содержит классификацию дорожных битумов в зависимости от интенсивности движения, разработанную по результатам испытаний MSCR (детальное описание испытания MSCR содержится в главе 7).

В главе также содержатся сведения об ориентировочных технологических температурах применения битумов в асфальтобетонных смесях, и данные о вязкости и зависимости вязкости от температуры.

#### 2.2.3.1. Дорожный битум 20/30

##### Характеристики в соответствии с EN 12591:2009

Требования к дорожному битуму 20/30 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4. Характеристики дорожного битума 20/30, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 12591	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	20 – 30	27
Температура размягчения	EN 1427	°C	55 – 63	61,5
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	NR	-9
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 240	325
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0	99,92
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 0,5	-0,07
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 55	73
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 8	7,3
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм <sup>2</sup> /с	NR	1 588
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па * с	NR	2 674

## Характеристики согласно *Superpave*

Ниже представлены характеристики битума 20/30, определенные по американскому методу *Superpave*, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип** (*Performance Grade*), классификация по AASHTO MP 1: **PG 82-16**
- **Верхние критические температуры** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  кПа (свежий битум)  $T_{\text{крит.}} = 83,7^\circ\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа (битум после старения RTFOT)  $T_{\text{крит.}} = 84,7^\circ\text{C}$
  - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$  кПа (битум после старения RTFOT и PAV)  $T_{\text{крит.}} = 26,0^\circ\text{C}$
- **Нижние критические температуры** (AASHTO PP 42; EN 14771):
  - температура при  $S(60) = 300$  МПа  $T(S)_{60} = -14,7^\circ\text{C}$
  - температура при  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -8,1^\circ\text{C}$
  - жесткость при температуре  $-16^\circ\text{C}$   $S(T)_{-16} = 370,5$  МПа
- **результаты и классификация согласно методу MSCR**

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{\text{nr}}$ 0,1 кПа	0,047	0,130	0,305	0,038	0,215	1,040
<b><math>J_{\text{nr}}</math> 3,2 кПа</b>	<b>0,048</b>	<b>0,137</b>	<b>0,342</b>	0,038	0,231	1,260
$J_{\text{nr}}$ diff	3,2	5,4	12,3	1,9	7,3	20,8
R 0,1 кПа	51,4	39,9	31,1	49,5	31,1	17,2
R 3,2 кПа	49,5	36,6	23,9	48,3	26,4	6,5
R diff	3,7	8,4	23,4	2,4	15,2	62,2
<b>Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру <math>J_{\text{nr}}</math> 3,2 кПа (при температуре испытаний)</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	не классифицируется		

## Зависимость вязкости от температуры

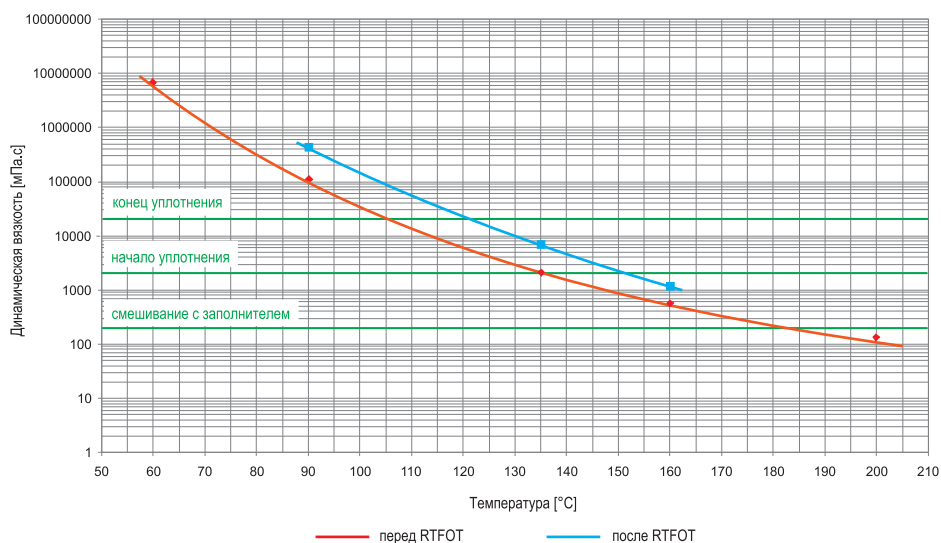


Рис. 2.4. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 20/30

Таблица 2.5. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 20/30, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумная капилляра	EN 12596	—	Па·с	60°C	2579
					90°C	94,08
	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпиндель 3 21, 29	Па·с	135°C	1,87
					160°C	0,48
					200°C	0,12
					90°C после RTFOT	414,33
					135°C после RTFOT	5,64
160°C после RTFOT	1,32					
кинематическая	Вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм <sup>2</sup> /с	135°C	1 280

## Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	155÷160°C
На асфальтобетонном заводе:	
Температура накачивания битума	>145°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	175÷185°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения смеси до 6 ч)	<220°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения смеси до 2 ч)	<230°C
<b>Внимание:</b> во время производства литого асфальтобетона МА рекомендуется применение добавок, снижающих технологическую температуру (смешивания с наполнителем и укладки), чтобы производство литого асфальтобетона проходило при температуре ниже 200°C.	
В полевых условиях:	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	165°C

## Хранение

### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: ≤185°C

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре на протяжении длительного времени. При необходимости хранения дорожного битума 20/30 в резервуаре при высокой температуре (до 185°C) в течение более чем 10 дней, рекомендуется проверить степень старения вяжущего перед использованием битума для производства асфальтобетонной смеси. Необходимо проверить: пенетрацию при 25°C по стандарту EN 1426 или температуру размягчения по стандарту EN 1427.

В случае чрезмерного старения вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукции (процедура ВПК по стандарту EN 13108-21).

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

При необходимости хранения дорожного битума 20/30 в течение времени, значительно превышающего 10 дней, рекомендуется снизить температуру битума и разогреть его перед повторным использованием. В случае планируемого очень длительного хранения без производства асфальтобетонной смеси допускается хранение битума при окружающей температуре. Для обеспечения возможности такого хранения резервуар необходимо оборудовать нагревательным оборудованием соответствующей мощности, которое сможет обеспечить нагрев битума без возникновения опасности местного перегрева в процессе длительного нагрева.

### 2.2.3.2. Дорожный битум 35/50

#### Характеристики в соответствии с EN 12591:2009

Требования к дорожному битуму 35/50 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 2.6.

Таблица 2.6. Характеристики дорожного битума 35/50, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 12591	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	35 – 50	42
Температура размягчения	EN 1427	°C	50 – 58	54,8
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -5	-13
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 240	324
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0	99,94
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 0,5	-0,09
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 53	63
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 8	7,1
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм <sup>2</sup> /с	NR	745
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	NR	695

#### Характеристики согласно *Superpave*

Ниже представлены характеристики битума 35/50, определенные по американскому методу *Superpave*, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип** (*Performance Grade*), классификация по AASHTO MP 1: **PG 70-16**
- **Верхние критические температуры** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  кПа (свежий битум)  $T_{\text{крит.}} = 73,2^\circ\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа (битум после старения RTFOT)  $T_{\text{крит.}} = 74,2^\circ\text{C}$
  - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$  кПа (битум после старения RTFOT и PAV)  $T_{\text{крит.}} = 23,1^\circ\text{C}$
- **Нижние критические температуры** (AASHTO PP 42; EN 14771):
  - температура при  $S(60) = 300$  МПа  $T(S)_{60} = -15,4^\circ\text{C}$
  - температура при  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -11,5^\circ\text{C}$
  - жесткость при температуре  $-16^\circ\text{C}$   $S(T)_{-16} = 338,5$  МПа

• результаты и классификация согласно методу MSCR

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 кПа	0,146	0,380	0,807	0,174	0,858	3,520
$J_{nr}$ 3,2 кПа	<b>0,153</b>	<b>0,419</b>	<b>0,926</b>	0,179	0,960	4,010
$J_{nr}$ diff	4,6	10,2	14,8	2,9	11,9	13,8
R 0,1 кПа	32,5	23,7	16,5	25,4	13,3	3,5
R 3,2 кПа	29,4	17,2	8,7	23	6,5	0,2
R diff	9,7	27,2	47,6	9,9	51,3	92,8
<b>Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру <math>J_{nr}</math> 3,2 кПа (при температуре испытаний)</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	<b>Very heavy</b>	не классифицируется		

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	140÷145°C
На асфальтобетонном заводе:	
Температура накачивания битума	>140°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	165÷175°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения смеси до 6 ч)	<220°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения смеси до 2 ч)	<230°C
<b>Внимание:</b> во время производства литого асфальтобетона МА рекомендуется применение добавок, снижающих технологическую температуру (смешивания с наполнителем и укладки), чтобы производство литого асфальтобетона проходило при температуре ниже 200°C.	
В полевых условиях:	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	150°C

Зависимость вязкости от температуры

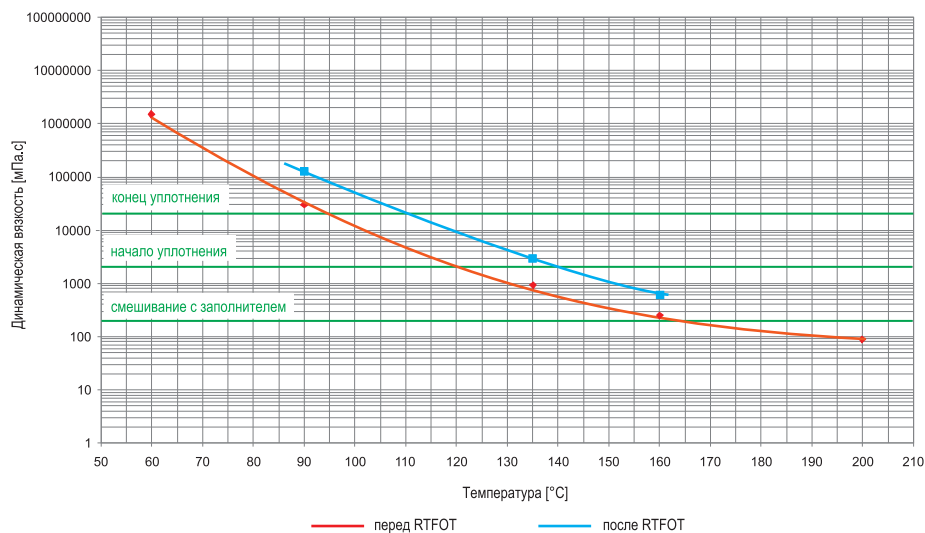


Рис. 2.5. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 35/50

Таблица 2.7. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 35/50, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумная капилляра	EN 12596	—	Па·с	60°C	747
	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпindelь № 27	Па·с	90°C	29,39
					135°C	0,95
					160°C	0,28
					200°C	0,08
			шпindelь № 27	Па·с	90°C после RTFOT	112,00
					135°C после RTFOT	2,23
		160°C после RTFOT	0,55			
кинематическая	Вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм <sup>2</sup> /с	135°C	748

## Хранение

### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума:  $\leq 185^{\circ}\text{C}$

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре на протяжении длительного времени. При необходимости хранения дорожного битума 35/50 в резервуаре при высокой температуре (до 185°C) в течение более чем 10 дней, рекомендуется проверить степень старения вяжущего перед использованием битума для производства асфальтобетонной смеси. Необходимо проверить: пенетрацию при 25°C по стандарту EN 1426 или температуру размягчения по стандарту EN 1427.

В случае чрезмерного старения вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукции (процедура ВПК по стандарту EN 13108-21).

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

При необходимости хранения дорожного битума 35/50 в течение времени, значительно превышающего 10 дней, рекомендуется снизить температуру битума и разогреть его перед повторным использованием. В случае планируемого очень длительного хранения без производства асфальтобетонной смеси допускается хранение битума при окружающей температуре. Для обеспечения возможности такого хранения резервуар необходимо оборудовать нагревательным оборудованием соответствующей мощности, которое сможет обеспечить нагрев битума без возникновения опасности местного перегрева вяжущего в процессе длительного нагрева.

### 2.2.3.3. Дорожный битум 50/70

#### Характеристики в соответствии с EN 12591:2009

Требования к дорожному битуму 50/70 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 2.8.

Таблица 2.8. Характеристики дорожного битума 50/70, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 12591	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	50 – 70	60
Температура размягчения	EN 1427	°C	46 – 54	49,4
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -8	-15
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 230	316
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0	99,95
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 0,5	-0,01
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 50	70
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 9	4,9
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм <sup>2</sup> /с	NR	499
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	NR	321

### Характеристики согласно Superpave

Ниже представлены характеристики дорожного битума 50/70, определенные по американскому методу Superpave, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип (Performance Grade)**, классификация по AASHTO MP 1: **PG 64-22**

- **Верхние критические температуры (AASHTO T 315):**

- $G^*/\sin\delta = 1$  кПа (свежий битум)  $T_{крит.} = 67,7^\circ\text{C}$
- $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа (битум после старения RTFOT)  $T_{крит.} = 67,8^\circ\text{C}$
- $G^* \cdot \sin\delta = 5000$  кПа (битум после старения RTFOT и PAV)  $T_{крит.} = 20,5^\circ\text{C}$

- **Нижние критические температуры (AASHTO PP 42; EN 14771):**

- температура при  $S(60) = 300$  МПа  $T(S)_{60} = -16,6^\circ\text{C}$
- температура при  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -15,0^\circ\text{C}$
- жесткость при температуре  $-16^\circ\text{C}$   $S(T)_{-16} = 294$  МПа

- **Результаты и классификация согласно методу MSCR**

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно Superpave			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 кПа	0,841	2,010	4,390	0,627	2,510	7,200
<b><math>J_{nr}</math> 3,2 кПа</b>	<b>0,921</b>	<b>2,240</b>	<b>4,980</b>	0,669	2,790	10,900
$J_{nr}$ diff	9,6	11,5	13,4	6,6	11,0	51,0
R 0,1 кПа	11,3	5,2	3,2	11,2	4,0	2,8
R 3,2 кПа	5,8	1,7	-0,5	7,3	0,9	-2,6
R diff	48,8	68,1	115,8	34,8	76,8	195,3
<b>Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру <math>J_{nr}</math> 3,2 кПа (при температуре испытаний)</b>	<b>Very heavy</b>	<b>Standard</b>	*	не классифицируется		

\* результат  $J_{nr}$  3,2 кПа за пределами диапазона классификации

## Технологические температуры

<b>В лаборатории:</b>	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	135÷140°C
<b>На асфальтобетонном заводе:</b>	
Температура накачивания битума	>130°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	155÷165°C
<b>В полевых условиях:</b>	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	145°C

## Зависимость вязкости от температуры

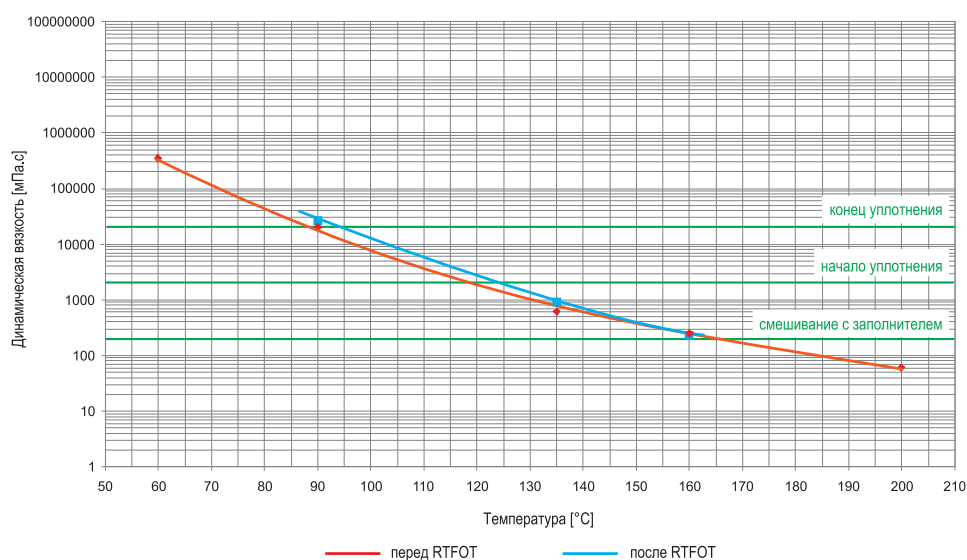


Рис. 2.6. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 50/70

Таблица 2.9. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 50/70, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумная капилляра	EN 12596	—	Па·с	60°C	291
					90°C	17,10
	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпindelь № 21	Па·с	135°C	0,63
					160°C	0,22
					200°C	0,06
					90°C после RTFOT	19,49
					135°C после RTFOT	0,65
160°C после RTFOT	0,21					
кинематическая	Вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм <sup>2</sup> /с	135°C	486



## Хранение

### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума:  $\leq 185^{\circ}\text{C}$

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре на протяжении длительного времени. При необходимости хранения дорожного битума 50/70 в резервуаре при высокой температуре (до  $185^{\circ}\text{C}$ ) в течение более чем 10 дней, рекомендуется проверить степень старения вяжущего перед использованием битума для производства асфальтобетонной смеси. Необходимо проверить: пенетрацию при  $25^{\circ}\text{C}$  по стандарту EN 1426 или температуру размягчения по стандарту EN 1427.

В случае чрезмерного старения вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукции (процедура ВПК по стандарту EN 13108-21).

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

При необходимости хранения дорожного битума 50/70 в течение времени, значительно превышающего 10 дней, рекомендуется снизить температуру битума и разогреть его перед повторным использованием. В случае планируемого очень длительного хранения без производства асфальтобетонной смеси допускается хранение битума при окружающей температуре. Для обеспечения возможности такого хранения резервуар необходимо оборудовать нагревательным оборудованием соответствующей мощности, которое сможет обеспечить нагрев битума без возникновения опасности местного перегрева вяжущего в процессе длительного нагрева.

## 2.2.3.4. Дорожный битум 70/100

### Характеристики в соответствии с EN 12591:2009

Требования к дорожному битуму 70/100 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 2.10.

Таблица 2.10. Характеристики дорожного битума 70/100, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 12591	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при $25^{\circ}\text{C}$	EN 1426	0,1 мм	70 – 100	87
Температура размягчения	EN 1427	$^{\circ}\text{C}$	43 – 51	45,5
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	$^{\circ}\text{C}$	$\leq -10$	-16
Температура вспышки	EN ISO 2592	$^{\circ}\text{C}$	$\geq 230$	323
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	$\geq 99,0$	99,96
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	$\leq 0,8$	-0,01
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	$\geq 46$	69
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	$^{\circ}\text{C}$	$\leq 9$	4,0
Кинематическая вязкость при $135^{\circ}\text{C}$	EN 12595	мм <sup>2</sup> /с	NR	358
Динамическая вязкость при $60^{\circ}\text{C}$	EN 12596	Па * с	NR	154

## Характеристики согласно *Superpave*

Ниже представлены характеристики дорожного битума 70/100, определенные по американскому методу *Superpave*, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип** (*Performance Grade*), классификация по AASHTO MP 1: **PG 58-22**
- **Верхние критические температуры** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  кПа (свежий битум)  $T_{\text{крит.}} = 63,4^\circ\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа (битум после старения RTFOT)  $T_{\text{крит.}} = 63,6^\circ\text{C}$
  - $G^*\cdot\sin\delta = 5000$  кПа (битум после старения RTFOT и PAV)  $T_{\text{крит.}} = 19,1^\circ\text{C}$
- **Нижние критические температуры** (AASHTO PP 42; EN 14771):
  - температура при  $S(60) = 300$  МПа  $T(S)_{60} = -16,9^\circ\text{C}$
  - температура при  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -16,2^\circ\text{C}$
  - жесткость при температуре  $-16^\circ\text{C}$   $S(T)_{-16} = 285$  МПа
- **Результаты и классификация согласно методу MSCR**

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{\text{nr}} 0,1$ кПа	2,010	4,570	10,300	1,280	5,850	21,400
<b><math>J_{\text{nr}} 3,2</math> кПа</b>	<b>2,180</b>	<b>5,070</b>	<b>11,400</b>	1,370	6,500	23,300
$J_{\text{nr}} \text{ diff}$	8,3	11,0	10,5	6,6	11,1	9,0
R 0,1 кПа	5,4	2,6	-2,5	4,6	1,6	-5,6
R 3,2 кПа	1,2	-0,7	-2,9	2,5	-1,4	-6,3
R diff	77,1	128,0	-17,0	45	189,1	-13,0
<b>Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру <math>J_{\text{nr}} 3,2</math> кПа (при температуре испытаний)</b>	<b>Standard</b>	*	*	не классифицируется		
* результат $J_{\text{nr}} 3,2$ кПа за пределами диапазона классификации						

## Технологические температуры

<b>В лаборатории:</b>	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	130÷135°C
<b>На асфальтобетонном заводе:</b>	
Температура накачивания битума	>130°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	150÷160°C
<b>В полевых условиях:</b>	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	140°C

## Зависимость вязкости от температуры

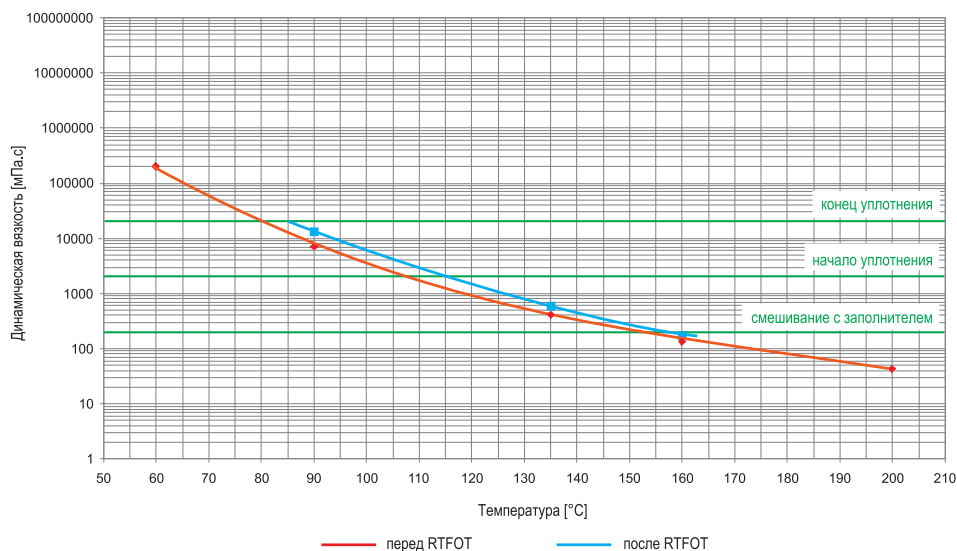


Рис. 2.7. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 70/100

Таблица 2.11. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 70/100, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумная капилляра	EN 12596	—	Па·с	60°C	145
					90°C	7,31
	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпиндель № 21	Па·с	135°C	0,39
					160°C	0,14
					200°C	0,04
					90°C после RTFOT	12,65
					135°C после RTFOT	0,56
160°C после RTFOT	0,18					
кинематическая	Вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм <sup>2</sup> /с	135°C	352

## Хранение

### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: ≤180°C

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре на протяжении длительного времени. При необходимости хранения дорожного битума 70/100 в резервуаре при высокой температуре (до 180°C) в течение более чем 10 дней, рекомендуется проверить степень старения вяжущего перед использованием битума для производства асфальтобетонной смеси. Необходимо проверить: пенетрацию при 25°C по стандарту EN 1426 или температуру размягчения по стандарту EN 1427.

В случае чрезмерного старения вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукции (процедура ВПК по стандарту EN 13108-21).

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

При необходимости хранения дорожного битума 70/100 в течение времени, значительно превышающего 10 дней, рекомендуется снизить температуру битума и разогреть его перед повторным использованием. В случае планируемого очень длительного хранения без производства асфальтобетонной смеси допускается хранение битума при окружающей температуре. Для обеспечения возможности такого хранения резервуар необходимо оборудовать нагревательным оборудованием соответствующей мощности, которое сможет обеспечить нагрев битума без возникновения опасности местного перегрева в процессе длительного нагрева.

#### 2.2.3.5. Дорожный битум 100/150

#### Характеристики в соответствии с EN 12591:2009

Требования к дорожному битуму 100/150 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 2.12.

Таблица 2.12. Характеристики дорожного битума 100/150, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 12591	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	100 – 150	132
Температура размягчения	EN 1427	°C	39 – 47	42,2
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -12	-16
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 230	323
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0	99,92
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 0,8	-0,14
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 43	58
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 10	5,0
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм <sup>2</sup> /с	NR	283
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	NR	82

#### Зависимость вязкости от температуры

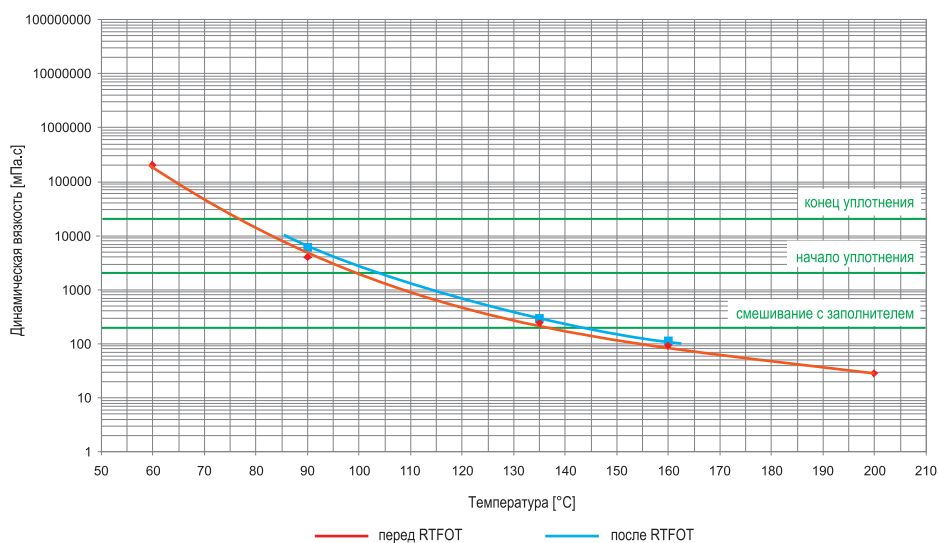


Рис. 2.8. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 100/150

Таблица 2.13. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 100/150, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумная капилляра	EN 12596	—	Па·с	60°C	81
					90°C	4,08
	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпиндель 3 18, 21	Па·с	135°C	0,26
					160°C	0,10
					200°C	0,03
					90°C после RTFOT	6,41
					135°C после RTFOT	0,35
160°C после RTFOT	0,13					
кинематическая	Вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм <sup>2</sup> /с	135°C	267

## Хранение

### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: ≤180°C

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре на протяжении длительного времени. При необходимости хранения дорожного битума 100/150 в резервуаре при высокой температуре (до 180°C) в течение более чем 10 дней, рекомендуется проверить степень старения вяжущего перед использованием битума для производства асфальтобетонной смеси или эмульсии. Необходимо проверить: пенетрацию при 25°C по стандарту EN 1426 или температуру размягчения по стандарту EN 1427.

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

При необходимости хранения дорожного битума 100/150 в течение времени, значительно превышающего 10 дней, рекомендуется снизить температуру битума и разогреть его перед повторным использованием. В случае планируемого очень длительного хранения без производства асфальтобетонной смеси допускается хранение битума при окружающей температуре. Для обеспечения возможности такого хранения резервуар необходимо оборудовать нагревательным оборудованием соответствующей мощности, которое сможет обеспечить нагрев битума без возникновения опасности местного перегрева вяжущего в процессе длительного нагрева.

## 2.2.3.6. Дорожный битум 160/220

### Характеристики в соответствии с EN 12591:2009

Требования к дорожному битуму 160/220 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 2.14.

Таблица 2.14. Характеристики дорожного битума 160/220, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 12591	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	160 – 220	188
Температура размягчения	EN 1427	°C	35 – 43	38,6
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -15	-19
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 220	313
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0	99,95
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 1,0	-0,03
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 37	60
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 11	4,4
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм <sup>2</sup> /с	NR	216
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	NR	50

### Зависимость вязкости от температуры

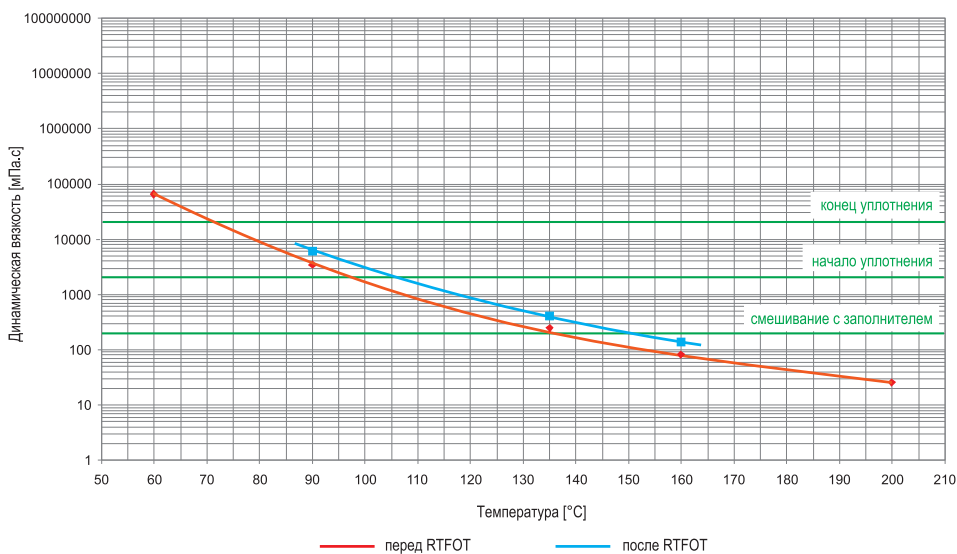


Рис. 2.9. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 160/220

Таблица 2.15. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 160/220, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумная капилляра	EN 12596	—	Па·с	60°C	52
					Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302
	135°C	0,23				
	160°C	0,08				
	200°C	0,03				
	шпindelь № 21	Па·с	90°C после RTFOT	5,80		
			135°C после RTFOT	0,34		
160°C после RTFOT			0,14			
кинематическая	Вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм <sup>2</sup> /с	135°C	218

## Хранение

### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: ≤180°C

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре на протяжении длительного времени. При необходимости хранения дорожного битума 160/220 в резервуаре при высокой температуре (до 180°C) в течение более чем 10 дней, рекомендуется проверить степень старения вяжущего перед использованием битума для производства асфальтобетонной смеси или эмульсии. Необходимо проверить: пенетрацию при 25°C по стандарту EN 1426 или температуру размягчения по стандарту EN 1427.

### Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

При необходимости хранения дорожного битума 160/220 в течение времени, значительно превышающего 10 дней, рекомендуется снизить температуру битума и разогреть его перед повторным использованием. В случае планируемого очень длительного хранения без производства асфальтобетонной смеси допускается хранение битума при окружающей температуре. Для обеспечения возможности такого хранения резервуар необходимо оборудовать нагревательным оборудованием соответствующей мощности, которое может обеспечить нагрев битума без возникновения опасности местного перегрева вяжущего в процессе длительного нагрева.

## ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИТУМ ORBITON СОГЛАСНО EN 14023

### 3.1. ОПИСАНИЕ СТАНДАРТА EN 14023

#### 3.1.1. Введение

С марта 2011 года компания «ORLEN Asphalt» производит и поставляет модифицированный полимерами битум, отвечающий требованиям стандарта EN 14023:2010. Стандарт EN 14023 является частью пакета европейских стандартов, касающихся битумных вяжущих веществ.

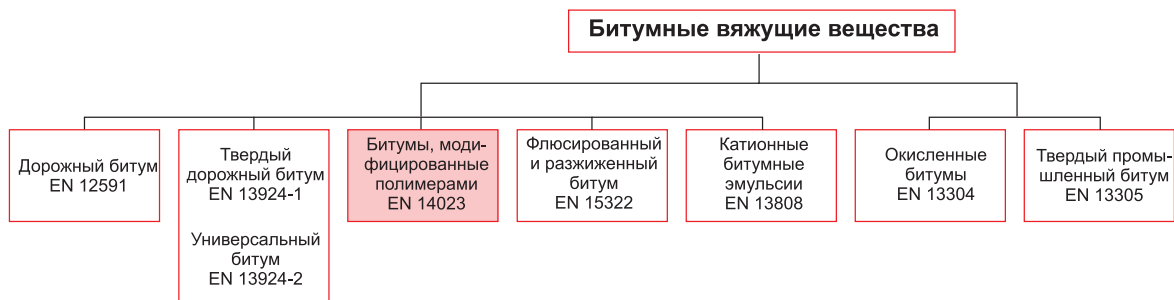


Рис. 3.1. Присвоение европейских стандартов различным типам вяжущих. Стандарты, рассматриваемые в данной главе, выделены цветным фоном

Стандарт EN 14023, как и стандарт EN 12591 для дорожного битума, является мандатным (т.е. разработанным на основе мандатов, т.е. поручений Европейской комиссии). Первоначально этот стандарт поддерживал основные требования директивы ЕС Строительные материалы 89/106/ЕЭС (*EU Construction Products Directive 89/106/EEC*, так называемая директива CPD).

С 01.07.2013 г. строительные материалы, в том числе и битумные вяжущие, регулируются Распоряжением Европейского Парламента и Совета ЕС №305/2011, определяющим гармонизированные условия их допуска на рынок.

**Стандарт EN 14023:2010 «Битум и битумные вяжущие. Принципы классификации битума, модифицированного полимерами»** не является типовым стандартом, который устанавливает жесткие требования для отдельных марок битума (как напр., большинство положений стандарта EN 12591), но является классификационным стандартом. Классификационный стандарт – это стандарт, содержащий набор характеристик и присвоенный им ряд различных уровней требований. Это позволяет каждой стране выбирать параметры для определения характеристик, которые должны иметь модифицированные вяжущие вещества, используемые на территории данной страны.

#### 3.1.2. Систематика маркировки битумных вяжущих

Систематика маркировки модифицированных полимерами битумов, которые производятся компанией «ORLEN Asphalt» в соответствии с европейским стандартом EN 14023, представлена в таблице 3.1.



Таблица 3.1. Систематика маркировки модифицированных полимерами битумов, которые производятся компанией «ORLEN Asphalt» в соответствии с европейским стандартом EN 14023

Битумное вяжущее	Модифицированный битум
Ссылочный документ	EN 14023:2010
Обозначение битумного вяжущего вещества согласно стандарту	<b>PMB X/Y-Z</b>
Сорт битумного вяжущего, производимого компанией «ORLEN Asphalt»	ORBITON 10/40-65 ORBITON 25/55-55 EXP <sup>1)</sup> ORBITON 25/55-60 ORBITON 25/55-60 EXP <sup>2)</sup> ORBITON 25/55-65 EXP <sup>3)</sup> ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-55 EXP <sup>4)</sup> ORBITON 45/80-65 ORBITON 45/80-75 SK <sup>5)</sup> ORBITON 65/105-60
1) сорт модифицированного вяжущего ORBITON, предназначенный для рынка Германии 2) сорт модифицированного вяжущего ORBITON, предназначенный для рынка Чехии 3) сорт модифицированного вяжущего ORBITON, предназначенный для рынка Чехии, Венгрии, Румынии и Словакии 4) сорт модифицированного вяжущего ORBITON, предназначенный для рынка Литвы, Латвии и Эстонии 5) сорт модифицированного вяжущего ORBITON, предназначенный для рынка Словакии  Пояснения к обозначениям: X – нижний предел пенетрации при 25°C [0,1 мм] по стандарту EN 1426, Y – верхний предел пенетрации при 25°C [0,1 мм] по стандарту EN 1426, Z – нижний предел температуры размягчения (Pik) [°C] по стандарту EN 1427. PMB – сокращение происходит от polymer modified bitumen (как правило, замещается торговым наименованием производителя битума)	

### 3.1.3. Национальные аппликационные документы

Европейский стандарт EN 14023 предполагает, что каждая страна-член ЕКС выберет характеристики и присвоенные им уровни требований в виде так называемых Аппликационных документов к обсуждаемым стандартам. Страны-члены разрабатывают такие документы в форме «Национальных приложений» к стандартам или в виде информации с указанными требованиями, включаемой в отдельные документы, касающиеся материалов и технологий изготовления асфальтобетонных покрытий. Такая процедура позволяет каждой стране определить свои собственные требования, которыми должны отличаться битумные вяжущие, используемые на ее территории. Это обусловлено разными климатическими условиями в разных частях Европы, а также многими другими технологическими факторами.

Стандарт EN 14023:2010 содержит набор основных характеристик и набор дополнительных характеристик, содержащихся в трех отдельных таблицах:

- **Таблица 1.** – характеристики, требуемые для всех модифицированных полимерами битумов;
- **Таблица 2.** – характеристики, связанные с законодательными требованиями или другими национальными правилами;
- **Таблица 3.** – дополнительные характеристики.

Первая таблица содержит набор основных характеристик, а вторая и третья – набор дополнительных требований. В вышеупомянутых таблицах стандарта EN 14023 каждое свойство полимербитума подразделяется на определенное количество классов, из которых можно выбрать любой уровень требования.

Благодаря составленным таким образом наборам классов и параметров можно сопоставлять требования любых европейских стран, то есть создавать любые необходимые технические условия для выбранного полимербитума. Таким образом, любая страна может провести анализ требований и создать свой собственный национальный аппликационный документ (Национальное приложение), который будет устанавливать стандарт для применения на территории данной страны.

В таблицах 3.2.-3.4. рамками красного цвета отмечены для примера основные и дополнительные требования к модифицированному битуму ORBITON PMB 45/80-55 EXP. Подобным образом составлены также технические требования для остальных модифицированных полимерами битумов.

Таблица 3.2. Правила классификации полимер-модифицированного битума – характеристики, применяемые ко всем модифицированным полимерами битумам (стандарт EN 14023:2010): Пример выбора характеристик для модифицированного битума ORBITON 45/80-55 EXP

Показатель	Метод испытания	Единица	Классы требований для всех модифицированных полимерами битумов										
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	10-40	25-55	45-80	40-100	65-105	75-130	90-150	120-200	200-300		
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 80	≥ 75	≥ 70	≥ 65	≥ 60	≥ 55	≥ 50	≥ 45	≥ 40		
Когезия <sup>a</sup>	Сила растяжения методом с укилометром <sup>a</sup> (растяжение 50 мм/мин) или	EN 13589 после EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥ 3 при 5°C	≥ 2 при 5°C	≥ 1 при 5°C	≥ 2 при 0°C	≥ 2 при 10°C	≥ 3 при 10°C	≥ 0,5 при 15°C	≥ 2 при 15°C	≥ 0,5 при 20°C	≥ 0,5 при 25°C
	Непосредственное растяжение <sup>a</sup> (растяжение 100 мм/мин) или	EN 13587 после EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥ 3 при 5°C	≥ 2 при 5°C	≥ 1 при 5°C	≥ 3 при 0°C	≥ 3 при 10°C					
	Метод маятника Vialit <sup>a</sup> (метод удара)	EN 13588	Дж/см <sup>2</sup>	≥ 0,7									
Устойчивость к старению <sup>b</sup>	Оставшаяся пенетрация при 25°C после старения	EN 12607-1	%	≥ 35	≥ 40	≥ 45	≥ 50	≥ 55	≥ 60				
	Повышение температуры размягчения после старения		%	≤ 8	≤ 10	≤ 12							
	Изменение массы после старения <sup>c</sup>		°C	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 1,0						
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 250	≥ 235	≥ 220								

a) Только один метод испытания когезии следует выбрать в зависимости от конечного применения. Определение когезии по методу Vialit (EN 13588) следует применять только для вяжущих, предназначенных для поверхностной фиксации.

b) Основным методом испытания является RTFOT при 163°C. Для некоторых полимер-модифицированных битумов, вязкость которых слишком высока для обеспечения движения битумного покрытия, проведение RTFOT невозможно при референционной температуре 163°C. В таком случае испытание следует провести при 180°C согласно EN 12607-1.

c) Изменение массы может принимать отрицательное или положительное значение.

Таблица 3.3. Правила классификации полимер-модифицированного битума – характеристики, соответствующие законодательству или другим национальным условиям (стандарт EN 14023:2010)

Показатель	Метод испытания	Единица	Классы для национальных условий										
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	NR <sup>a</sup>	TBR <sup>b</sup>	≤ 0	≤ -5	≤ -7	≤ -10	≤ -12	≤ -15	≤ -18	≤ -20	≤ -22
Упругое восстановление	при 25°C или <sup>c</sup>	EN 13398	%	NR <sup>a</sup>	TBR <sup>b</sup>	≥ 80	≥ 70	≥ 60	≥ 50				
	при 10°C	EN 13398	%	NR <sup>a</sup>	TBR <sup>b</sup>	≥ 75	≥ 50						

a) NR. Нет требований, можно применять тогда, когда для данного показателя нет национальных требований на месте планируемого применения.

b) TBR. Требуется указать, можно применять тогда, когда для данного показателя нет национальных требований на месте планируемого применения, однако данное свойство было признано полезным для описания полимер-модифицированного битума.

c) Если требуется, полимер-модифицированный битум должен соответствовать требованиям для упругого восстановления при 25°C или 10°C.

Таблица 3.4. Правила классификации полимер-модифицированного битума – дополнительные характеристики (стандарт EN 14023:2010)

Показатель	Метод испытания	Единица	Классы дополнительных характеристик для полимер-модифицированного битума							
			0	1	2	3	4	5	6	7
Диапазон пластичности	Подпункт 5.2.8.4.	°C	NR <sup>a</sup>	TBR	≥ 85	≥ 80	≥ 75	≥ 70	≥ 65	≥ 60
Понижение температуры размягчения после старения EN 12607-1	EN 1427	°C	NR <sup>a</sup>	TBR	≤ 2	≤ 5				
Упругое восстановление при 25°C после испытаний по EN 12607-1	EN 13398	%	NR <sup>a</sup>	TBR	≥ 70	≥ 60	≥ 50			
Упругое восстановление при 10°C после испытаний по EN 12607-1	EN 13398	%	NR <sup>a</sup>	TBR	≥ 50					
Устойчивость при хранении <sup>b</sup> Разница температуры размягчения	EN 13399 EN 1427	°C	NR <sup>a</sup>	TBR <sup>b</sup>	≤ 5					
Устойчивость при хранении <sup>b</sup> Разница пенетрации	EN 13399 EN 1426	0,1 мм	NR <sup>a</sup>	TBR <sup>b</sup>	≤ 9	≤ 13	≤ 19	≤ 26		

a) NR. Нет требований, можно применять тогда, когда для данного показателя нет национальных требований на месте планируемого применения  
b) Условия складирования полимер-модифицированного битума должны быть указаны производителем. В случае полимер-модифицированного битума необходима однородность. Склонность полимер-модифицированного битума к разделению компонентов может оцениваться с помощью показателя устойчивости при хранении (см. EN 13399). Если изделие не соответствует требованиям, приведенным в таблице 3, класс от 2 до 5, поставщик должен указать, каким образом следует хранить полимер-модифицированный битум, чтобы избежать разделения его компонентов и обеспечить однородность изделия..

В Польше требования к модифицированным битумам описаны в Национальном приложении NA к стандарту PN-EN 14023:2011 (таблица 3.5.)

Таблица 3.5. Классификация по типам и требованиям к модифицированным полимерами битумам в Польше, согласно национальному приложению NA к стандарту PN-EN 14023:2011/Ar1:2014-04

Показатель	Метод испытания	Единица	Тип модифицированного полимерами битума												
			PMB 10/40-65		PMB 25/55-60		PMB 45/80-55		PMB 45/80-65		PMB 65/105-60		PMB 90/150-45		
			Диапазон	Класс	Диапазон	Класс	Диапазон	Класс	Диапазон	Класс	Диапазон	Класс	Диапазон	Класс	
Основные характеристики	Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	10-40	2	25-55	3	45-80	4	45-80	4	65-105	6	90-150	8
	Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 65	5	≥ 60	6	≥ 55	7	≥ 65	5	≥ 60	6	≥ 45	9
	Сила растяжения методом с дуктилометром (растяжение 50 мм/мин)	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥ 2 при 10°C	6	≥ 2 при 10°C	6	≥ 3 при 5°C	2	≥ 2 при 10°C	6	≥ 3 при 5°C	2	NR	0
	Изменение массы после старения*	EN 12607-1	% м/м	≤ 0,5	3	≤ 0,5	3	≤ 0,5	3	≤ 0,5	3	≤ 0,5	3	≤ 0,5	3
	Оставшаяся пенетрация при 25°C после старения	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 60	7	≥ 60	7	≥ 60	7	≥ 60	7	≥ 60	7	≥ 50	5
	Повышение температуры размягчения после старения	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 8	2	≤ 8	2	≤ 8	2	≤ 8	2	≤ 10	3	≤ 10	3
	Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235	3	≥ 235	3	≥ 235	3	≥ 235	3	≥ 235	3	≥ 235	3
Дополнительные характеристики	Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -5	3	≤ -10	5	≤ -15	7	≤ -15	7	≤ -15	7	≤ -18	8
	Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 60	4	≥ 60	4	≥ 70	3	≥ 80	3	≥ 70	3	≥ 50	5
	Упругое восстановление при 10°C	EN 13398	%	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0
	Диапазон пластичности	EN 14023	°C	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0
	Понижение температуры размягчения после старения	EN 12607-1 EN 1427	°C	TBR	1	TBR	1	TBR	1	TBR	1	TBR	1	TBR	1
	Упругое восстановление при 25°C после старения	EN 12607-1 EN 13398	%	≥ 50	4	≥ 50	4	≥ 50	4	≥ 60	3	≥ 60	3	≥ 50	4
	Упругое восстановление при 10°C после старения	EN 12607-1 EN 13398	%	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0
	Устойчивость при хранении – разница температуры размягчения	EN 13399 EN 1427	°C	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2
Устойчивость при хранении – разница пенетрации	EN 13399 EN 1426	0,1 мм	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	NR	0	

\* – изменение массы может принимать отрицательное или положительное значение  
NR – No Requirement (нет требований)  
TBR – To Be Reported (требуется указать)

### 3.1.4. Оценка соответствия

Соответствие характеристик модифицированных битумов требованиям стандарта EN 14023 и указанным в нем значениям (включая класса) должно подтверждаться:

- предварительными типовыми испытаниями,
- внутренним производственным контролем (ВПК).


Стандарт требует, чтобы производитель внедрил, задокументировал и поддерживал систему Внутреннего производственного контроля. Система ВПК должна состоять из процедур, регулярных проверок и испытаний и оценок, а результаты должны использоваться для оценки качества готового изделия. В данном разделе стандарта содержатся требования по проверке и техническому обслуживанию оборудования и производственных средств. Здесь указываются также способы контроля характеристик, а именно:

- все характеристики, в соответствии с правилами проведения типовых испытаний, должны проверяться не реже одного раза в год;
- текущий контроль качества изделия должен включать проверку типа, содержать информацию о частоте проверок; контроль должен быть задокументирован и должен обеспечивать отсутствие значительных отклонений характеристик от показателей, полученных в процессе предварительных типовых испытаний.

Для модифицированных битумов, предназначенных для строительства дорог, аэропортов и других поверхностей, по которым осуществляется дорожное движение, установлена система оценки соответствия «2+», в которой от производителя требуется наличие Внутреннего производственного контроля, подтвержденного Сертификатом ВПК, выданным нотифицированной организацией. Номера Сертификатов ВПК для производственных подразделений компании «ORLEN Asphalt» в Польше указаны в главе 1.

Приложение ZA также содержит процедуру оценки соответствия модифицированных битумов, систему распределения задач между производителем и нотифицированной организацией, раздел с информацией о сертификатах и декларациях рабочих характеристик, а также о маркировке CE и правилах нанесения этикеток.

На рисунке 3.2. представлен пример информации, предоставляемой вместе с маркировкой CE для модифицированного битума ORBITON 45/80-55, произведенного компанией «ORLEN Asphalt» в 2015 году.

 <b>1434</b>	
<b>ORLEN Asphalt sp. z o.o.</b> <b>09-400 Płock, ul. Łukasiewicza 39</b> <b>Poland</b>	
<b>14</b>	
<b>5/CPR/2015</b>	
<b>PN-EN 14023:2011 (EN 14023 :2010)</b>	
<b>Битум, модифицированный полимерами:</b>	<b>ORBITON 45/80-55</b>
Пенетрация при 25°C	45-80 x 0,1мм
Температура размягчения	≥ 55°C
Упругое восстановление при 25°C	≥ 70%
Температура хрупкости по Фраасу	≤ -15°C
Температура вспышки	≥ 235°C
Сила растяжения (скорость 50 мм/мин)	≥ 3 Дж/см <sup>2</sup> при 5°C
Диапазон пластичности	NR
<b>Устойчивость к старению по методу RTFOT</b>	
Изменение массы после старения	≤ 0,5%
Повышение температуры размягчения после старения	≤ 8°C
Понижение температуры размягчения после старения	≤ 2°C
Оставшаяся пенетрация при 25°C после старения	≥ 60%
Упругое восстановление при 25°C после старения	≥ 50%
<b>Устойчивость при хранении</b>	
Разница температур размягчения	≤ 5°C
Разница пенетрации при 25°C	NR

Маркировка CE, состоящая из символа „CE”, указанного в Директиве 93/68/ЕЭС

Идентификационный номер нотифицированной организации

Наименование или идентификационный знак и юридический адрес производителя

Две последние цифры года, в котором была нанесена маркировка

Номер декларации рабочих свойств

Номер европейского стандарта

Описание изделия и информация о характеристиках, подлежащих лабораторному контролю

Рис. 3.2. Маркировка CE модифицированного битума 45/80-55, произведенного компанией «ORLEN Asphalt» в 2015 году

## 3.2. ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ПОЛИМЕРАМИ БИТУМОВ

### 3.2.1. Характеристика

Полимер-модифицированный битум – это группа дорожных вяжущих, разработанная специально с целью повышения прочности асфальтовых покрытий, а также для противодействия наиболее распространенным дорожным проблемам: деформациям, происходящим на дорогах с интенсивным автомобильным движением, трещинообразованию слоя износа при низких температурах в зимнее время, а также для повышения усталостной прочности покрытия. Благодаря применению в процессе производства битума модификатора – эластомера SBS (стирол-бутадиен-стирольного сополимера), достигаются значительные преимущества в свойствах вяжущего как при высоких, так и при низких температурах. Асфальтовые покрытия, в которых применяется модифицированный битум, более долговечны по сравнению с поверхностями, выполненными с использованием дорожного битума.

Основные различия между дорожным битумом и модифицированным битумом по двум основным параметрам – пенетрации и температуре размягчения – представлены в графической форме на рис. 3.3.

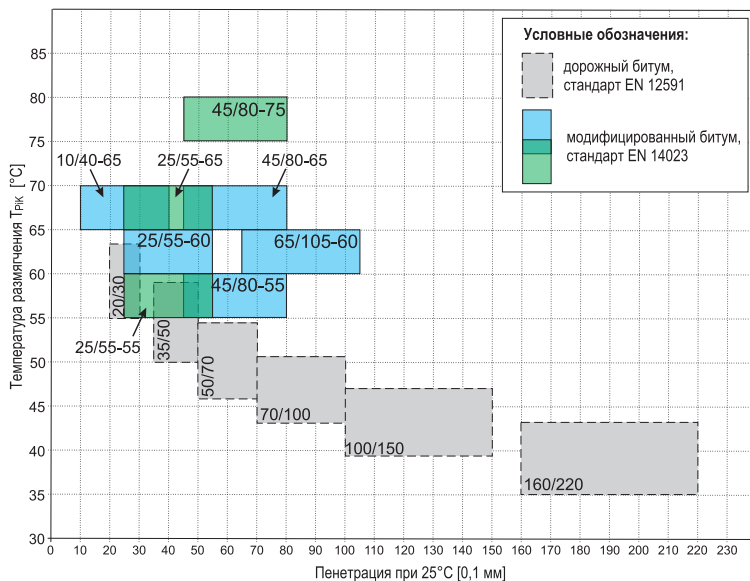


Рис. 3.3. Графическое сравнение дорожного и модифицированного битума в функции пенетрации при 25°C и температуры размягчения  $T_{РИК}$

В настоящем справочнике описан модифицированный битум ORBITON, производимый в соответствии со стандартом PN-EN 14023:2011 и предназначенный для использования в дорожном строительстве в Польше. Компания «ORLEN Asphalt» производит также модифицированный битум ORBITON согласно требованиям местных стандартов стран, в которые экспортируются битумы ORBITON (например, для Румынии, Литвы, Латвии, Чехии, Словакии, Германии, Венгрии и т. д.). Сорта производимого битума представлены в таблице 3.6.

Таблица 3.6. Сорта модифицированного битума, производимого компанией «ORLEN Asphalt»

Сорта модифицированного битума ORBITON согласно приложению NA для Польши	Сорта модифицированного битума ORBITON согласно приложениям NA для остальных стран ЕС
10/40-65 25/55-60 45/80-55 45/80-65 65/105-60	ORBITON 25/55-55 EXP <sup>1)</sup> ORBITON 25/55-60 EXP <sup>2)</sup> ORBITON 25/55-65 EXP <sup>3)</sup> ORBITON 45/80-75 SK <sup>4)</sup>
1) сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенный для рынка Германии 2) сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенный для рынка Чехии 3) сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенный для рынка Чехии, Венгрии, Румынии и Словакии 4) сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенный для рынка Литвы, Латвии и Эстонии 5) сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенный для рынка Словакии	

### 3.2.2. Предназначение

Модифицированный битум ORBITON – это группа вяжущих, предназначенная для использования в покрытиях, переносящих интенсивное дорожное движение, или в специальных покрытиях (на мостах, тонкие слои износа и т.д.). Правильно разработанные асфальтобетонные смеси с использованием этого битума обладают лучшими свойствами по сравнению со своими аналогами со схожей твердостью (дорожный битум).

Диапазон применений модифицированного битума очень широк как с точки зрения типа асфальтобетонной смеси, так и категории дорожного движения. Ниже представлены наиболее распространенные сферы применения отдельных видов модифицированного битума.

**Модифицированный битум ORBITON 10/40-65** является самым твердым модифицированным битумом среди всей продукции, поставляемой в настоящее время компанией «ORLEN Asphalt». Ввиду своей очень высокой температуры размягчения он используется для слоев оснований и связующих слоев, спроектированных из смесей, отличающихся высоким модулем жесткости AC EME<sup>1</sup>. Может быть также использован в смесях стандартного асфальтобетона AC. Результаты испытаний смесей, содержащих этот битум, на устойчивость к колееобразованию показывают, что он рекомендуется для покрытий дорог с интенсивным движением и с движением на невысокой скорости, например автостоянок, полос для движения на невысокой скорости, зон перекрестков. Не рекомендуется для использования в слоях износа.

**Модифицированный битум ORBITON 25/55-60** является одним из самых популярных сортов модифицированного битума. Используется для несущих и связующих слоев из асфальтобетона AC, а также асфальтобетона с высоким модулем жесткости AC EME. Может быть также использован для слоев износа типа SMA, на отрезках дорог с интенсивным движением транспорта и с движением транспорта на невысокой скорости, а также для смесей литого асфальтобетона типа MA.

**Модифицированный битум ORBITON 25/55-65** – это вяжущее, похожее своими характеристиками на битум ORBITON 25/55-60, за исключением того, что имеет температуру размягчения на 5°C выше. Успешно применяется в слоях, в которых требуется высокая стойкость к устойчивой деформации, то есть в несущих и связующих слоях из асфальтобетона AC, а также асфальтобетона с высоким модулем жесткости AC EME. Может быть также использован для слоев износа, на отрезках дорог с интенсивным движением транспорта, а также в смесях литого асфальтобетона.

**Модифицированный битум ORBITON 45/80-55** является одним из самых распространенных сортов модифицированного битума. Предназначен для использования во всех асфальтобетонных смесях для слоев износа (AC, SMA, BBTM).

**Модифицированный битум ORBITON 45/80-55 EXP** – это вяжущее, похожее своими характеристиками на битум ORBITON 45/80-55, за исключением того, что имеет температуру хрупкости на 3°C ниже. Предназначен для использования во всех асфальтобетонных смесях для слоев износа (AC, SMA).

**Модифицированный битум ORBITON 45/80-65** является модифицированным асфальтом, предназначенным для использования в слоях износа, а также для специальных применений. Характеризуется очень высокой эластичностью, высокими температурами размягчения и благоприятными низкотемпературными характеристиками. Ввиду высокого содержания полимера и большой вязкости это

1) AC EME – обозначение асфальтобетона с высоким модулем жесткости. Другие названия этой смеси: WMS (в Польше), EME (Enrobé à Module Elevé – во Франции) или HMB (High Modulus Base – в США и Великобритании).

вяжущее довольно сложно укладывать при неблагоприятных погодных условиях (быстрое затвердевание слоя, проблемы с уплотнением). Благодаря высокой температуре размягчения и высокой степени модификации может быть использован в местах, где требуется высокая устойчивость к растяжениям и усталостная прочность в сочетании с очень хорошими низкотемпературными характеристиками. Модифицированный битум ORBITON 45/80-65 применяется в основном в слоях износа, а также для смесей пористого асфальтобетона РА.

**Модифицированный битум ORBITON 65/105-60** является вяжущим, разработанным специально для применения в тонких слоях износа горячим способом, в смесях с хорошим минеральным скелетом. Производится из мягкого базового битума с высоким содержанием полимера, что в результате позволяет получить продукт с очень хорошими низкотемпературными характеристиками и отличной эластичностью.

ORBITON 65/105-60 отличается более высокой пенетрацией при 25°C (от 65 до 105), чем модифицированный битум 45/80-65, и в то же время высокой эластичностью и упругостью. Благодаря этому продукт очень хорошо подходит в качестве вяжущего для смесей с прерывистой грануляцией для укладки тонких слоев дорожного покрытия. К таким сферам применения можно отнести пористый асфальтобетон РА, смеси для тонких слоев износа BBTM и AUTL, смеси SMA. Следовательно, это, прежде всего, специальные слои износа и слои износа в районах с низкой температурой. Другой областью применения этого вяжущего являются смеси на мостовых объектах, если требуется большая эластичность вяжущего вещества.

### 3.2.3. Характеристики

В следующих частях настоящей главы представлен набор характеристик полимер-модифицированного битума, согласно стандарту EN 14023, вместе с дополнительными сведениями, полученными по результатам испытаний, проводившихся американским методом *Superpave* и *Superpave plus*. Глава также содержит классификацию модифицированных битумов в зависимости от интенсивности движения, разработанную по результатам испытаний MSCR (детальное описание испытания MSCR содержится в главе 7).

В главе также содержатся сведения об ориентировочных технологических температурах применения битумов в асфальтобетонных смесях, и данные о зависимости вязкости от температуры.

#### 3.2.3.1. Модифицированный битум ORBITON 10/40-65

##### Характеристики в соответствии с EN 14023:2010

Требования к модифицированному битуму ORBITON 10/40-65 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 3.7.



Таблица 3.7. Требования и характеристики модифицированного битума ORBITON 10/40-65, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 14023	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	10÷40	30
Температура размягчения РiК	EN 1427	°С	≥ 65	72,6
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 60	79
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°С	≤ -5	-16
Температура вспышки	EN ISO 2592	°С	≥ 235	> 245
Сила растяжения (низкая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥2 при 10°C	5,0
Изменение массы после старения RTFOT	EN 12607-1	%	≤ 0,5	0,07
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 1427	°С	≤ 8	3,4
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 1426	%	≥ 60	79
Упругое восстановление при 25°C после старения RTFOT	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 50	75
Устойчивость при хранении: Разница температур размягчения	EN 13399, EN 1427	°С	≤ 5	1,1
Понижение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1, EN 1427	°С	TBR <sup>a</sup>	0,0

a) TBR (To Be Reported) – требуется указать

### Характеристики согласно *Superpave*

Ниже представлены характеристики модифицированного битума ORBITON 10/40-65, определенные по американскому методу *Superpave*, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип** (*Performance Grade*), классификация по AASHTO MP 1: **PG 82-16**

- **Верхние критические температуры** (AASHTO T 315):

- $G^*/\sin\delta = 1$ кПа (свежий битум)	$T_{\text{крит.}} = 88,5^\circ\text{C}$
- $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа (битум после старения RTFOT)	$T_{\text{крит.}} = 83,8^\circ\text{C}$
- $G^* \cdot \sin\delta = 5000$ кПа (битум после старения RTFOT и PAV)	$T_{\text{крит.}} = 19,5^\circ\text{C}$

- **Нижние критические температуры** (AASHTO PP 42; EN 14771):

- температура при $S(60) = 300$ МПа	$T(S)_{60} = -17,2^\circ\text{C}$
- температура при $m(60) = 0,3$	$T(m)_{60} = -8,6^\circ\text{C}$
- жесткость при температуре $-16^\circ\text{C}$	$S(T)_{-16} = 271,5$ МПа

### Технологические температуры

<b>В лаборатории:</b>	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	150-155°C
<b>На асфальтобетонном заводе:</b>	
Температура накачивания битума	>150°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	180÷190°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 4 ч)	<220°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 2 ч)	<230°C
<b>Внимание:</b> во время производства литого асфальтобетона МА рекомендуется применение добавок, снижающих технологическую температуру (смешивания с наполнителем и укладки), чтобы производство литого асфальтобетона проходило при температуре ниже 200°C	
<b>В полевых условиях:</b>	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	160°C

## Зависимость вязкости от температуры

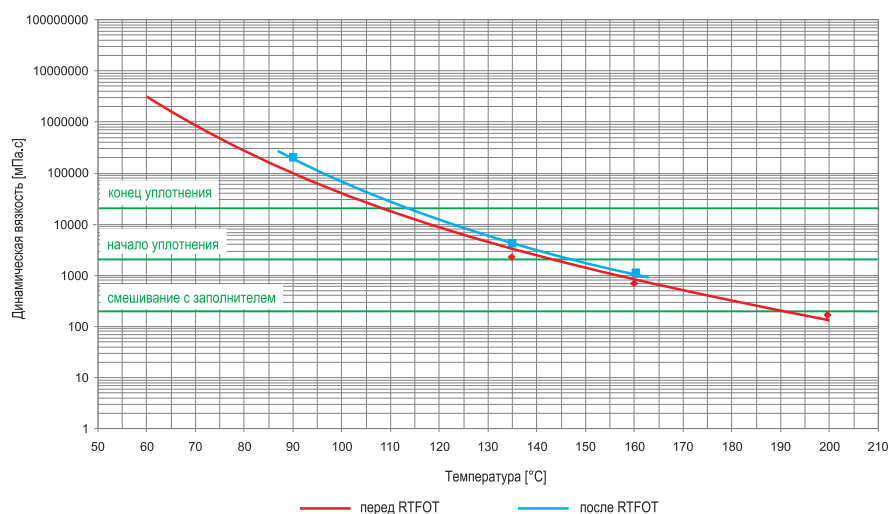


Рис. 3.4. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 10/40-65

Таблица 3.8. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 10/40-65, производимого в 2013 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпindelь № 21	Па · с	90°C	130,00
					135°C	2,52
					160°C	0,68
			шпindelь № 27	Па · с	90°C после RTFOT	202,00
					135°C после RTFOT	3,76
					160°C после RTFOT	0,98

## Характеристики структуры полимера

- код дисперсии полимера согласно EN 13632: B/H/S/r или B/H/S/o

### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 7 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: 160÷180°C
- гарантируемый срок пригодности битума для приготовления АБС: 7 дней

По истечении 5 дней рекомендуется проведение основных контрольных испытаний свойств модифицированного битума, чтобы удостовериться, что продукт не потерял своих свойств из-за возможности потери стабильности системы битум-полимер, т. е. расслоения компонентов. Испытания должны выполняться после 5-ти дней хранения и каждые последующие 2 дня (на 7-й день, 9-й день и т. д.), или с другими интервалами времени, в зависимости от необходимости:

- пенетрация при 25°C согласно EN 1426
- температура размягчения согласно EN 1427
- упругое восстановление при 25°C согласно EN 13398

Если мобильный АБЗ оснащен бункерами с мешалками, следует периодически перемешивать битум в бункере. Для этой цели можно также использовать циркуляцию.

### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при высокой температуре

Не рекомендуется хранение модифицированного битума более 7 дней. В случае возникновения такой необходимости рекомендуется периодически проводить испытания характеристик вяжущего, напр. каждые 2 дня (диапазон испытаний указан выше). Желательно также перемешивать битум в бункере в течение как минимум 6 часов в сутки. Рекомендуемая температура хранения – 150-160°C.

### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при пониженной температуре

Принимая во внимание большую жесткость, не рекомендуется хранение этого вяжущего охлажденным до температуры окружающей среды (напр., зимой) из-за сложного процесса приведения его в жидкое состояние.

## 3.2.3.2. ORBITON PMB 25/55-60

### Характеристики в соответствии с EN 14023:2010

Требования к модифицированному битуму ORBITON 25/55-60 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 3.9.

Таблица 3.9. Требования и характеристики модифицированного битума ORBITON 25/55-60, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Asphalt Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 14023	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	25÷55	40
Температура размягчения P <sub>i</sub> K	EN 1427	°C	≥ 60	63,7
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 60	77
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -10	-16
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235	327
Сила растяжения (низкая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥ 2 при 10°C	4,5
Изменение массы после старения	EN 12607-1	%	≤ 0,5	-0,01
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 1427	°C	≤ 8	5,6
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 1426	%	≥ 60	73
Упругое восстановление при 25°C после старения RTFOT	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 50	71
Устойчивость при хранении: Разница температур размягчения	EN 13399 EN 1427	°C	≤ 5	1,4
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399 EN 1427	0,1 мм	NR <sup>b</sup>	0,4
Понижение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1, EN 1427	°C	TBR <sup>a</sup>	0,0

a) TBR (To Be Reported) – требуется указать  
b) NR (No Requirement) – нет требований

### Характеристики согласно Superpave

Ниже представлены характеристики модифицированного битума ORBITON 25/55-60, определенные по американскому методу Superpave, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип** (Performance Grade), классификация по AASHTO MP 1: **PG 76-22**

- **Верхние критические температуры** (AASHTO T 315):

–  $G^*/\sin\delta = 1$  кПа (свежий битум)

$T_{\text{крит.}} = 83,1^\circ\text{C}$

–  $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа (битум после старения RTFOT)

$T_{\text{крит.}} = 80,5^\circ\text{C}$

–  $G^* \cdot \sin\delta = 5000$  кПа (битум после старения RTFOT и PAV)

$T_{\text{крит.}} = 22,0^\circ\text{C}$

• **Нижние критические температуры** (AASHTO PP 42; EN 14771):

- температура при  $S(60) = 300$  МПа  $T(S)_{60} = -16,9^{\circ}\text{C}$
- температура при  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -13,8^{\circ}\text{C}$
- жесткость при температуре  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 278$  МПа

• **Результаты и классификация согласно методу MSCR**

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 кПа	0,059	0,150	0,340	0,050	0,207	0,722
<b><math>J_{nr}</math> 3,2 кПа</b>	<b>0,061</b>	<b>0,163</b>	<b>0,408</b>	0,052	0,219	0,946
$J_{nr}$ diff	3,6	8,6	20,1	3,2	6,1	31,1
R 0,1 кПа	71,5	65,6	58,8	70,7	64,8	56,9
R 3,2 кПа	70,6	63,3	52,4	69,9	63,8	47,4
R diff	1,3	3,5	10,9	1,1	1,7	16,7
<b>Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру <math>J_{nr}</math> 3,2 кПа (при температуре испытаний)</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	не классифицируется		

**Технологические температуры**

<b>В лаборатории:</b>	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	145-150°C
<b>На асфальтобетонном заводе:</b>	
Температура накачивания битума	>150°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	175÷185°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 4 ч)	<220°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 2 ч)	<230°C
<b>Внимание:</b> во время производства литого асфальтобетона МА рекомендуется применение добавок, снижающих технологическую температуру (смешивания с наполнителем и укладки), чтобы производство литого асфальтобетона проходило при температуре ниже 200°C	
<b>В полевых условиях:</b>	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	155°C

**Зависимость вязкости от температуры**

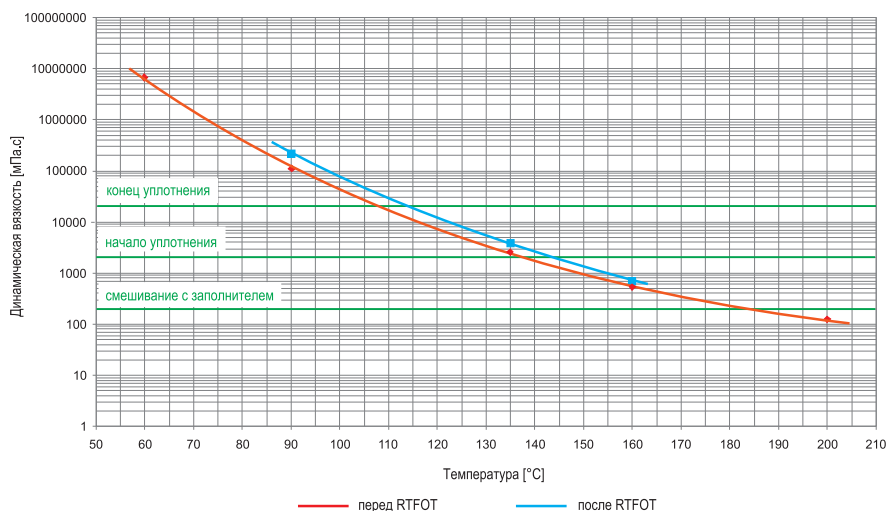


Рис. 3.5. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 25/55-60

Таблица 3.10. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 25/55-60, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
	вакуумная пилляра	EN 12596	—	Па · с	60°C	6 250
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпindelь № 21	Па · с	90°C	112,00
					135°C	2,14
					160°C	0,63
					200°C	0,15
			шпindelь № 27	Па · с	90°C после RTFOT	210,00
					135°C после RTFOT	3,37
					160°C после RTFOT	0,87

### Характеристики структуры полимера

- код дисперсии полимера согласно EN 13632: V/H/S/r или V/H/S/o

#### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 7 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: 160÷180°C
- гарантируемый срок пригодности битума для приготовления АБС: 7 дней

По истечении 5 дней рекомендуется проведение основных контрольных испытаний свойств модифицированного битума, чтобы удостовериться, что продукт не потерял своих свойств из-за возможности потери стабильности системы битум-полимер, т. е. расслоения компонентов. Испытания должны выполняться после 5-ти дней хранения и каждые последующие 2 дня (на 7-й день, 9-й день и т. д.), или с другими интервалами времени, в зависимости от необходимости:

- пенетрация при 25°C согласно EN 1426
- температура размягчения согласно EN 1427
- упругое восстановление при 25°C согласно EN 13398

Если мобильный АБЗ оснащен бункерами с мешалками, следует периодически перемешивать битум в бункере. Для этой цели можно также использовать циркуляцию.

#### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при высокой температуре

Не рекомендуется хранение модифицированного битума более 7 дней. В случае возникновения такой необходимости рекомендуется периодически проводить испытания характеристик вяжущего, напр. каждые 2 дня (диапазон испытаний указан выше). Желательно также перемешивать битум в бункере в течение как минимум 6 часов в сутки. Рекомендуемая температура хранения – 150-160°C.

#### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при пониженной температуре

Принимая во внимание большую жесткость, не рекомендуется хранение этого вяжущего охлажденным до температуры окружающей среды (напр., зимой) из-за сложного процесса приведения его в жидкое состояние.

### 3.2.3.3. ORBITON PMB 45/80-55

#### Характеристики в соответствии с EN 14023:2010

Требования к модифицированному битуму ORBITON 45/80-55 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 3.11.

Таблица 3.11. Требования и характеристики модифицированного битума ORBITON 45/80-55, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 14023	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	45-80	62
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 55	61,6
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 70	83
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -15	-18
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235	325
Сила растяжения при 5°C (низкая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥3 при 5°C	6,7
Изменение массы после старения RTFOT	EN 12607-1	%	≤ 0,5	-0,06
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 1427	°C	≤ 8	4,0
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 1426	%	≥ 60	71
Упругое восстановление при 25°C после старения RTFOT	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 50	81
Устойчивость при хранении: Разница температур размягчения	EN 13399 EN 1427	°C	≤ 5	0,1
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399 EN 1427	0,1 мм	NR <sup>b</sup>	0,8
Понижение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1, EN 1427	°C	TBR <sup>a</sup>	0,0
a) TBR (To Be Reported) – требуется указать b) NR (No Requirement) – нет требований				

#### Характеристики согласно Superpave

Ниже представлены характеристики модифицированного битума ORBITON 45/80-55, определенные по американскому методу Superpave, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип** (Performance Grade), классификация по AASHTO MP 1: **PG 70-22**
- **Верхние критические температуры** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  кПа (свежий битум)  $T_{крит.} = 74,5^{\circ}\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа (битум после старения RTFOT)  $T_{крит.} = 72,9^{\circ}\text{C}$
  - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$  кПа (битум после старения RTFOT и PAV)  $T_{крит.} = 17,7^{\circ}\text{C}$
- **Нижние критические температуры** (AASHTO PP 42; EN 14771):
  - температура при  $S(60) = 300$  МПа  $T(S)_{60} = -18,1^{\circ}\text{C}$
  - температура при  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -16,9^{\circ}\text{C}$
  - жесткость при температуре  $-16^{\circ}\text{C}$   $S(T)_{-16} = 242$  МПа

• Результаты и классификация согласно методу MSCR

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 кПа	0,156	0,351	0,445	0,114	0,347	1,030
$J_{nr}$ 3,2 кПа	<b>0,169</b>	<b>0,384</b>	<b>0,515</b>	0,121	0,344	1,540
$J_{nr}$ diff	8,7	9,4	15,8	5,7	1,0	49,8
R 0,1 кПа	75,5	71,2	67,9	76,6	76,3	71,8
R 3,2 кПа	74,0	69,5	66,3	75,6	77,0	58,7
R diff	2,1	2,4	5,0	1,2	-0,8	18,2
<b>Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру <math>J_{nr}</math> 3,2 кПа (при температуре испытаний)</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	<b>Very heavy</b>	не классифицируется		

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	145-150°C
На асфальтобетонном заводе:	
Температура накачивания битума	> 150°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	175÷185°C
В полевых условиях:	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	155°C

Зависимость вязкости от температуры

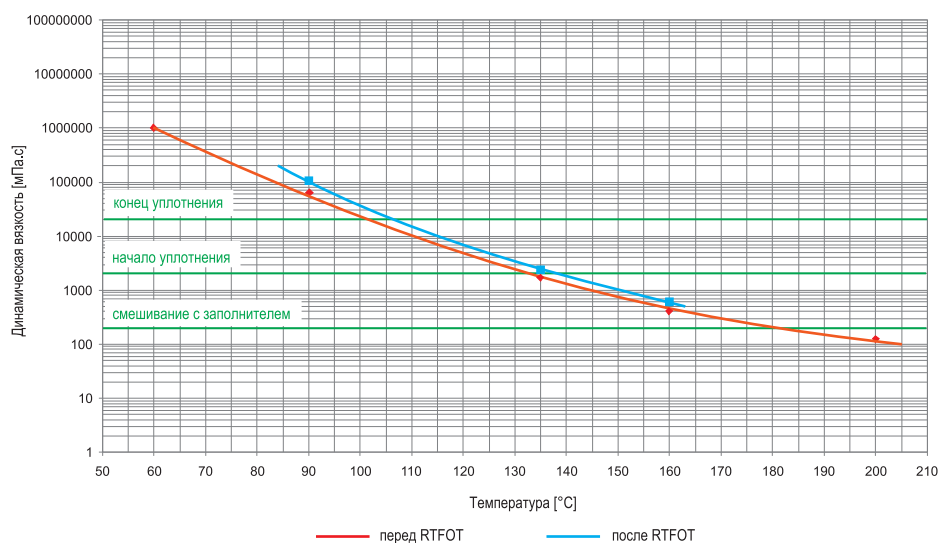


Рис. 3.6. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 45/80-55

Таблица 3.12. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 45/80-55, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
	вакуумная пилляра	EN 12596	—	Па · с	60°C	569
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпindelь № 27	Па · с	90°C	69,33
					135°C	1,47
					160°C	0,44
					200°C	0,12
			шпindelь № 27	Па · с	90°C после RTFOT	108,00
					135°C после RTFOT	1,97
160°C после RTFOT	0,56					

### Характеристики структуры полимера

- код дисперсии полимера согласно EN 13632: В/Н/S/r или В/Н/S/o

#### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 7 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: 160÷180°C
- гарантируемый срок пригодности битума для приготовления АБС: 7 дней

По истечении 5 дней рекомендуется проведение основных контрольных испытаний свойств модифицированного битума, чтобы удостовериться, что продукт не потерял своих свойств из-за возможности потери стабильности системы битум-полимер, т. е. расслоения компонентов. Испытания должны выполняться после 5-ти дней хранения и каждые последующие 2 дня (на 7-й день, 9-й день и т. д.), или с другими интервалами времени, в зависимости от необходимости:

- пенетрация при 25°C согласно EN 1426
- температура размягчения согласно EN 1427
- упругое восстановление при 25°C согласно EN 13398

Если мобильный АБЗ оснащен бункерами с мешалками, следует периодически перемешивать битум в бункере. Для этой цели можно также использовать циркуляцию.

#### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при высокой температуре

Не рекомендуется хранение модифицированного битума более 7 дней. В случае возникновения такой необходимости рекомендуется периодически проводить испытания характеристик вяжущего, напр. каждые 2 дня (диапазон испытаний указан выше). Желательно также перемешивать битум в бункере в течение как минимум 6 часов в сутки. Рекомендуемая температура хранения – 150-160°C.

#### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при пониженной температуре

Не рекомендуется хранение этого вяжущего охлажденным до температуры окружающей среды (напр., зимой), однако если это необходимо, следует предусмотреть достаточное время, необходимое для разжижения вяжущего вещества.



### 3.2.3.4. ORBITON PMB 45/80-65

#### Характеристики в соответствии с EN 14023:2010

Требования к модифицированному битуму ORBITON 45/80-65 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.13. Требования и характеристики модифицированного битума ORBITON 45/80-65, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 14023	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	45-80	55
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 65	75,4
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 80	87
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -15	-20
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235	327
Сила растяжения при 10°C (низкая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥ 2 при 10°C	5,0
Изменение массы после старения RTFOT	EN 12607-1	%	≤ 0,5	0,01
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 1427	°C	≤ 8	3,7
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 1426	%	≥ 60	78
Упругое восстановление при 25°C после старения RTFOT	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 60	86
Устойчивость при хранении: Разница температур размягчения	EN 13399 EN 1427	°C	≤ 5	1,6
Понижение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	TBR <sup>a</sup>	0,7
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399 EN 1426	0,1 мм	NR <sup>b</sup>	—
a) TBR (To Be Reported) – требуется указать b) NR (No Requirement) – нет требований				

#### Характеристики согласно Superpave

Ниже представлены характеристики модифицированного битума ORBITON 45/80-65, определенные по американскому методу Superpave, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип (Performance Grade)**, классификация по AASHTO MP 1: **PG 76-22**
- **Верхние критические температуры (AASHTO T 315):**
  - $G^*/\sin\delta = 1$  кПа (свежий битум)  $T_{\text{крит.}} = 83,2^\circ\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа (битум после старения RTFOT)  $T_{\text{крит.}} = 77,7^\circ\text{C}$
  - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$  кПа (битум после старения RTFOT и PAV)  $T_{\text{крит.}} = 17,6^\circ\text{C}$
- **Нижние критические температуры (AASHTO PP 42; EN 14771):**
  - температура при  $S(60) = 300$  МПа  $T(S)_{60} = 18,3^\circ\text{C}$
  - температура при  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -14,3^\circ\text{C}$
  - жесткость при температуре  $-16^\circ\text{C}$   $S(T)_{-16} = 235$  МПа

• Результаты и классификация согласно методу MSCR

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 кПа	0,099	0,188	0,369	0,042	0,081	0,223
<b><math>J_{nr}</math> 3,2 кПа</b>	<b>0,110</b>	<b>0,207</b>	<b>0,474</b>	0,051	0,099	0,313
$J_{nr}$ diff	10,8	10,2	28,7	20,4	22,2	40,7
R 0,1 кПа	83,2	82,1	80,0	89,6	92,1	91,1
R 3,2 кПа	82,3	81,2	76,0	88,1	90,9	87,3
R diff	1,1	1,0	5,0	1,7	1,3	4,1
<b>Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру <math>J_{nr}</math> 3,2 кПа (при температуре испытаний)</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	не классифицируется		

Технологические температуры

<b>В лаборатории:</b>	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	150-155°C
<b>На асфальтобетонном заводе:</b>	
Температура накачивания битума	>150°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	175÷185°C
<b>В полевых условиях:</b>	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	160°C

Зависимость вязкости от температуры

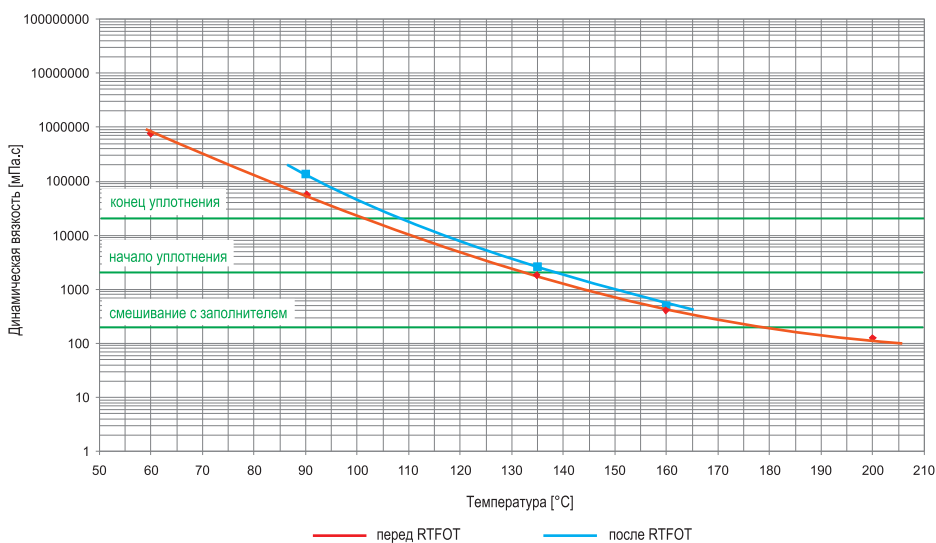


Рис. 3.7. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 45/80-65

Таблица 3.14. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 45/80-65, производимого в 2015 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумная капилляра	EN 12596	—	Па · с	60°C	647
	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпindelь № 21	Па · с	90°C	45,70
					135°C	1,59
					160°C	0,46
					200°C	0,16
			шпindelь № 27	Па · с	90°C после RTFOT	136,00
					135°C после RTFOT	2,05
					160°C после RTFOT	0,55

### Характеристики структуры полимера

- код дисперсии полимера согласно EN 13632: V/H/S/r или V/H/S/o

#### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 7 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: 160÷180°C
- гарантируемый срок пригодности битума для приготовления АБС: 7 дней

По истечении 5 дней рекомендуется проведение основных контрольных испытаний свойств модифицированного битума, чтобы удостовериться, что продукт не потерял своих свойств из-за возможности потери стабильности системы битум-полимер, т. е. расслоения компонентов. Испытания должны выполняться после 5-ти дней хранения и каждые последующие 2 дня (на 7-й день, 9-й день и т. д.), или с другими интервалами времени, в зависимости от необходимости:

- пенетрация при 25°C согласно EN 1426
- температура размягчения согласно EN 1427
- упругое восстановление при 25°C согласно EN 13398

Если мобильный АБЗ оснащен бункерами с мешалками, следует периодически перемешивать битум в бункере. Для этой цели можно также использовать циркуляцию

#### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при высокой температуре

Не рекомендуется хранение модифицированного битума более 7 дней. В случае возникновения такой необходимости рекомендуется периодически проводить испытания характеристик вяжущего, напр. каждые 2 дня (диапазон испытаний указан выше). Желательно также перемешивать битум в бункере в течение как минимум 6 часов в сутки. Рекомендуемая температура хранения – 150-160°C.

#### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при пониженной температуре

Не рекомендуется хранение этого вяжущего охлажденным до температуры окружающей среды (напр., зимой) из-за сложного процесса приведения его в жидкое состояние.

### 3.2.3.5. ORBITON PMB 65/105-60

#### Характеристики в соответствии с EN 14023:2010

Требования к модифицированному битуму ORBITON 45/80-65 и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблице 3.13.

Таблица 3.15. Требования и характеристики модифицированного битума ORBITON 65/105-60, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель	Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 14023	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	65-105	74
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥60	64,0
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥70	80
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤-15	-18
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥235	>245
Сила растяжения (низкая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥3 при 5°C	5,2
Изменение массы после старения RTFOT	EN 12607-1	%	≤0,5	-0,03
Повышение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 1427	°C	≤10	4,2
Оставшаяся пенетрация после старения RTFOT	EN 1426	%	≥60	73
Упругое восстановление при 25°C после старения RTFOT	EN 12607-1, EN 13398	%	≥60	74
Устойчивость при хранении: Разница температур размягчения	EN 13399 EN 1427	°C	≤5	2,6
Понижение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	TBR a	0,0
a) TBR (To Be Reported) – требуется указать				

#### Характеристики согласно Superpave

Ниже представлены характеристики модифицированного битума ORBITON 65/105-60, определенные по американскому методу Superpave, в период 2012-2015 гг.

- **Функциональный тип** (*Performance Grade*), классификация по AASHTO MP 1: **PG 64-28**
- **Верхние критические температуры** (AASHTO T 315):
  - $G^*/\sin\delta = 1$  кПа (свежий битум)  $T_{\text{крит.}} = 74,9^\circ\text{C}$
  - $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа (битум после старения RTFOT)  $T_{\text{крит.}} = 69,2^\circ\text{C}$
  - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$  кПа (битум после старения RTFOT и PAV)  $T_{\text{крит.}} = 13,6^\circ\text{C}$
- **Нижние критические температуры** (AASHTO PP 42; EN 14771):
  - температура при  $S(60) = 300$  МПа  $T(S)_{60} = -20,5^\circ\text{C}$
  - температура при  $m(60) = 0,3$   $T(m)_{60} = -20,6^\circ\text{C}$
  - жесткость при температуре  $-16^\circ\text{C}$   $S(T)_{-16} = 172$  МПа

## Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла (уплотненные) или образцы, уплотненные на приборе жираторного уплотнения)	145-150°C
На асфальтобетонном заводе:	
Температура накачивания битума	>150°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	175÷185°C
В полевых условиях:	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	160°C

## Зависимость вязкости от температуры

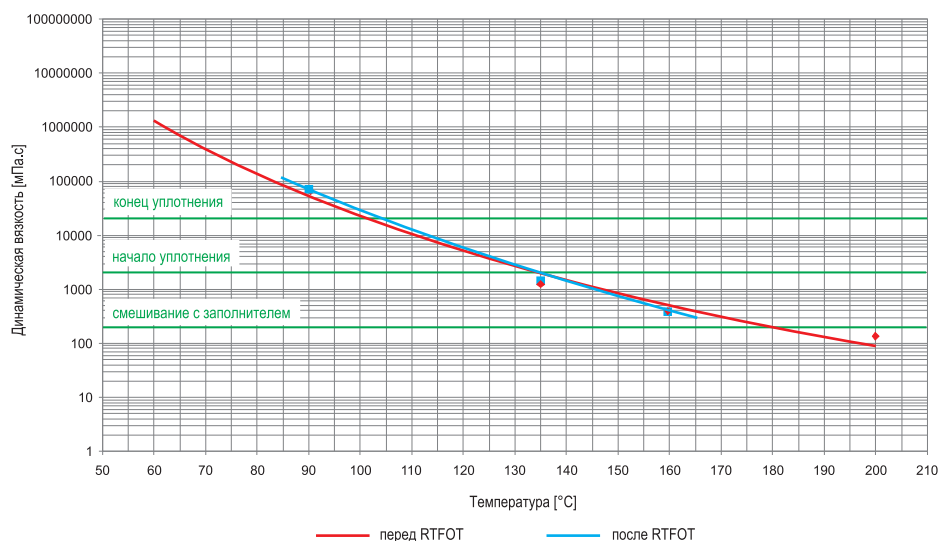


Рис. 3.8. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 65/105-60

Таблица 3.16. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 65/105-60, производимого в 2013 году. Испытания, проведенные в ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытаний	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13302	шпindelь 3 21, 29	Па · с	90°C	70,00
					135°C	1,23
					160°C	0,39
			шпindelь № 27	Па · с	90°C после RTFOT	63,83
					135°C после RTFOT	1,36
					160°C после RTFOT	0,41

## Характеристики структуры полимера

- код дисперсии полимера согласно EN 13632: B/H/S/r или B/H/S/o

## Хранение

### Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 7 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: 160±180°C
- гарантируемый срок пригодности битума для приготовления АБС: 7 дней

По истечении 5 дней рекомендуется проведение основных контрольных испытаний свойств модифицированного битума, чтобы удостовериться, что продукт не потерял своих свойств из-за возможности потери стабильности системы битум-полимер, т. е. расслоения компонентов. Испытания должны выполняться после 5-ти дней хранения и каждые последующие 2 дня (на 7-й день, 9-й день и т. д.), или с другими интервалами времени, в зависимости от необходимости:

- пенетрация при 25°C согласно EN 1426
- температура размягчения согласно EN 1427
- упругое восстановление при 25°C согласно EN 13398

Если мобильный АБЗ оснащен бункерами с мешалками, следует периодически перемешивать битум в бункере. Для этой цели можно также использовать циркуляцию.

### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при высокой температуре

Не рекомендуется хранение модифицированного битума более 7 дней. В случае возникновения такой необходимости рекомендуется периодически проводить испытания характеристик вяжущего, напр. каждые 2 дня (диапазон испытаний указан выше). Желательно также перемешивать битум в бункере в течение как минимум 6 часов в сутки. Рекомендуемая температура хранения – 150-160°C.

### Долгосрочное хранение (более 7 дней) при пониженной температуре

Не рекомендуется хранение этого вяжущего охлажденным до температуры окружающей среды (напр., зимой) из-за сложного процесса приведения его в жидкое состояние.

## Глава 4

### ВЫСОКОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ ПОЛИМЕРАМИ БИТУМ ORBİTON HiMA, СТАНДАРТ PN-EN 14023

С 2011 г. в Отделе технологий, исследований и развития компании «ORLEN Asphalt» велись исследовательские работы по созданию новой группы продукции. В результате лабораторных работ и производственных испытаний были разработаны инновационные битумные вяжущие – высокомодифицированные полимерами битумы.

В октябре 2013 г. в Польше был выполнен первый опытный отрезок дорожного покрытия с применением высокомодифицированного битума. Отрезок располагался на воеводской автодороге, находившейся в ведении Управления воеводских автодорог в г. Катовице. Это был пятый участок в Европе, выполненный с использованием высокомодифицированного вяжущего, содержащего специальный полимер производства компании KRATON.

В апреле 2014 года Польский комитет по стандартизации опубликовал в форме Национального приложения к стандарту PN-EN 14023 обновленные требования к модифицированным полимерами битумам, в том числе дополнительную таблицу с требованиями к высокомодифицированным битумам. Благодаря этому, в мае 2014 года, под торговым наименованием ORBITON HiMA высокомодифицированные битумы были официально включены в ассортимент продукции, предлагаемой компанией «ORLEN Asphalt». Поскольку это вяжущие, изготовленные на основании гармонизированного стандарта, они имеют маркировку.

В главе 4 настоящего Справочника представляем Вам описание, принцип действия, результаты лабораторных исследований и опытных испытаний, проводившихся на тестовых отрезках, выполненных из новых вяжущих производства компании «ORLEN Asphalt», то есть высокомодифицированных битумов.

#### 4.1. ВВЕДЕНИЕ

##### 4.1.1. Общее описание высокомодифицированных полимерами битумов

Научно-исследовательские работы, проводимые многими научными центрами в последние десятилетия, позволили установить, что более высокое содержание полимера в асфальте позволяет получить дополнительные качественные преимущества, значительно способствуя улучшению прочности асфальтобетонных покрытий. Результат улучшения прочности отмечается особенно в области устойчивости смеси к образованию трещин, колеи и усталости. Особое значение имеет достижение эффекта обращения фазы, то есть момента, в который полимерная фаза становится непрерывной фазой в полимербитуме (как правило, при массовом содержании полимера SBS свыше 6,5-7,0%). Применение для модификации битума такого большого количества СБС-полимера приводило, однако, к определенным техническим последствиям в области производства и использования таких вяжущих. Данные последствия были связаны, среди прочего, со следующими аспектами:

- проблемы с устойчивостью при хранении и транспортировке полимербитума (повышенный риск отслоения полимера),
- очень высокая вязкость полимербитума, из-за которой такие вяжущие следовало бы нагревать на АБЗ до гораздо более высокой температуры, чем обычный полимер-модифицированный битум с меньшим количеством полимера,

- трудности, связанные с уплотнением асфальтобетонной смеси в процессе строительства дороги – ввиду слишком высокой вязкости происходит слишком быстрое затвердевание смеси в слое, что дает слишком низкие показатели плотности.

Вышеизложенные ограничения концепции высокомодифицированного битума для дорожных применений являлись вызовом не только для производителей дорожных вяжущих, но и для производителей полимеров. Исследования, проводимые в полимерной промышленности, привели, однако, к положительным результатам, и уже несколько лет на рынке доступен полимер, который позволяет производить высокомодифицированный битум без недостатков, описанных выше.

Битум такого типа получил название **HiMA – Highly Modified Asphalt**.

Работы по исследованию и внедрению новых высокомодифицированных битумных вяжущих показали, что функциональные характеристики данной продукции существенно превышают стандартный уровень. Данная продукция отличается, в частности, очень высокой устойчивостью к образованию колеи, действию воды и морозов, отличной усталостной прочностью и устойчивостью к образованию трещин.

#### 4.1.2. Принцип действия высокомодифицированного битума HiMA

Основная концепция высокомодифицированного битума заключается в предотвращении трещинообразований в дорожном покрытии, остаточной деформации (колеобразования), а также увеличении усталостной прочности битумных слоев.

Для этой цели используется высокое содержание полимера, превышающее 7% м/м, что приводит к инверсии фаз в полимер-битумной смеси (рис. 4.1.).



Рис. 4.1. Объемное соотношение между битумом и полимером в типовом полимер-модифицированном битуме и высокомодифицированном битуме

Преимущества непрерывной полимерной сетки (полимерной фазы), которая действует в вяжущем и асфальтобетонной смеси как гибкая «арматура», легко показать на примере ограничения распространения трещин высокомодифицированными вяжущими. На рис. 4.2. приведены схемы двух гипотетических ситуаций:

- Рис. А. Распространение трещины, отражаемой слоем асфальтобетонной смеси с классическим дорожным битумом – в этой схеме трещина может пройти через слой вяжущего без особых усилий.
- Рис. В. Распространение трещины через слой асфальтобетонной смеси с классическим полимер-модифицированным битумом с прерывистой полимерной сеткой (обозначена желтыми точками). В этой схеме трещина может пройти через слой, находя слабые места в вяжущем между фрагментами полимерной сети (хотя и с некоторым опозданием),



- Рис. С. Распространение трещины через слой асфальтобетонной смеси с высокомодифицированным битумом, с непрерывной полимерной сеткой (обозначена желтыми линиями). В этой схеме трещине трудно пройти через слой из-за барьера, созданного полимерной сеткой.

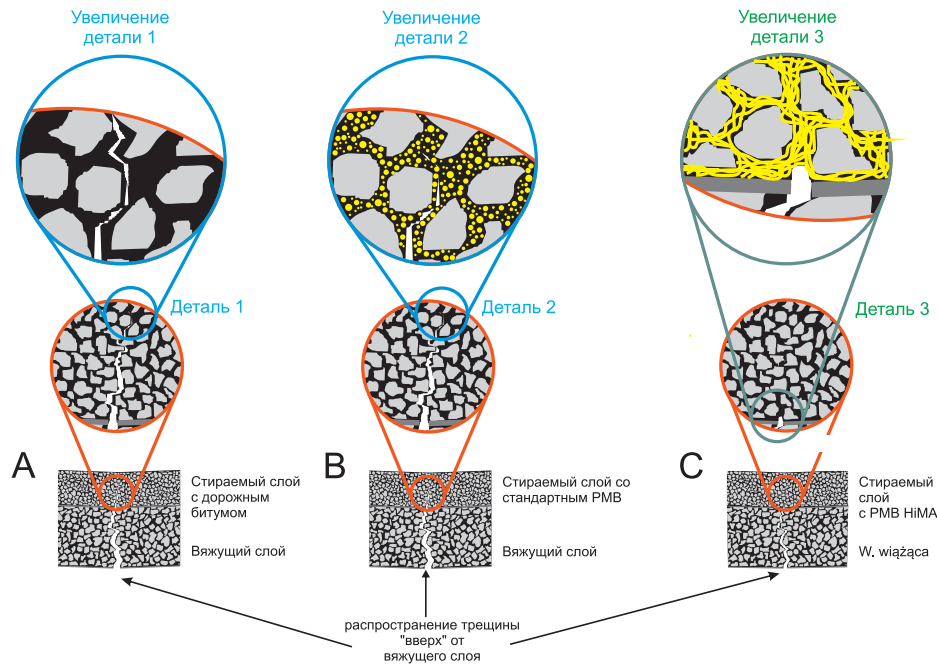


Рис. 4.2. Распространение трещин в битумном слое а) с дорожным битумом, б) с полимермодифицированным битумом, в) с высокомодифицированным битумом

#### 4.1.3. Правила классификации высокомодифицированных полимерами битумов

Все высокомодифицированные битумы ORBITON HiMA классифицируются в соответствии с Европейским стандартом PN-EN 14023:2011 «Битум и битумные вяжущие. Принципы классификации битума, модифицированного полимерами». Описание стандарта, его требований, оценка соответствия и правила маркировки CE для высокомодифицированных битумов аналогичны классическим модифицированным битумам и детально описаны в главе 3.

Систематика маркировки высокомодифицированных полимерами битумов, которые производятся в соответствии с европейским стандартом EN 14023, представлена в таблице 4.1.

Таблица 4.1. Систематика маркировки высокомодифицированных полимерами битумов, которые производятся компанией «ORLEN Asfalt» в соответствии с европейским стандартом PN-EN 14023

Битумное вяжущее	Высокомодифицированный битум
Ссылочный документ	PN-EN 14023:2011/Аp1:2014-04
Обозначение битумного вяжущего вещества согласно стандарту	PMB X/Y-Z
Сорт битумного вяжущего, поставляемого компанией «ORLEN Asfalt»	ORBITON 25/55-80 HiMA ORBITON 45/80-80 HiMA ORBITON 65/105-80 HiMA
<p><b>Пояснения к обозначениям:</b>  X – нижний предел пенетрации при 25°C [0,1 мм] по стандарту EN 1426,  Y – верхний предел пенетрации при 25°C [0,1 мм] по стандарту EN 1426,  Z – нижний предел температуры размягчения (PiK) [°C] по стандарту EN 1427.  PMB – сокращение происходит от polymer modified bitumen (как правило, замещается торговым наименованием производителя битума)  ORBITON HiMA – (Highly Modified Asphalt), торговое наименование битума</p>	

На рис. 4.3. на диаграмме Pen25-PiK представлено расположение новой продукции относительно дорожных и модифицированных (типовых) битумов, использовавшихся до сих пор. Можно отметить существенное повышение температуры размягчения PiK для всей продукции ORBITON HiMA, что непосредственно связано с большим содержанием полимера в этих битумах.

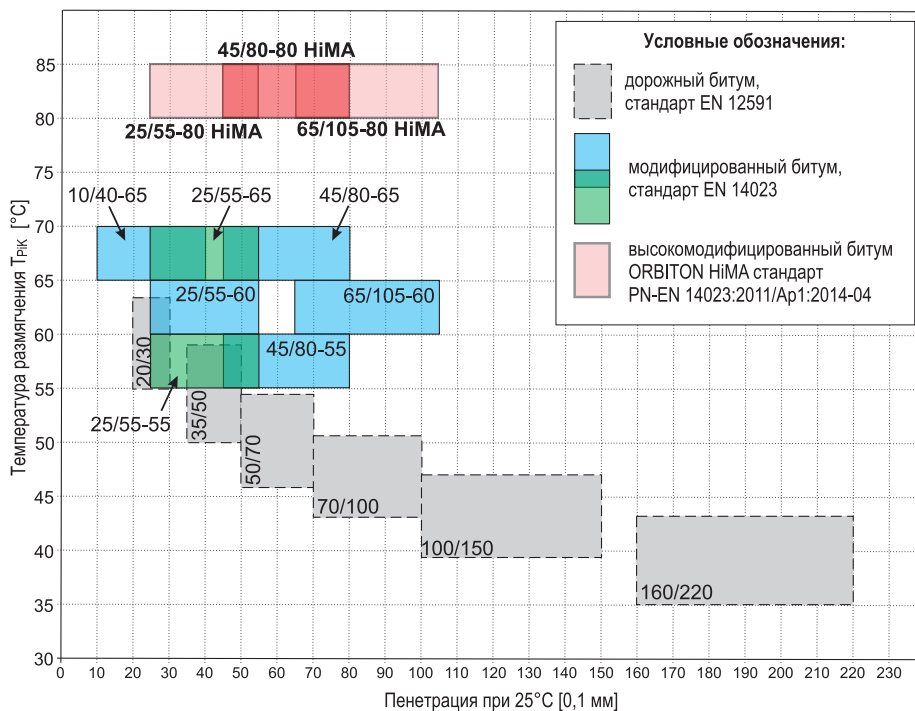


Рис. 4.3. Расположение высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA относительно дорожных и модифицированных (типовых) битумов на графике Pen25-PiK

#### 4.1.4. Национальный аппликационный документ – требования к высокомодифицированным полимерами битумам

В апреле 2014 года в Польше Польским комитетом стандартизации было опубликовано Национальное приложение к стандарту PN-EN 14023, определяющее требования к высокомодифицированным полимерами битумам.

Деление на виды, классы, а также требования к высокомодифицированным полимерами битумам согласно Национальному приложению NA, таблица NA.2 к стандарту PN-EN 14023:2011, представлены в таблице 4.2.

Таблица 4.2. Классификация по типам и требованиям к высокомодифицированным полимерами битумам в Польше, согласно национальному приложению NA, таблица NA2 к стандарту PN-EN 14023:2011/Ar1:2014-04

Показатель		Метод испытания	Единица	Вид высокомодифицированного битума					
				ORBITON 25/55-80 HiMA		ORBITON 45/80-80 HiMA		ORBITON 65/105-80 HiMA	
				Требование NA.2 2014	класс	Требование NA.2 2014	класс	Требование NA.2 2014	класс
Пенетрация при 25°C		EN 1426	0,1 мм	от 25 до 55	3	от 45 до 80	4	от 65 до 105	3
Температура размягчения		EN 1427	°C	≥ 80	2	≥ 80	2	≥ 80	2
Когезия	Сила растяжения методом с дуктилометром (растяжение 50 мм/мин)	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	TBR (при 15°C)	—	TBR (при 10°C)	—	TBR (при 10°C)	—
Устойчивость к старению	Изменение	EN 12607-1	%	≤ 0.5	3	≤ 0.5	3	≤ 0.5	3
	Оставшаяся пенетрация		%	≥ 60	7	≥ 60	7	≥ 60	7
	Увеличение температуры размягчения		°C	≤ 8	2	≤ 8	2	≤ 8	2
Температура вспышки		EN ISO 2592	°C	≥ 235	3	≥ 235	3	≥ 235	3
Температура хрупкости		EN 12593	°C	≤ -15	7	≤ -18	8	≤ -18	8
Упругое восстановление	при 25°C	EN 13398	%	≥ 80	2	≥ 80	2	≥ 80	2
	при 10°C	EN 13398	%	TBR	1	TBR	1	TBR	1
Понижение температуры размягчения после испытания согласно EN 12607-1		EN 1427	°C	TBR	1	TBR	1	TBR	1
Упругое восстановление при 25°C после испытаний по EN 12607-1		EN 13398	%	≥60	4	≥60	3	≥60	2
Упругое восстановление при 10°C после испытаний по EN 12607-1		EN 13398	%	NR	0	TBR	1	TBR	1
Устойчивость при хранении (3 дня). Разница температуры размягчения		EN 13399 EN 1427	°C	≤ 5	2	≤ 5	2	≤ 5	2

\* – изменение массы может принимать отрицательное или положительное значение  
 NR – No Requirement (нет требований)  
 TBR – To Be Reported (требуется указать)

#### 4.1.5. Применение высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA

Благодаря применению в процессе производства битума значительно большего количества эластомера SBS, достигаются чрезвычайно высокие характеристики вяжущего вещества – как при высоких, так и при низких температурах. Таким образом, битумы ORBITON HiMA особенно хорошо подходят для применения в областях, требующих очень высокой прочности, таких как:

- асфальтовые поверхности, подвергающиеся очень высоким напряжениям и деформациям,
- слои с очень высокой устойчивостью к низким температурам,
- тонкие и сверхтонкие слои износа,
- асфальтовые основания с очень высокой усталостной прочностью.

Высокомодифицированные битумы предназначены также для применения в долговечных покрытиях типа *perpetual pavements*, в которых последний нижний битумный слой характеризуется очень высокой эластичностью и усталостной прочностью. **Использование ORBITON HiMA в этом специальном противоусталостном слое или в асфальтовом основании (например, в *Rich Bottom Layer*) обеспечивает очень долгий жизненный цикл покрытия.**

Правильно разработанные асфальтобетонные смеси с использованием высокомодифицированного битума гарантируют достижение значительно лучших свойств по сравнению с их аналогами со схожей твердостью (дорожный битум и классический модифицированный битум).

Несмотря на относительно короткое время присутствия битума ORBITON HiMA на рынке, сфера его применения уже стала чрезвычайно широкой – как по типам асфальтобетонной смеси, так и по категориям движения по покрытию.

Ниже представлены наиболее распространенные сферы применения отдельных видов высокомодифицированного битума.

**ORBITON 25/55-80 HiMA** предназначен для несущих и связующих слоев долговечных покрытий (типа *perpetual pavements*), смесей с высоким модулем жесткости AC WMS, а также для использования на участках с невысокой скоростью движения; ввиду высокой жесткости этого вяжущего его следует использовать в специальных целях, не забывая о соответствующих условиях на строительной площадке. Использование настолько твердого битума рекомендуется только в случаях особой необходимости.

**ORBITON 45/80-80 HiMA** предназначен для слоев износа покрытий, подвергающихся очень высоким нагрузкам и работающих при низкой температуре, а также для использования во всех остальных слоях и на специальных участках, например на мостовых объектах.

**ORBITON 65/105-80 HiMA** предназначен для использования в слоях износа и специальных технологиях, например в слоях SAMI и слоях износа из BBTM, UTLAC, DSH, PA. Его можно также использовать для изготовления битумных эмульсий, предназначенных для *slurry seal*.

## 4.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ

В следующих частях настоящей главы представлен обзор характеристик высокомодифицированного битума, согласно стандарту EN 14023, вместе с дополнительными сведениями, полученными по результатам испытаний, проводившихся американским методом *Superpave* и *Superpave plus*. Глава также содержит классификацию дорожных битумов ORBITON HiMA в зависимости от интенсивности движения, разработанную по результатам испытаний MSCR (описание испытания MSCR содержится в главе 7).

В главе также содержатся сведения об ориентировочных технологических температурах применения высокомодифицированных битумов в асфальтобетонных смесях, и данные о зависимости вязкости от температуры.

### 4.2.1. Характеристики в соответствии с PN-EN 14023:2011

Требования к высокомодифицированному битуму ORBITON HiMA и результаты лабораторного контроля, проводившегося в 2016 году, представлены в таблицах 4.3.-4.5.

Таблица 4.3. Требования и характеристики высокомодифицированного битума **ORBITON 25/55-80 NiMA**, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель		Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 14023	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C		EN 1426	0,1 мм	25 до 55	45
Температура размягчения		EN 1427	°C	≥ 80	94,0
Когезия	Сила растяжения методом с дуктилометром	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥ 0,5 (при 15°C)	4.6
Устойчивость к старению	Изменение массы <sup>a</sup>	EN 12607-1	%	≤ 0,5	0,03
	Оставшаяся пенетрация		%	≥ 60	82
	Увеличение температуры размягчения		°C	≤ 8	1.6
Температура вспышки		EN ISO 2592	°C	≥ 235	325
Температура хрупкости		EN 12593	°C	≤ -15	-19
Упругое восстановление	при 25°C	EN 13398	%	≥ 80	91
	при 10°C	EN 13398	%	TBR <sup>b</sup>	78
Понижение температуры размягчения после испытания согласно EN 12607-1		EN 1427	°C	TBR <sup>b</sup>	0,0
Упругое восстановление при 25°C после испытаний по EN 12607-1		EN 13398	%	≥ 60	88
Упругое восстановление при 10°C после испытаний по EN 12607-1		EN 13398	%	NR <sup>c</sup>	75
Устойчивость при хранении (3 дня). Разница температуры размягчения		EN 13399 EN 1427	°C	≤ 5	0.5

a) изменение массы может принимать отрицательное или положительное значение  
b) TBR – To Be Reported (требуется указать)  
c) NR – No Requirement (нет требований)

Таблица 4.4. Требования и характеристики высокомодифицированного битума **ORBITON 45/80-80 NiMA**, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель		Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 14023	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C		EN 1426	0,1 мм	от 45 до 80	69
Температура размягчения		EN 1427	°C	≥ 80	92,4
Когезия	Сила растяжения методом с дуктилометром	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	≥ 2,0 (при 10°C)	4.2
Устойчивость к старению	Изменение массы <sup>a</sup>	EN 12607-1	%	≤ 0,5	-0,02
	Оставшаяся пенетрация		%	≥ 60	80
	Увеличение температуры размягчения		°C	≤ 8	2.5
Температура вспышки		EN ISO 2592	°C	≥ 235	>245
Температура хрупкости		EN 12593	°C	≤ -18	-21
Упругое восстановление	при 25°C	EN 13398	%	≥ 80	95
	при 10°C	EN 13398	%	TBR <sup>b</sup>	79
Понижение температуры размягчения после испытания согласно EN 12607-1		EN 1427	°C	TBR <sup>b</sup>	1,1
Упругое восстановление при 25°C после испытаний по EN 12607-1		EN 13398	%	≥ 60	91
Упругое восстановление при 10°C после испытаний по EN 12607-1		EN 13398	%	NR <sup>c</sup>	81
Устойчивость при хранении (3 дня). Разница температуры размягчения		EN 13399 EN 1427	°C	≤ 5	2,9

a) изменение массы может принимать отрицательное или положительное значение  
b) TBR – To Be Reported (требуется указать)  
c) NR – No Requirement (нет требований)

Таблица 4.5. Требования и характеристики высокомодифицированного битума **ORBITON 65/105-80 HiMA**, произведенного в 2016 году (результаты испытаний ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.», аккредитация PCA №AB 484)

Показатель		Метод испытания	Единица	Требования стандарта PN-EN 14023	Среднее значение, 2016 г.
Пенетрация при 25°C		EN 1426	0,1 мм	от 65 до 105	85
Температура размягчения		EN 1427	°C	≥80	90.6
Когезия	Сила растяжения методом с дуктилометром	EN 13589 EN 13703	Дж/см <sup>2</sup>	TBR <sup>b</sup> (при 10°C)	5,1
Устойчивость к старению	Изменение массы <sup>a</sup>	EN 12607-1	%	≤ 0,5	0,06
	Оставшаяся пенетрация		%	≥ 60	81
	Увеличение температуры размягчения		°C	≤ 8	2,1
Температура вспышки		EN ISO 2592	°C	≥ 235	> 245
Температура хрупкости		EN 12593	°C	≤ -18	-20
Упругое восстановление	при 25°C	EN 13398	%	≥ 80	94
	при 10°C	EN 13398	%	TBR <sup>b</sup>	89
Понижение температуры размягчения после испытания согласно EN 12607-1		EN 1427	°C	TBR <sup>b</sup>	0.0
Упругое восстановление при 25°C после испытаний по EN 12607-1		EN 13398	%	≥ 70	93
Упругое восстановление при 10°C после испытаний по EN 12607-1		EN 13398	%	NR <sup>c</sup>	88
Устойчивость при хранении (3 дня). Разница температуры размягчения		EN 13399 EN 1427	°C	≤ 5	1,7

а) изменение массы может принимать отрицательное или положительное значение  
 б) TBR – To Be Reported (требуется указать)  
 в) NR – No Requirement (нет требований)

#### 4.2.2. Характеристики согласно *Superpave*

Ниже представлены характеристики высокомодифицированного битума ORBITON HiMA, определенные по американскому методу *Superpave*, в период 2012-2015 гг.

##### 4.2.2.1. Испытания характеристик при низких температурах

В системе *Performance Grade* для испытания поведения битума при низкой температуре используется реометр с изгибающейся балкой BBR (*Bending Beam Rheometer*).

В таблице 4.6 представлены результаты низкотемпературных характеристик ORBITON HiMA, полученных на реометре с изгибающейся балкой BBR, со старением методом RTFOT и PAV.

Параметры испытания:

- Испытание при четырех температурах: -10, -16, -22, -28 °C.
- Время термостатирования образца: 60 мин.
- Показания, полученные через 60 с нагрузки: S(60с) МПа, m(60с)

Таблица 4.6. Результаты исследования низкотемпературных характеристик ORBITON HiMA после старения (RTFOT+PAV), в реометре с изгибающейся балкой BBR при  $S(60) = 300$  МПа,  $m(60) = 0,3$ , и жесткость  $S$  при температуре  $-16^{\circ}\text{C}$

Вид битума	Критическая температура при $S(60) = 300$ МПа $T(S)_{60}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Критическая температура при $m(60) = 0,3$ $T(m)_{60}$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Жесткость битума при температуре $-16^{\circ}\text{C}$ $S(T)_{-16}$ [МПа]
	EN 14771, AASHTO PP 42		
	меньше = лучше		
ORBITON 25/55-80 HiMA	-18,5	-16,2	229,5
ORBITON 45/80-80 HiMA	-19,7	-19,8	181,3
ORBITON 65/105-80 HiMA	-20,6	-20,8	171,3

На рисунке 4.4. представлено сравнение низкотемпературных характеристик ORBITON HiMA с классическими модифицированными битумами ORBITON и дорожными битумами со схожим диапазоном пенетрации.

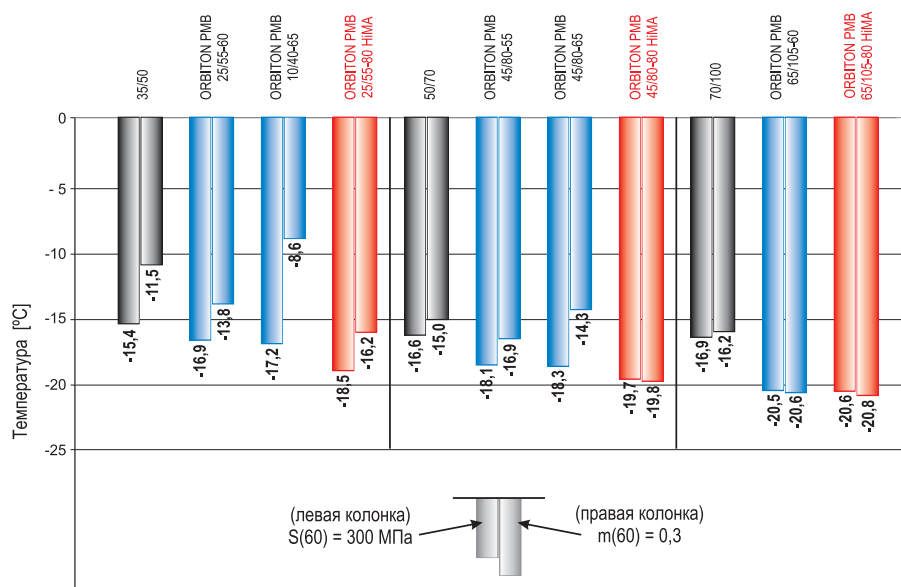


Рис. 4.4. Сравнение низкотемпературных характеристик ORBITON HiMA с классическими модифицированными битумами ORBITON и дорожными битумами со схожим диапазоном пенетрации (критическая температура при  $S(60) = 300$  МПа и при  $m(60) = 0,3$ )

#### 4.2.2.2. Испытание характеристик при промежуточных температурах – усталостная прочность

Для усталостных испытаний вяжущего используется реометр динамического сдвига DSR.

Устойчивость вяжущего к образованию усталостных трещин испытывается при промежуточной температуре (в зависимости от типа PG). Требования ограничивают жесткость  $G^* \cdot \sin \delta$  до максимума 5000 кПа (в более новой версии системы PG данное требование было повышено до 6000 кПа).

В таблице 4.7. представлены результаты исследования, проведенного в реометре динамического сдвига DSR для определения условной критической температуры усталостного растрескивания высокомодифицированных битумов.

Таблица 4.7. Результаты испытаний характеристик битумов ORBITON HiMA в реометре динамического сдвига DSR.

Вид высокомодифицированного битума	Критическая температура при $G^* \cdot \sin \delta = 5000$ кПа битум после RTFOT+PAV [°C]	Критическая температура при $G^* \cdot \sin \delta = 6000$ кПа битум после RTFOT+PAV [°C]
	AASHTO T 315	AASHTO T 315
	меньше = лучше	
ORBITON 25/55-80 HiMA	17,9	16,2
ORBITON 45/80-80 HiMA	13,2	11,4
ORBITON 65/105-80 HiMA	12,3	11,3

На рисунке 4.5. представлено сравнение характеристик высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA при промежуточных температурах с классическими модифицированными битумами ORBITON и дорожными битумами со схожим диапазоном пенетрации.

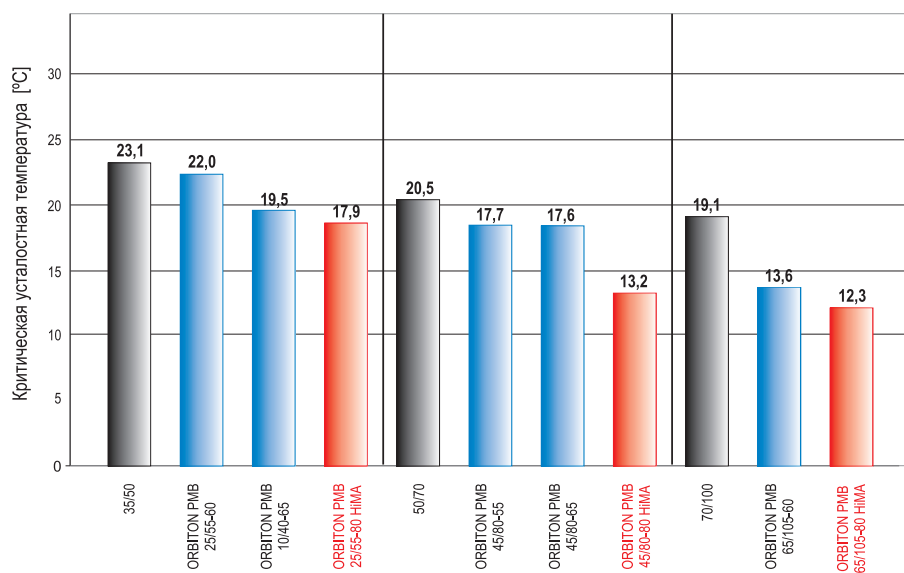


Рис. 4.5 Сравнение усталостных характеристик ORBITON HiMA с классическими модифицированными битумами ORBITON и дорожными битумами со схожим диапазоном пенетрации, метод DSR ( $G^* \cdot \sin \delta = 5000$  кПа), по методу Superpave

#### 4.2.2.3. Испытания характеристик при высоких температурах

##### 4.2.2.3.1. Классический метод с DSR ( $G^*$ и $\delta$ )

В соответствии с классическим методом *Superpave*, устойчивость вяжущего к действию высокой температуры определяется в реометре динамического сдвига DSR путем измерения двух параметров:

- комплексного модуля жесткости  $G^*$  и угла фазового смещения  $\delta$  битума перед старением RTFOT,
- комплексного модуля жесткости  $G^*$  и угла фазового смещения  $\delta$  битума после старения RTFOT.

Требуется, чтобы при предполагаемой наивысшей температуре работы битума в покрытии (то есть в „верхнем PG”) битум характеризовался определенными параметрами, испытанными в DSR:

- $G^*/\sin \delta \geq 1,00$  кПа для битума перед старением,
- $G^*/\sin \delta \geq 2,20$  кПа для битума после старения в аппарате RTFOT.



В таблице 4.8. представлены результаты испытаний характеристик битумов ORBITON HiMA, полученные в реометре динамического сдвига DSR.

Параметры испытания:

- комплексный модуль жесткости  $G^*$  и угол фазового смещения  $\delta$  битума перед старением для определения критической температуры при  $G^*/\sin\delta = 1$  кПа,
- комплексный модуль жесткости  $G^*$  и угол фазового смещения  $\delta$  битума после старения RTFOT для определения критической температуры при  $G^*/\sin\delta = 2,2$  кПа,

Таблица 4.8. Результаты испытаний характеристик битумов в реометре динамического сдвига DSR

Вид высоко-модифицированного битума	Критическая температура при $G^*/\sin\delta = 1$ кПа битум перед старением [°C]	Критическая температура при $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа битум перед старением [°C]
	AASHTO T 315	AASHTO T 315
	больше = лучше	
ORBITON 25/55-80 HiMA	105,2	95,4
ORBITON 45/80-80 HiMA	98,2	84,3
ORBITON 65/105-80 HiMA	94,3	77,4

На рис. 4.6. представлено сравнение верхней критической температуры в испытании DSR с учетом двух параметров ( $G^*/\sin\delta$ ) для битумов ORBITON HiMA по сравнению с классическими модифицированными битумами ORBITON и дорожными битумами с подобным диапазоном пенетрации.

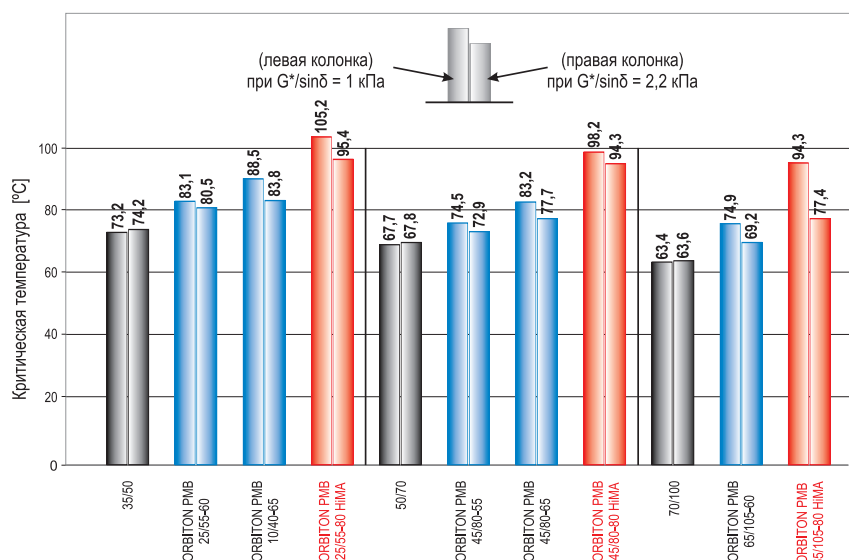


Рис. 4.6. Сравнение верхней критической температуры в DSR для ORBITON HiMA с классическими модифицированными битумами ORBITON и дорожными битумами со схожим диапазоном пенетрации

На рисунках 4.7.-4.9. представлены кривые Блэка для дорожных и модифицированных битумов со схожим диапазоном пенетрации, а также для отдельных видов ORBITON HiMA.

Кривая Блэка используется для оценки зависимости комплексного модуля жесткости вяжущего  $G^*$  в функции угла фазового смещения  $\delta$ . Как видно на представленных ниже рисунках, чем эластичнее вяжущее, тем более отмечается упругая часть работы вяжущего в форме уменьшения угла фазового смещения, по мере уменьшения комплексного модуля жесткости  $G^*$ . Таким образом, чем меньше угол фазового смещения  $\delta$  – тем лучше.

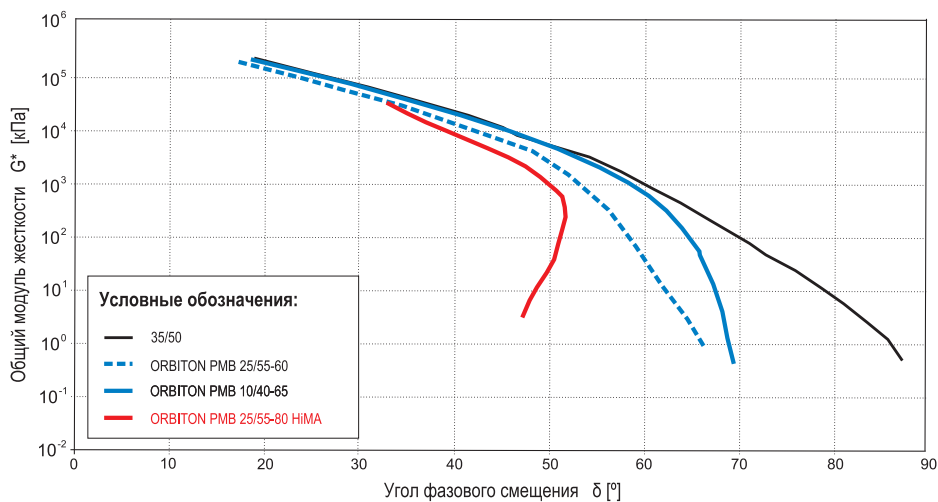


Рис. 4.7. Сравнение Кривых Блэка для **ORBITON 25/55-80 HiMA** с **ORBITON 25/55-60**, **ORBITON 10/40-65** и дорожным битумом **35/50** (битумы без старения).

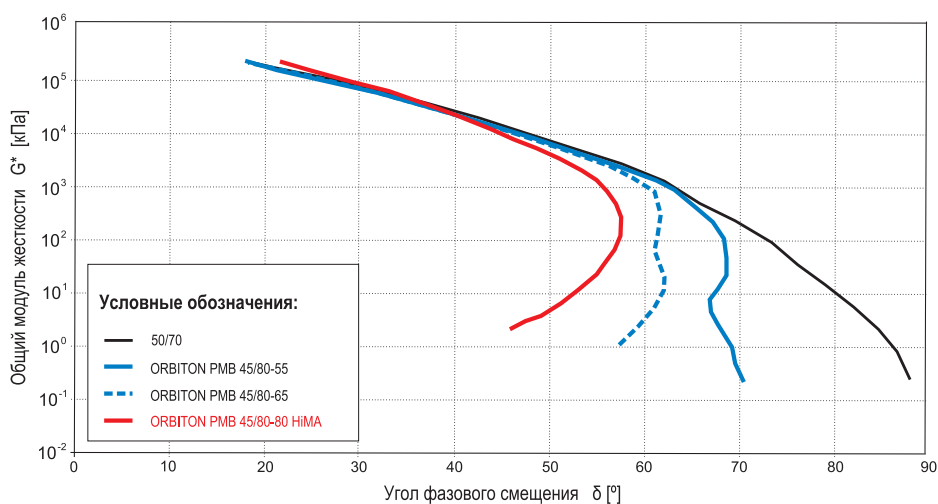


Рис. 4.8. Сравнение Кривых Блэка для **ORBITON 45/80-80 HiMA** с битумами **ORBITON 45/80-55** и **ORBITON 45/80-65**, а также дорожным битумом **50/70** (битумы без старения).

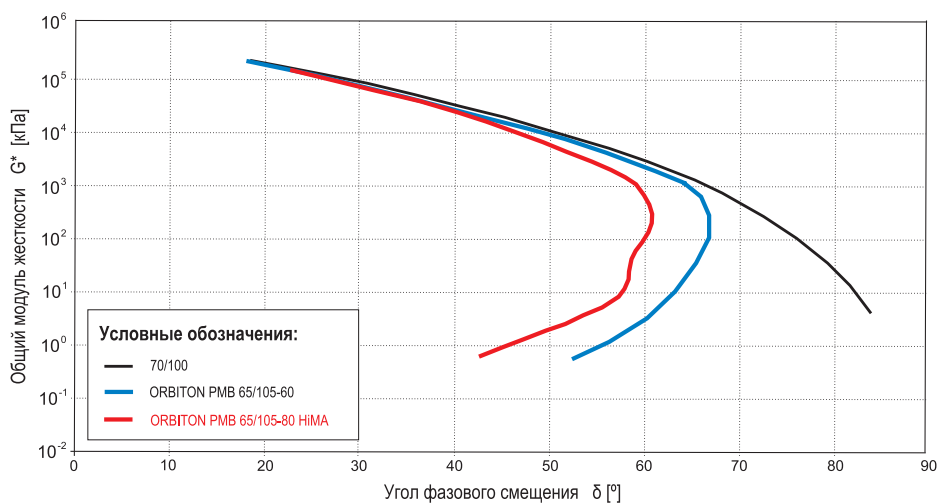


Рис. 4.9. Сравнение Кривых Блэка для **ORBITON 65/105-80 HiMA** с битумами **ORBITON 65/105-60** и дорожным битумом **70/100** (битумы без старения).

На рисунках 4.10-4.11. представлены главные кривые (англ. master curves) комплексного модуля жесткости  $G^*$  и угла фазового смещения  $\delta$  в функции частоты, выполненные для всех высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA.

Испытания проводились в диапазоне частот 0,1÷10 Гц для температуры -10, 0, 10, 25, 40, 60, 70°C, а затем, с использованием метода суперпозиции температуры и частоты, были получены главные кривые для температуры 25°C.

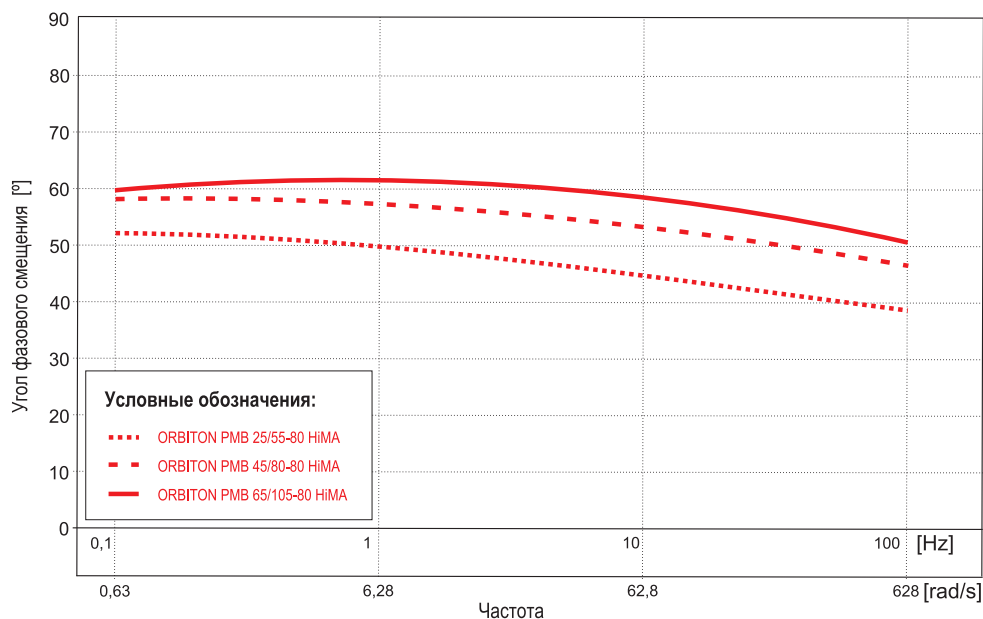


Рис. 4.10. Главная кривая угла фазового смещения  $\delta$  в функции частоты для битумов ORBITON HiMA перед старением. Испытание в диапазоне частот от 0,1 до 10 Гц, суперпозиция до 25°C.

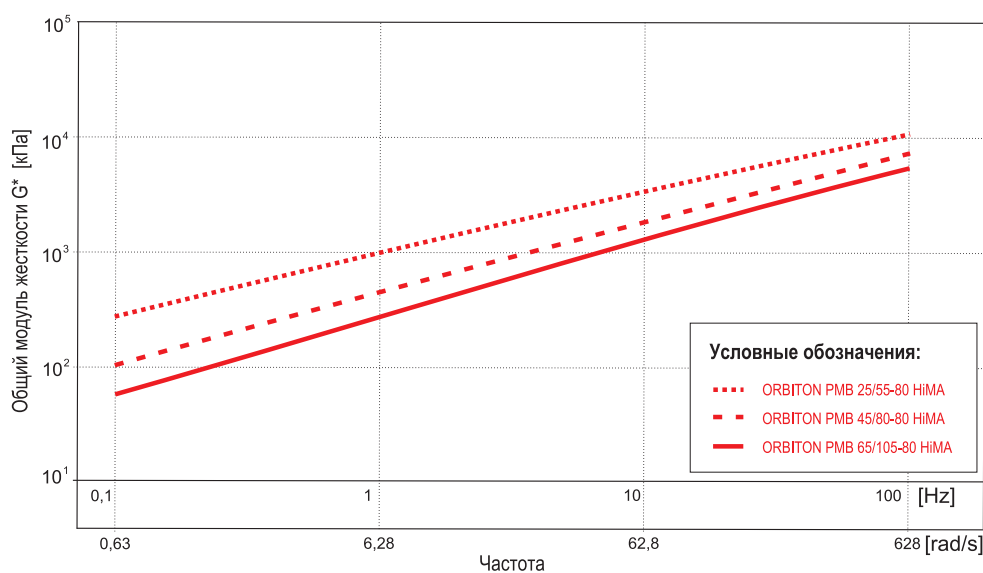


Рис. 4.11. Главная кривая комплексного модуля жесткости  $G^*$  в функции частоты для битумов ORBITON HiMA перед старением. Испытание в диапазоне частот от 0,1 до 10 Гц, суперпозиция до 25°C.

#### 4.2.2.3.2. Результаты и классификация согласно методу MSCR

Испытание MSCR представляет собой расширение метода *Superpave*. Подробное описание испытания MSCR находится в главе 7 настоящего Справочника.

В таблицах 4.9 – 4.11 представлены результаты испытаний MSCR высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA, произведенных компанией «ORLEN Asphalt» в 2015 году; испытания проводились по методу *Superpave Plus*, на основе европейского стандарта EN 16659.

Таблица 4.9. Результаты испытания MSCR битума ORBITON 25/55-80 HiMA на основе метода AASHTO TP 70/ ASTM D7405 и EN 16659

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
J <sub>nr</sub> 0,1 кПа	0,013	0,023	0,035	0,020	0,022	0,068
J <sub>nr</sub> 3,2 кПа	<b>0,015</b>	<b>0,027</b>	<b>0,041</b>	0,013	0,026	0,094
J <sub>nr</sub> diff	9,1	16,7	15,9	31,0	23,0	38,2
R 0,1 кПа	92,7	92,3	92,9	87,5	94,5	91,5
R 3,2 кПа	92,2	91,6	92,4	91,6	93,5	89,1
R diff	0,5	0,8	0,6	-4,8	1,0	2,6
Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру J <sub>nr</sub> 3,2 кПа (при температуре испытаний)	Extreme	Extreme	Extreme	не классифицируется		

Таблица 4.10. Результаты испытания MSCR битума ORBITON 45/80-80 HiMA на основе метода AASHTO TP 70/ ASTM D7405 и EN 16659

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
J <sub>nr</sub> 0,1 кПа	0,023	0,027	0,041	0,020	0,020	0,038
J <sub>nr</sub> 3,2 кПа	<b>0,023</b>	<b>0,027</b>	<b>0,041</b>	0,020	0,021	0,036
J <sub>nr</sub> diff	1,9	3,2	3,5	4,9	0,6	6,2
R 0,1 кПа	94,9	96,3	96,1	94,9	97,6	97,3
R 3,2 кПа	95,3	96,4	96,1	94,9	97,6	97,4
R diff	-0,4	-0,2	0,0	0,0	0,0	-0,1
Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру J <sub>nr</sub> 3,2 кПа (при температуре испытаний)	Extreme	Extreme	Extreme	не классифицируется		

Таблица 4.11. Результаты испытания MSCR битума ORBITON 65/105-80 HiMA на основе метода AASHTO TP 70/ ASTM D7405 и EN 16659

Определяемые параметры	Температурный диапазон согласно <i>Superpave</i>			Температурный диапазон согласно европейскому стандарту		
	AASHTO TP 70 ASTM D7405			EN 16659		
	Образцы после старения методом RTFOT согласно EN 12607-1			Образцы перед старением		
	58°C	64°C	70°C	50°C	60°C	70°C
$J_{nr}$ 0,1 кПа	0,011	0,010	0,014	0,010	0,008	0,012
$J_{nr}$ 3,2 кПа	<b>0,008</b>	<b>0,009</b>	<b>0,012</b>	0,009	0,007	0,010
$J_{nr}$ diff	26,2	15,1	9,8	11,4	22,5	18,8
R 0,1 кПа	97,5	98,3	98,3	97,5	98,9	98,8
R 3,2 кПа	98,3	98,7	98,4	97,9	99	99
R diff	-0,8	-0,4	-0,2	-0,4	-0,2	-0,2
<b>Конечная классификация пригодности для дорожного движения, по параметру <math>J_{nr}</math> 3,2 кПа (при температуре испытаний)</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	<b>Extreme</b>	не классифицируется		

#### 4.2.3. Зависимость вязкости от температуры

На рисунках 4.12 – 4.14 представлены характеристические кривые вязкости высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA перед старением и после старения, которые могут использоваться для определения характеристики вязкость-температура. Тем не менее, учитывая нестандартные характеристики вяжущего, обусловленные переменной местами фаз битум-полимер, а также специфические характеристики использованного полимера, применение зависимости вязкость-температура для точного определения технологической температуры кажется неуместным. Определение температуры таким способом кажется в значительной мере приблизительным.

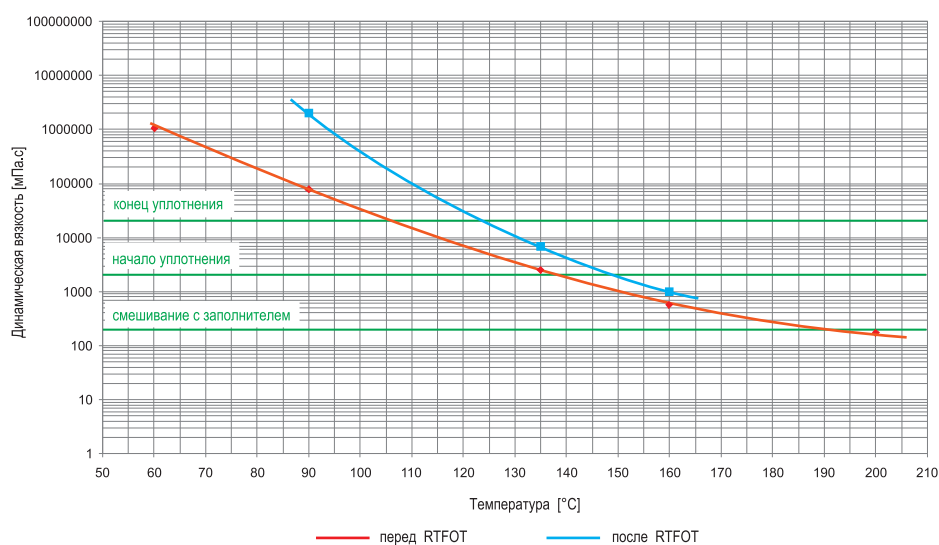


Рис. 4.12. Зависимость вязкости от температуры для высокомодифицированного битума ORBITON 25/55-80 HiMA

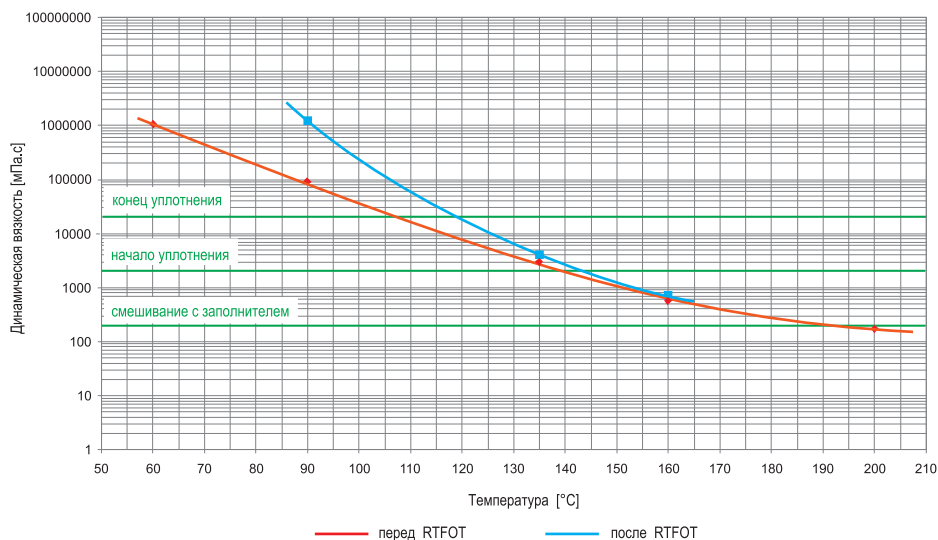


Рис. 4.13. Зависимость вязкости от температуры для высокомодифицированного битума **ORBITON 45/80 HiMA**

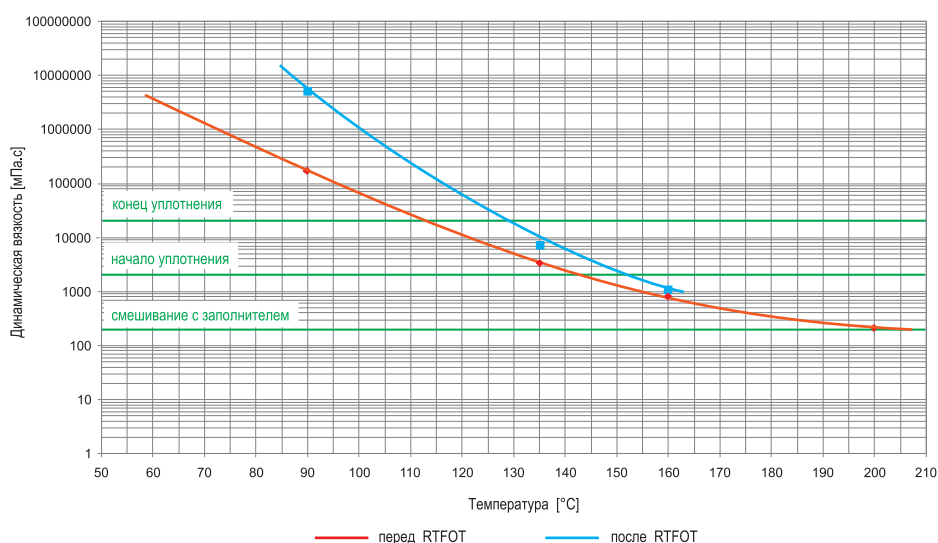


Рис. 4.14. Зависимость вязкости от температуры для высокомодифицированного битума **ORBITON 65/105-80 HiMA**

#### 4.2.4. Технологические температуры

По мнению авторов настоящего Справочника, в случае высокомодифицированных битумов типа HiMA использование для определения технологических температур только лишь вязкости вяжущего может привести к завышению такой температуры, что, в свою очередь, приведет к чрезмерному перегреву вяжущего. Специальный тип полимера SBS, используемый для модификации битумов типа HiMA, при температуре свыше 100°C не создает таких проблем, как полимер SBS, используемый для производства обычных модифицированных вяжущих. В связи с этим технологические температуры следует подбирать очень осторожно.

В таблице 4.12. представлено предложение технологических температур для высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA в лаборатории, на заводе по производству битумных смесей и на строительной площадке.

Таблица 4.12. Технологические температуры высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA

	ORBITON 25/55-80 HiMA	ORBITON 45/80-80 HiMA	ORBITON 65/105-80 HiMA
<b>Лаборатория:</b>			
Температура уплотнения образцов в прессе Маршалла/на приборе вращательного (жираторного) уплотнения	155-160°C	150-155°C	145-150°C
<b>Температура компонентов на заводе по производству битумных смесей:</b>			
Подача битума	более 160°C	более 150°C	более 140°C
Хранение битума на заводе кратковременное (до 3 дней)	до 200°C	до 190°C	до 190°C
Хранение битума на заводе долговременное (свыше 3 дней)	до 160°C	до 160°C	до 160°C
<b>Температура готовой асфальтобетонной смеси в смесителе:</b>			
Асфальтобетон АС	макс. 195°C	макс. 195°C	макс. 185°C
SMA	макс. 195°C	макс. 195°C	макс. 185°C
Пористый асфальтобетон	не касается	макс. 195°C	макс. 185°C
Литая асфальтобетонная смесь	макс. 220°C	макс. 220°C	макс. 220°C
<b>Температура на месте укладки:</b>			
Минимальная температура поставленной на место укладки смеси в ковше укладчика	180°C	180°C	175°C
Температура в конце эффективного уплотнения слоя	>150°C	>145°C	>120°C

Внимание: **указанные в таблице 4.12 данные температуры были определены на основании результатов проверок на опытных отрезках. По мере расширения полученного опыта такие данные могут изменяться. Рекомендуется проверять технологические температуры на опытном отрезке.**

#### 4.2.5. Хранение

Учитывая особые характеристики битумов ORBITON HiMA, рекомендуем использовать вяжущее непосредственно после его доставки, без излишнего времени хранения в резервуаре.

При необходимости хранения (максимум до 3 дней) рекомендуется гомогенизировать битум путем его перемешивания в замкнутом контуре в одном или нескольких резервуарах. Рекомендуется, чтобы хотя бы один из резервуаров был оснащен мешалкой. Слишком долгое хранение (свыше 3 дней) при высокой температуре может привести к постепенному возрастанию вязкости высокомодифицированного битума, ограничивая возможность его беспрепятственного применения.

В случае планируемого хранения битума в резервуаре свыше 3 дней рекомендуем снизить температуру до макс. 160°C и периодически перемешивать (циркуляция).

По истечении 3 дней рекомендуется проведение основных контрольных испытаний свойств высокомодифицированного битума, чтобы удостовериться, что продукт не потерял своих свойств. Необходимо провести следующие испытания:

- пенетрация при 25°C согласно EN 1426
- температура размягчения согласно EN 1427
- упругое восстановление при 25°C согласно EN 13398

Если мобильный АБЗ оснащен бункерами с мешалками, следует периодически перемешивать битум в бункере. Для этой цели можно также использовать циркуляцию.

#### **Долгосрочное хранение (более 3 дней) при высокой и пониженной температуре**

Не рекомендуется хранение высокомодифицированного битума более 3 дней при высокой температуре. Хранение при пониженной температуре возможно, однако требует контроля параметров вяжущего.

#### **Прочие замечания:**

- в случае изменения типа или вида битума, хранимого в резервуаре, каждый раз следует убеждаться в том, что резервуар действительно пуст.
- не следует перемешивать высокомодифицированные битумы HiMA с другими битумами: такое смешивание приводит к значительному ухудшению рабочих характеристик вяжущего и влияет на прочность выполненного покрытия,
- не рекомендуется многократно нагревать и охлаждать высокомодифицированный битум ORBITON HiMA.

#### **4.2.6. Образцы битума в лаборатории**

Способ обращения с битумом в лаборатории оказывает очень большое воздействие на полученные результаты испытаний как битума, так и асфальтобетонных смесей. Следует помнить, что многократно нагреваемый и/или перегреваемый образец битума в сушильной камере может в значительной степени отвердеть, вследствие чего полученные результаты будут отличаться от реальных показателей.

Поэтому при использовании образцов с битумом следует избегать их многократного нагрева. Авторы рекомендуют использовать большое количество образцов небольших размеров (для однократного использования) вместо одной большой емкости с битумом. При необходимости использования битума из одной большой емкости рекомендуется нагреть емкость с битумом первый раз, гомогенизировать битум путем перемешивания, а затем перелить его в несколько емкостей меньших размеров, которые будут использоваться позже.

Способ обращения с образцами высокомодифицированных битумов ORBITON HiMA в лаборатории представлен в таблице 4.13.

Таблица 4.13. Температура подогрева образцов в лаборатории

Величина образца в емкости	ORBITON 25/55-80 HiMA	ORBITON 45/80-80 HiMA	ORBITON 65/105-80 HiMA
емкость объемом до 1 литра, - время подогрева образца макс. 2 часа	макс. 180	макс. 180	макс. 175
емкость объемом 1-2 литра, - время подогрева образца макс. 3 часа	макс. 180	макс. 180	макс. 175
емкость объемом 1-2 литра, - время подогрева образца макс. 3 часа	макс. 185	макс. 185	макс. 180
емкость объемом 3-5 литров, - время подогрева образца макс. 4 часа	макс. 185	макс. 185	макс. 180
емкость объемом свыше 5 литров, - время подогрева образца макс. 8 часов	160-200	160-200	160-180



**Дополнительные замечания:**

- емкость с образцом не может быть плотно закрыта;
- ни в коем случае образцы не должны нагреваться при температуре, превышающей 200°C;
- после нагрева образцов в емкостях их следует гомогенизировать путем перемешивания, избегая образования пузырьков воздуха в образце; максимальное время перемешивания (гомогенизации) не должно превышать 10 минут.
- образцы битумов, полученные вследствие экстракции асфальтобетонной смеси согласно стандартам EN 12697-1, EN 12697-2, EN 12697-4 должны проходить испытания сразу же после их отбора, во избежание повторного разогрева.

**4.2.7. Производство асфальтобетонной смеси**

Во время перемешивания битума с наполнителем процессы старения вяжущего существенно ускоряются, поэтому необходимо умело подбирать так называемое время «мокрого» перемешивания. Имея это в виду, не следует перегревать вяжущие типа HiMA, и руководствоваться указаниями, приведенными в таблице 4.12. Не следует превышать рекомендуемую максимальную температуру производства, даже для обеспечения необходимой обрабатываемости и способности к уплотнению на месте строительства.

Указанные в таблице 4.12 температуры не касаются асфальтобетонных смесей, к которым добавляется средство для понижения температуры их производства и укладки. В компании «ORLEN Asphalt» исследования совместимости таких средств с ORBITON HiMA не проводились, поэтому их применение возможно только под исключительную ответственность производителя асфальтобетонной смеси. Следовательно, применению добавок, снижающих температуру изготовления и укладки, должны предшествовать лабораторные исследования.

Битумы ORBITON HiMA придают покрытию действительно высокую устойчивость к колееобразованию. В связи с этим, не следует разрабатывать состав асфальтобетонной смеси под минимальные количества вяжущего – рекомендуется добавлять приблизительно на 0,2-0,3 пп (процентного пункта) вяжущего больше, чем при обычных битумах. Это улучшит эластичность слоя, его устойчивость к растрескиванию в зимнее время и податливость при укладке.

В случае применения гидратированной извести для смеси (с целью улучшения прочности и адгезии битума к наполнителю) следует предварительно провести испытания плотности смеси и подобрать содержание извести и вяжущего таким образом, чтобы получить хорошо загустевшую смесь. Содержание извести, тем не менее, не должно превышать 1,3% массы асфальтобетонной смеси. Вероятнее всего, для получения требуемой консистенции понадобится увеличить количество вяжущего в асфальтобетонной смеси. Известь следует добавлять в смеси с более мягкими видами HiMA (45/80-80 и 65/105-80).

В районах с очень низкими температурами рекомендуется использовать РМВ 65/105-80 HiMA.

**4.2.8. Транспортировка асфальтобетонной смеси**

При транспортировке асфальтобетонных смесей, изготовленных с применением высокомодифицированного битума, используются такие же правила транспортировки смесей, что и для других полимер-модифицированных битумов. Необходимо следить за тем, чтобы смесь была накрыта брезентом.

#### 4.2.9. Укладка

Во время укладки смесей, содержащих высокомодифицированный битум ORBITON HiMA, используются те же правила, что и для модифицированных битумов. Количество и тип катков, количество проходов можно увеличить, а окончательные параметры следует подбирать на опытном отрезке. Ключевым фактором, на который следует обращать внимание, является соответствующая температура производства смеси и укладки. В случае слишком низкой температуры смеси возможны проблемы с уплотнением.

При укладке ORBITON 25/55-80 HiMA и ORBITON 45/80-80 HiMA может потребоваться увеличение количества катков, особенно если температура асфальтобетонной смеси резко падает (осенний период). Во время уплотнения смесь может вести себя эластично и несколько перемещаться под катками, особенно на первом этапе уплотнения при высокой температуре.

После окончания работ на покрытии рекомендуем очищать оборудование от остатков асфальтобетонной смеси сразу же, пока смесь еще горячая (данное замечание касается, прежде всего, укладчиков).

#### 4.2.10. Приемочные испытания

Для приемки слоя, выполненного из асфальтобетонной смеси, содержащей ORBITON HiMA, используются те же методы испытаний, что и для стандартных вяжущих.

Если контроль включает определение содержания полимера в полученном для вторичной переработки вяжущем, следует обращать внимание на то, что при высоком содержании полимера результат отличается меньшей точностью.

## Глава 5

# ВЛИЯНИЕ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

### 5.1. ВВЕДЕНИЕ

Явление усталости асфальтовых покрытий является одним из ключевых аспектов проектирования конструкций покрытия. Оно имеет большое значение не только для измеряемой в годах прочности всего покрытия, но и для стоимости строительства и содержания дорог. Следовательно, оно оказывает большое влияние на стратегию управления дорожной сетью администраторами дорог.

Для большинства дорожных специалистов проблемы усталостной прочности асфальтовых покрытий мало существенны, или вовсе неизвестны. Лишь немногие интересуются тем, что и в какой степени влияет на «расчетную прочность» асфальтобетонных смесей и, как следствие, на прочность строящейся дороги.

В этой главе мы хотим представить основную теорию явления усталости, а также результаты сравнительных исследований влияния битумного вяжущего на усталостную прочность асфальтобетонных смесей.

Усталостные испытания по методу 4PB-PR по стандарту EN 12697-24 были проведены в лаборатории Исследовательского института дорог и мостов в Польше, в 2015 г. в Варшаве.

### 5.2. ЯВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ В АСФАЛЬТОВОМ ПОКРЫТИИ

Классическая система конструкции асфальтового покрытия состоит из определенного количества битумных слоев (как правило, двух-трех, реже из одного) – слоя износа, связующего слоя и асфальтового несущего слоя, устраиваемых на несущем слое из гравия и подготовленных слоях основания. В момент приложения нагрузки от колеса транспортного средства вся конструкция прогибается, а внизу последнего нижнего связанного слоя (в данном случае – связанного битумным вяжущим) возникает наибольшее количество напряжений и растягивающая деформация (рис. 5.1.). Растягивающая деформация внизу последнего, нижнего битумного слоя (как правило – асфальтового несущего слоя) считается критической деформацией  $\epsilon_t$  (обозначается также как  $\epsilon_r$ ), и определяет усталостную прочность конструкции.

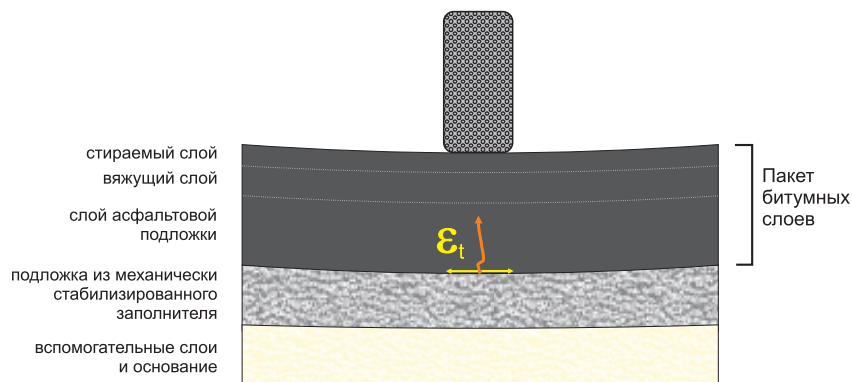


Рис. 5.1. Расположение слоев нагруженного покрытия и место возникновения критической растягивающей деформации

Разовое нагружение поверхности проезжающим тяжелым транспортным средством, несмотря на создаваемую растягивающую деформацию, не приводит к началу растрескивания несущего асфальтового слоя. Только аккумулятивное очень большого количества циклов нагружения приводит к нарастанию так называемого усталостного ущерба в асфальтобетонной смеси, что влечет за собой, в конечном итоге, начало процесса растрескивания и разрушения покрытия.

При этом очевидно, что чем сильнее растягивающая деформация, возникающая в сгибаемой поверхности, тем меньшее количество циклов нагружения потребуется для начала растрескивания несущего асфальтового слоя. При проектировании конструкции покрытия толщина слоев и характеристики материалов подбираются таким образом, чтобы возникающий прогиб был достаточно небольшим. Исходя из этого, легко объяснить используемое понятие категории движения, включающее количество равнозначных стандартных осей 100 кН за проектный период – то есть, например, 20 или 30 лет. Учитывая все изложенное выше, следует с очень большой осторожностью подходить к занижению толщины несущих слоев (набора битумных слоев) покрытия.

Теоретические знания обеспечивают нам необходимую информацию о том, что усталостная прочность асфальтобетонной смеси зависит не только лишь от характеристик битумного вяжущего, но и от проекта смеси и устройства слоя на месте строительства. Существенное значение имеет содержание вяжущего вещества, а также объемные показатели, в том числе содержание свободного пространства в слое или заполнение битумом свободных пространств в бетонной смеси (VFB). Само вяжущее, даже самое лучшее, не обеспечит требуемой прочности, если на этапе проектирования состава асфальтобетонной смеси или во время устройства слоя возникнут какие-либо отклонения (например, недостаточное уплотнение слоя).

### 5.3. ИСПЫТАНИЯ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ

Испытания асфальтобетонных смесей проводятся по стандарту EN 12697-24 «Асфальтобетонные смеси. Методы испытаний горячих асфальтобетонных смесей – Часть 24: Усталостная прочность». В данном стандарте приведено несколько схем нагружения, используемых для определения усталостной прочности асфальтобетонных смесей. В Польше используется схема 4PB-PR, то есть изгиб балки в форме параллелепипеда в четырех точках (рис. 5.2.). Прочие условия испытания: температура 10°C, частота синусоидального нагружения 10 Гц, режим контролируемой деформации (англ. *controlled strain mode*, то есть каждый циклы нагружения вызывает в испытываемом образце один и тот же уровень растягивающей деформации  $\epsilon_t$ ).

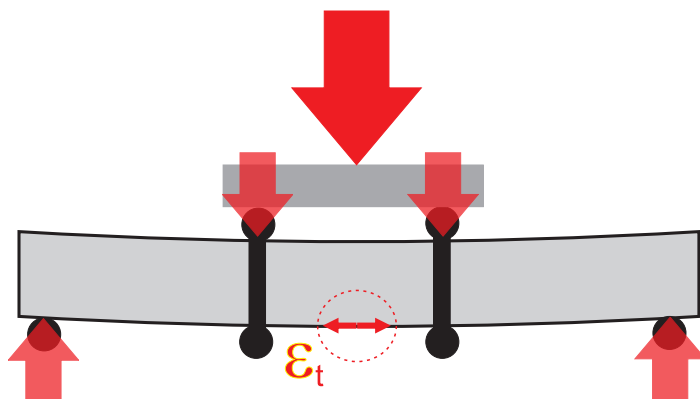


Рис. 5.2. Схема нагружения балки в испытании 4PB-PR

Испытание проводится минимум для трех величин растягивающей деформации  $\epsilon_t$ . Испытание начинается с предварительного определения модуля жесткости материала (асфальтобетонной смеси) и продолжается с выполнением ряда циклов сгибания балки, до тех пор, пока аппарат не определит снижение модуля жесткости образца на 50%. Это означает, что в материале возникает ряд внутренних разрушений, которые приводят к снижению твердости вдвое. Количество циклов до появления такого снижения считается условной усталостной прочностью  $N_f$  для принятого уровня деформации  $\epsilon_t$ , то есть в результате испытаний мы получаем результат  $N_f(\epsilon_t)$ .

После проведения испытаний для трех величин деформации  $\epsilon_t$  и получения трех соответствующих им результатов  $N_f$ , на диаграмме можно отметить так называемую усталостную характеристику испытываемой асфальтобетонной смеси, которая представляет усталостную прочность данного материала в функции растягивающей деформации. Если испытываются две асфальтобетонные смеси, а полученные результаты будут размещены на одном графике, можно провести непосредственное сравнение их усталостных характеристик (рис. 5.3.). Смесь, усталостная кривая которой расположена выше, выдерживает больше циклов до разрушения (то есть, имеет лучшие усталостные характеристики).

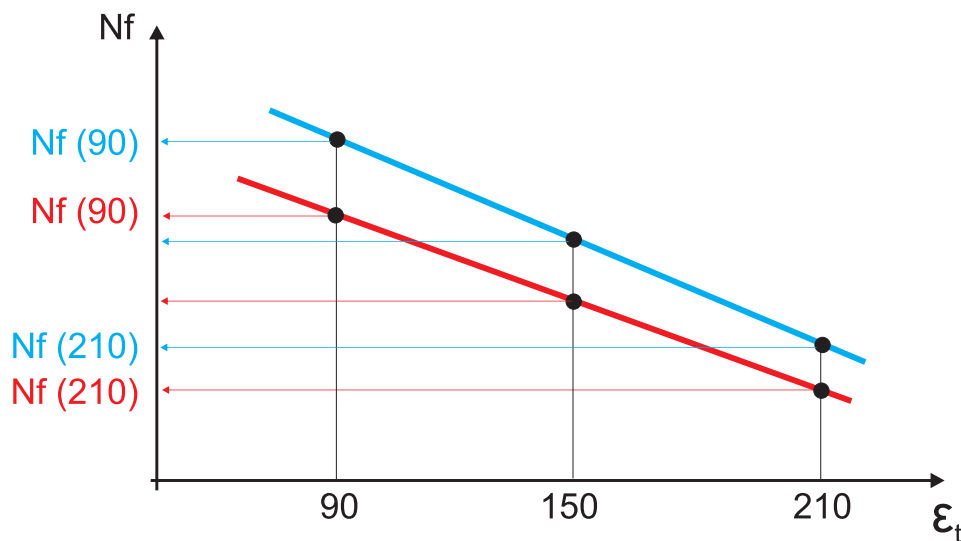


Рис. 5.3. Пример усталостных характеристик двух асфальтобетонных смесей. Смесь, обозначенная синей линией, отличается лучшими усталостными характеристиками – при равной деформации количество циклов до условного разрушения у нее больше, чем у смеси, обозначенной красной линией.

## 5.4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

В 2015 г. была проведена серия сравнительных испытаний влияния битумного вяжущего на усталостную прочность асфальтобетонных смесей.

Для испытания использовалась асфальтобетонная смесь для связующего слоя – АС16 W. Все подготовленные смеси имели одинаковую зернистость, в соответствии с кривой зернистости, представленной на рис. 5.4., и содержали неизменное количество битума – 4,6% м/м. Отличие между смесями состояло в использованном типе битумного вяжущего. Для выполнения испытываемых смесей использовался базальтовый наполнитель.

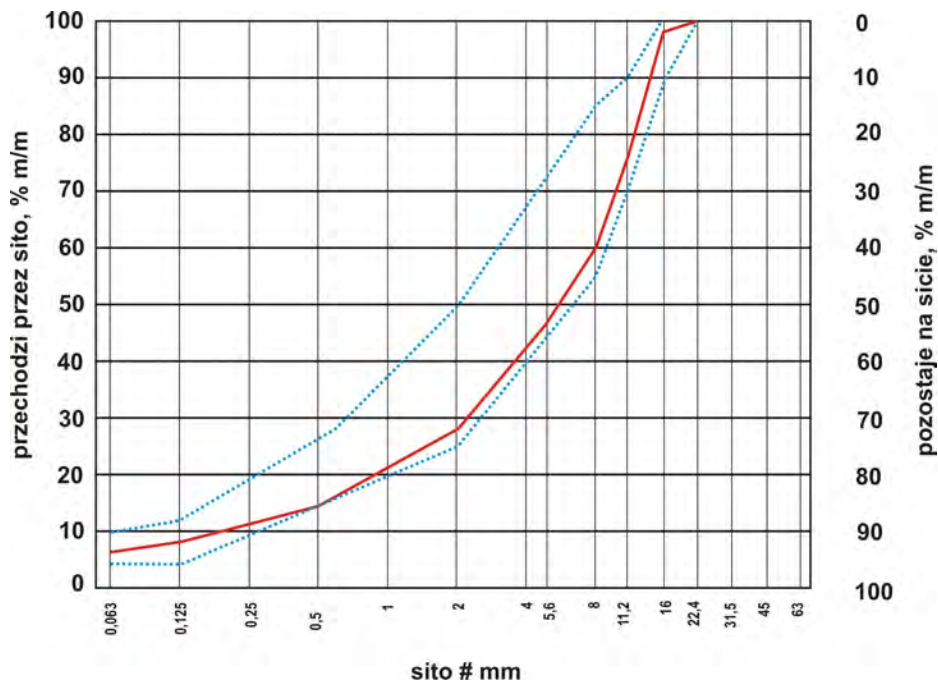


Рис. 5.4. Зернистость минеральной смеси AC 16 W, использовавшейся для испытания на усталость и SCB (проект IBDiM)

В рамках испытаний сравнивались следующие битумы:

- дорожные битумы: 20/30, 35/50, 50/70
- модифицированные полимерами битумы ORBITON: 25/55-60, 45/80-55
- высокомодифицированные битумы ORBITON HiMA: 25/55-80, 45/80-80, 65/105-80

По результатам испытаний были получены усталостные характеристики для 8 асфальтобетонных смесей AC16 W с 8 вяжущими (рис. 5.5.).

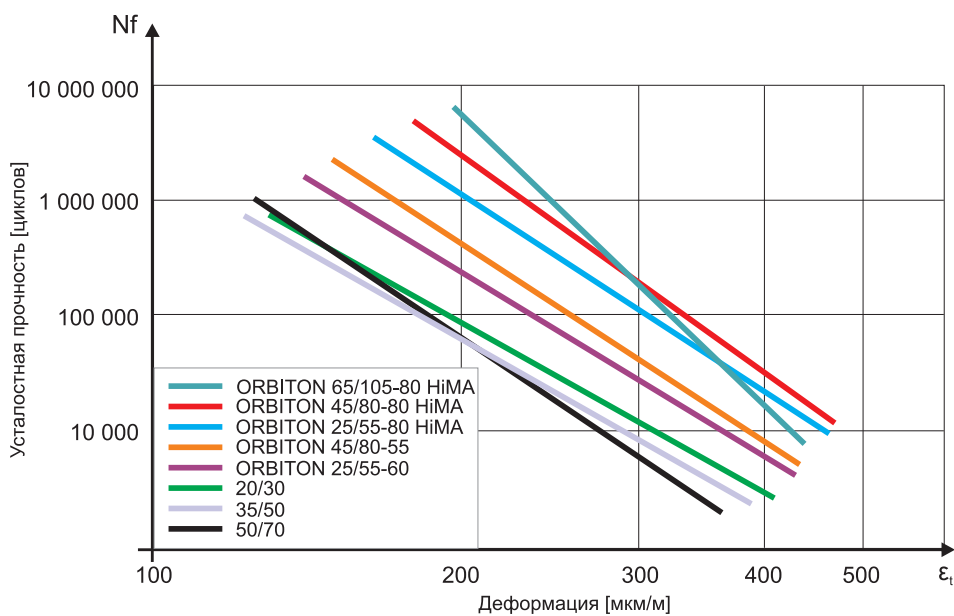


Рис. 5.5. Сравнение усталостных характеристик 8 смесей AC16 W с разными вяжущими

В таблице 5.1. представлены сравнительные результаты для  $\epsilon_6$  (равнозначная деформация для прочности  $N_f=10^6$  усталостных циклов) для испытываемой смеси AC16 W. Это ориентировочный рейтинг вяжущих для данной смеси. Внимание следует обратить на то, что вяжущие сравнивались в смеси асфальтобетона (АС) для связующего слоя (АС 16 W), а не в смеси с высоким модулем твердости (АС EME с большим содержанием вяжущего). Поэтому полученные значения  $\epsilon_6$  не столь высоки, как значения, получаемые в АС EME, и не должны использоваться применительно к этой смеси (как правило,  $\epsilon_6 \geq 130$ ). Результаты несомненно выше, чем для классического асфальтобетона (АС), используемого для несущего асфальтового слоя (с большим содержанием свободного пространства и меньшим содержанием битумного вяжущего).

Таблица 5.1. Сравнительные результаты  $\epsilon_6$  для испытываемой смеси АС 16 W с различными вяжущими

Используемое в асфальтобетонной смеси АС 16 W вяжущее	Равнозначная деформация для прочности $N_f=10^6$ усталостных циклов $\epsilon_6$ [мкм/м]
<b>ORBITON 65/105-80 HiMA</b>	258
<b>ORBITON 45/80-80 HiMA</b>	230
<b>ORBITON 25/55-80 HiMA</b>	203
<b>ORBITON 45/80-55</b>	171
<b>ORBITON 25/55-60</b>	153
<b>50/70</b>	125
<b>20/30</b>	122
<b>35/50</b>	116

Как на рис. 5.5., так и в таблице 5.1. можно отметить четкое деление вяжущих на три группы с разными усталостными характеристиками.

- Наилучшие результаты достигаются с высокомодифицированными битумами ORBITON HiMA, из которых наибольшей прочностью отличается так называемая мягкая смесь HiMA (65/105-80) затем средняя HiMA (45/80-80) и жесткая HiMA (25/55-80). В этих вяжущих очень хороший результат обусловлен перестановкой фазы в вяжущем – преимущество полимерной фазой над битумной и непрерывность эластомерной сети, которая существенно усиливает устойчивость вяжущего и смеси к растяжению.
- Вторую группу составляют классические модифицированные битумы ORBITON. В этой группе также большей усталостной прочностью отличился более мягкий полимер-битум (45/80-55). Модифицированные битумы лучше дорожного битума, но при этом уступают высокомодифицированному полимерами битуму.
- Последняя группа – это немодифицированные дорожные битумы. Все три проходившие испытания вяжущие из этой группы отличаются схожими характеристиками усталостной прочности.

Во всех группах отмечается зависимость получения лучших результатов мягкими вяжущими, что напрямую связано с методом испытаний в режиме контролируемой деформации. Такой способ испытания отдает предпочтение более эластичным и податливым вяжущим и смесям, отличающимся, в то же время, большей упругостью. Этим обусловлено преимущество вяжущих с диапазоном пенетрации 65/105 и 45-80 над вяжущими с пенетрацией 25-55, отмечавшееся в каждой группе вяжущих веществ.

Приведенные выше результаты могут использоваться как ориентировочные указания в процессе выбора вяжущего для применения в различных целях, в том числе для выполнения специальных слоев, например *противоусталостных слоев AF* в конструкциях типа *perpetual pavements*.

## 6

## Глава 6

**ВЛИЯНИЕ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО НА УСТОЙЧИВОСТЬ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ К РАСТРЕСКИВАНИЮ****6.1. ВВЕДЕНИЕ**

Считается, что трещины являются одним из наиболее распространенных видов разрушения асфальта, и образуются даже чаще, чем широко известная колея. Причины образования трещин на покрытии может быть очень много, причем зависят они от действия различных явлений и механизмов. Это могут быть трещины под действием сжатия при низких температурах, трещины, отражающиеся от нижних слоев с гидравлическим элементом, усталостные трещины и т.д. Во многих этих случаях ключевую роль играет состав асфальтобетонной смеси, который в определенном диапазоне может способствовать или противодействовать (замедлять) образование трещин.

Одним из факторов, который может помочь в предотвращении образования трещин, является правильный выбор асфальтобетонной смеси, хороший проект состава смеси и, наконец, применение соответствующего типа битумного вяжущего.

В настоящей главе описаны результаты испытаний на устойчивость к растрескиванию асфальтобетонных смесей, содержащих различные битумные вяжущие. Испытания проводились по методу SCB – *Semi Circular Bending*, по стандарту EN 12697-44, в лаборатории Исследовательского института дорог и мостов в Польше, в 2015 г. в Варшаве.

**6.2. ЯВЛЕНИЕ РАСТРЕСКИВАНИЯ АСФАЛЬТОВОГО ПОКРЫТИЯ**

Среди многочисленных причин растрескивания покрытия, в настоящей главе мы не будем рассматривать проблемы, вызванные сжатием, температурой и т.д., а займемся только вопросом распространения трещины в асфальтобетонной смеси. Чаще всего оно ассоциируется с отраженными трещинами, то есть трещинами, которые переносятся с нижнего слоя, через слой асфальтобетонной смеси. Такое явление часто имеет место, когда в рамках работ по уходу за дорожным покрытием выполняется так называемая накладка на старое, растрескавшееся покрытие.

Растрескавшиеся, прерывистые старые слои под асфальтовой накладкой перемещаются – как под действием движения транспортных средств, так и под действием перепадов температуры (сжатие-расширение и искривление) – рис. 6.1. Это создает в асфальтобетонной смеси, использованной для выполнения накладки, растягивающие и сдвигающие напряжения, способствующие распространению трещины на поверхность накладки.



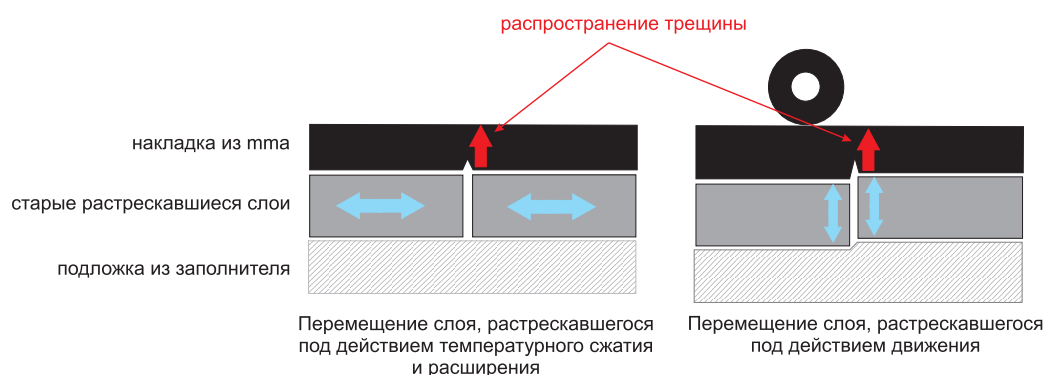


Рис. 6.1. Схема распространения трещины в накладке из асфальтобетонной смеси, вследствие горизонтальных (изменение температуры) и вертикальных движений (под действием движения транспортных средств)

Испытания методом SCB, с надрезанным образцом в форме полуэллипса (см. рис. 6.2.), проводятся для определения устойчивости асфальтобетонной смеси к распространению искусственно созданной трещины внизу слоя, во время растяжения при изгибе (в упрощении – во время разрыва образца).

### 6.3. ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОМ SCB

Испытания асфальтобетонных смесей проводятся по стандарту EN 12697-44 «Битумные смеси. Методы испытаний горячих асфальтобетонных смесей – Часть 44: Распространение трещины при изгибе полуэллипса».

Испытание проводится на образце в форме полуэллипса, диаметром 150 мм и толщиной 50 мм, с надрезом длиной 10 мм и шириной 0,35 мм. Нагружающая сила прикладывается к образцу таким образом, чтобы получить смещение, равное 50 мм/мин. Испытания проводятся при температуре 0°C.

Схема испытаний представлена на рис. 6.2.



Рис. 6.2. Испытания методом SCB

Стандартный ход испытаний представлен на графике сила-смещение (рис. 6.3). На первом этапе испытаний отмечается быстрое увеличение значения силы  $F$  при незначительном смещении образца – это фаза «сопротивления» материала, при котором когезия смеси противостоит растягивающим напряжениям в образце. Второй этап – это достижение прочности образца на растяжение (максимальное значение силы  $F$ ), при соответствующем ей смещении и деформации  $\epsilon_{max}$ . Третий этап, после превышения прочности образца на растяжение, показывает быстрое развитие (распространение) созданной трещины по образцу, и разрушение образца.

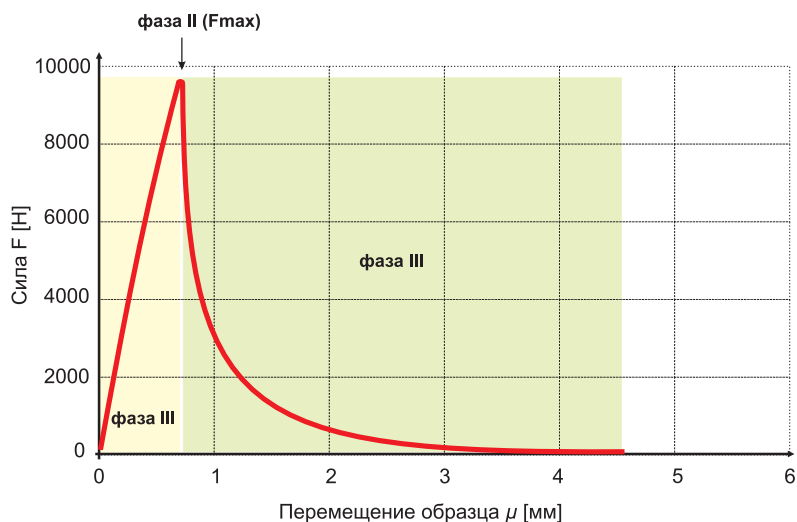


Рис. 6.3. Испытания SCB – график смещение-сила

На рис. 6.4. представлен пример растрескивания смеси AC 16 W.

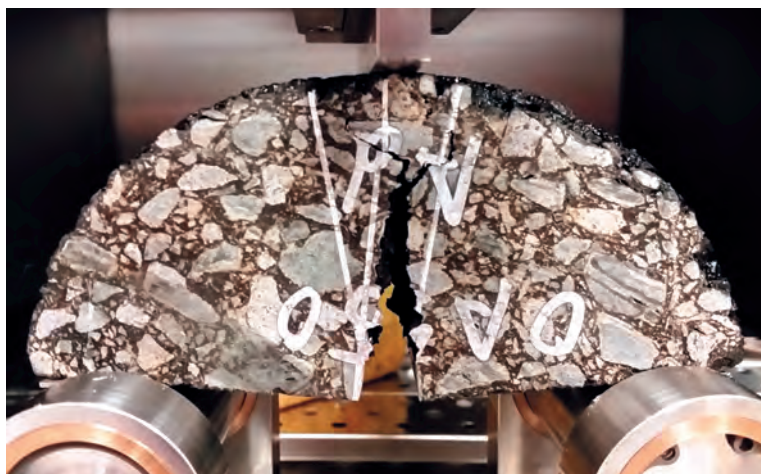


Рис. 6.4. Растрескивание смеси AC 16 в испытании SCB (фото IBDiM)

## 6.4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

Для испытаний использовалась та же асфальтобетонная смесь АС16 W (4,6% м/м вяжущего), которая была описана в главе 5.

В рамках испытаний сравнивались следующие битумы:

- дорожные битумы: 20/30, 35/50, 50/70
- модифицированные полимерами битумы ORBITON: 25/55-60, 45/80-55
- высокомодифицированные битумы ORBITON HiMA: 25/55-80, 45/80-80, 65/105-80

Стандарт EN 12697-44 как результат испытания SCB указывает показатель  $K_{IC}$  [Н/мм<sup>1,5</sup>], измеряющий устойчивость смеси к растрескиванию. В таблице 6.1. представлено сравнение результатов данного показателя, с дополнительным указанием также деформации образца  $\epsilon_{max}$  при максимальной силе F. Информация о деформации представляет большой интерес, потому как показывает, насколько образец с данным битумом в состоянии деформироваться в процессе противодействия распространению трещины. Это свидетельствует об эластичности вяжущего и, в то же время, об эластичности мастики в смеси.

Таблица 6.1. Результаты испытаний устойчивости к растрескиванию, показатель  $K_{IC}$

Вяжущее, использованное в асфальтобетонной смеси АС 16 W	Устойчивость к растрескиванию $K_{IC}$ [Н/мм <sup>1,5</sup> ]	Деформация $\epsilon_{max}$ при максимальной силе F [%]
<b>ORBITON 45/80-80 HiMA</b>	31,9	1,9
<b>ORBITON 25/55-80 HiMA</b>	36,1	1,1
<b>ORBITON 45/80-55</b>	28,3	0,9
<b>ORBITON 65/105-80 HiMA</b>	23,6	1,9
<b>ORBITON 25/55-60</b>	24,8	0,8
<b>50/70</b>	22,8	0,8
<b>20/30</b>	24,1	0,8
<b>35/50</b>	23,1	0,8

Подводя итоги испытаний смеси АС16W с различными вяжущими (рис. 6.5.), как и в случае усталостных испытаний, следует отметить, что результаты разделили вяжущие на три группы, в зависимости от их устойчивости к распространению трещин. Наилучшие результаты показали высокомодифицированные битумы ORBITON HiMA, затем классические модифицированные битумы ORBITON, и в конце – дорожные битумы.

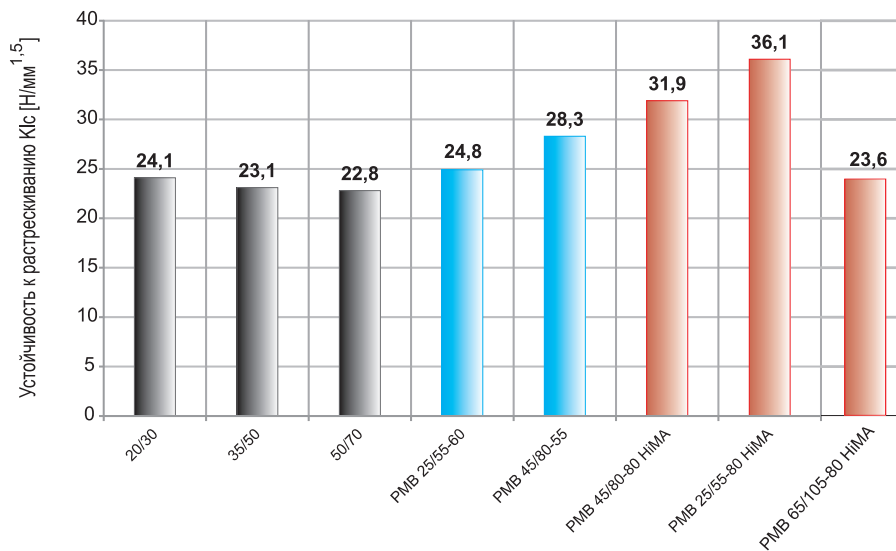


Рис. 6.5. Обобщенные результаты испытаний показателя  $K_{1c}$

Устойчивость к образованию трещин  $K_{1c}$  характеризует только первый этап испытаний, то есть этап, на котором достигаются крайние значения силы и смещения. При анализе результатов следует помнить, что показатель  $K_{1c}$  не учитывает деформацию образца при растрескивании, а учитывает только значение разрушающего напряжения. Из этого можно сделать вывод, что устойчивость к растрескиванию описывает, преимущественно, потенциальную возможность появления трещины, и только деформируемость образца позволяет получить достоверную картину скорости распространения процесса растрескивания после появления в образце трещины.

Кроме того, следует обратить внимание на два аспекта результатов:

- Устойчивость к растрескиванию  $K_{1c}$  связана с твердостью смеси и не учитывает непосредственно деформируемости (податливости) смеси, что следует из уравнения для вычисления  $K_{1c}$  указанного в стандарте EN 12697-44,
- деформируемость при максимальной силе выражается показателем  $\epsilon_{\max}$  и указывает на дополнительные положительные характеристики смеси и вяжущего, позволяющие смеси компенсировать движения основания без растрескивания. В данном контексте наилучшим вяжущим оказываются ORBITON 65/105-80 HiMA и 45/80-80 HiMA.

## Глава 7

### MSCR – ИСПЫТАНИЕ НА ПОЛЗУЧЕСТЬ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОД ДЕЙСТВИЕМ МНОГОЧИСЛЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЙ (MULTIPLE STRESS CREEP RECOVERY TEST)

#### 7.1. ВВЕДЕНИЕ

В 1987 г. в США был начат исследовательский проект под названием Стратегическая дорожная исследовательская программа (*Strategic Highway Research Program – SHRP*). Одной из его целей было создание новой системы классификации дорожных вяжущих, в зависимости от выполнения вяжущим определенных функций в покрытии.

Конечная система, вместе с методом проектирования асфальтобетонных смесей, получила название *Superpave (SUPERior PERforming Asphalt PAVements)*.

В результате внедрения системы *Superpave*, в США уже долгие годы не используются «классические» параметры классификации дорожных вяжущих, как, например, пенетрация или вязкость. Основой для классификационного деления вяжущих по методу *Superpave* является условный диапазон температуры, в пределах которого данный битум должен правильно «работать», и который был назван **PG – Performance Grade** – функциональный тип.

Функциональный тип вяжущего обозначается кодом PG X-Y, в котором X представляет собой максимальную температуру работы покрытия (так называемый «верхний PG»), а Y – минимальную температуру работы поверхности (так называемый «нижний PG»). Таким образом, можно утверждать, что основные климатические условия на данной территории, на которой будет строиться дорога, определяют требования к типу и характеристикам битума (типа PG), который следует применять на этой территории. Кроме того, в классической системе PG применяется корректировка верхнего PG в зависимости от интенсивности движения. Наконец, с градацией 6°C получаем набор верхних и нижних значений PG (таблица 7.1.). Такие определения функциональных типов битумов производства компании «ORLEN Asphalt» представлены в главах 2-4.

Таблица 7.1. Ряд функциональных типов PG

Высокая температура («верхний PG»)	Низкая температура («нижний PG»)
PG 46-	-34, -40, -46
PG 52-	-10, -16, -22, -28, -34, -40, -46
PG 58-	-16, -22, -28, -34, -40
PG 64-	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 70-	-10, -16, -22, -28, -34, -40
PG 76-	-10, -16, -22, -28, -34
PG 82-	-10, -16, -22, -28, -34

## 7.2. ИСПЫТАНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК БИТУМОВ ПРИ ВЫСОКОЙ ТЕМПЕРАТУРЕ

Задача испытаний битумных вяжущих при высокой температуре – дать ответ на вопрос о том, какова способность битума к противодействию вязко-пластическим деформациям покрытия. Испытания проводятся на основе технических требований AASHTO M 320 (*Specification for Performance-Graded Asphalt Binder*) и метода ASTM D7175 (*Test Method for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*), с использованием реометра динамического сдвига – DSR (*Dynamic Shear Rheometer*).

В испытаниях DSR определяется стойкость к высоким температурам, посредством анализа комплексного модуля жесткости  $G^*$  и угла фазового смещения  $\delta$ , для битума перед старением и после старения RTFOT.

Требуется, чтобы при определенной на основании исторических метеорологических данных наивысшей температуре работы битума в покрытии (то есть в верхнем PG) битум характеризовался определенными параметрами, испытанными в DSR:

- $G^*/\sin\delta \geq 1,00$  кПа для битума перед старением,
- $G^*/\sin\delta \geq 2,20$  кПа для битума после старения методом RTFOT.

Классификация, основанная на параметре  $G^*/\sin\delta$ , оказалась, тем не менее, мало эффективной в области устойчивости покрытия к образованию колеи. В ряде испытаний, проводившихся в США во время использования оригинальной классификации PG, было отмечено, что соотношение между результатами колееобразования и  $G^*/\sin\delta$  (в обоих вариантах) остается неудовлетворительным [44]; особенно сильно проблемы, связанные с техническими требованиями на основе  $G^*/\sin\delta$ , проявлялись для битумов, модифицированных полимерами [45]. Более-менее с 2010 года система классификации была дополнена испытанием MSCR, а технические требования были опубликованы в AASHTO MP 19 (*Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test*) и обновлены в AASHTO M 332-2014 (*Standard Specification for Performance-Graded Asphalt Binder Using Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test*).

## 7.3. ИСПЫТАНИЕ MSCR В США

Испытание MSCR проводится в США в соответствии со стандартами: AASHTO TP 70: *Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)* или ASTM D7405: *Standard Test Method for Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR) of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*. В соответствии с указанными выше стандартами, испытания можно проводить на образцах вяжущего до старения, вяжущего, состаренного по методам RTFOT, PAV и RTFOT+PAV.

Основной предпосылкой для классификации и оценки вяжущего на основании испытания MSCR является **анализ образца битума после старения методом RTFOT**. К результатам, полученным для подготовленного таким образом образца, была адаптирована дополнительная классификация системы *Performance Grade* (так называемая классификация *Superpave Plus*), в которой с помощью буквенных обозначений определяется, какому дорожному движению наиболее соответствует данное битумное вяжущее (таблица 7.2.). Пригодность битума для данной категории движения оценивается на основании показателя  $J_{n,3,2}$  [кПа<sup>-1</sup>]. Включение данного критерия позволило исключить так называемый *grade bumping* – повышение требуемого верхнего PG на один или два ряда для интенсивного движения или движения на низкой скорости, которое использовалось в оригинальной системе PG согласно AASHTO M 320.

Таблица 7.2. Обозначения битумных вяжущих и требования к интенсивности движения и его характеристикам согласно действующей системе *Superpave*

Определение движения (буквенный код)	Нагрузка (количество стандартных эквивалентных осей и условия движения)	Требование для вяжущего при верхней температуре PG	
		Требование для $J_{nr,3,2}$	Дополнительное требование для $J_{nr,diff}$ (англ. <i>Stress sensitivity parameter*</i> )
<b>S</b> – стандартное (англ. <i>Standard</i> )	< 10 миллионов осей и стандартное движение	$\leq 4,0$	$\leq 75\%$
<b>H</b> – интенсивное (англ. <i>Heavy</i> )	10-30 миллионов осей или движение на низкой скорости	$\leq 2,0$	
<b>V</b> – очень интенсивное (англ. <i>Very Heavy</i> )	> 30 миллионов осей или стоянка транспорта	$\leq 1,0$	
<b>E</b> – экстремально интенсивное (англ. <i>Extreme</i> )	> 30 миллионов осей и стоянка транспорта	$\leq 0,5$	

\* показатель чувствительности битума к изменениям нагрузки

Испытание MSCR должно заменить дополнительные испытания модифицированных битумов, указанных в так называемом PG «plus»:

- упругое восстановление (англ. *elastic recovery*),
- растяжение с измерением силы (англ. *force ductility*),
- тягучесть и прочность (англ. *toughness and tenacity*).

## 7.4. ИСПЫТАНИЕ MSCR В ЕВРОПЕ

Изменения в системе *Superpave* достигли и Европы. Ввиду возможности практического использования результатов испытаний MSCR многие исследовательские центры начали самостоятельно использовать данный метод измерений. В компании «ORLEN Asphalt» первые испытания методом MSCR начались еще в 2011 г.

Одновременно в ЕКС, в техническом комитете TC 336 Bituminous binders была разработана программа всеобщего анализа испытаний MSCR. Результаты этого анализа были использованы для разработки стандарта EN 16659:2015 «Битум и битумные вяжущие – Испытание на ползучесть и восстановление под действием многочисленных напряжений (MSCRT)».

В европейском стандарте EN 16659 способ подготовки образца не определяется, поэтому по умолчанию проводится испытание битума до старения, хотя можно, конечно же, проводить данное испытание и на образце после старения (стандарт указывает, например, методы RTFOT, PAV, RCAT). Ниже приведены рекомендуемые значения температуры испытаний: 50; 60; 70 и 80°C. Другая температура может использоваться для сравнения. **В отличие от американской системы, в Европе какой-либо метод оценки вяжущих на основе результатов тестирования MSCR определен не был.**

## 7.5. ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ MSCR

Сутью проведения испытаний MSCR, то есть испытания на ползучесть и восстановление под действием многочисленных напряжений, является измерение характеристик вяжущего при наивысшей ожидаемой температуре работы покрытия (США) или при произвольно выбранной сравнительной температуре (Европа). **Результаты определяют влияние вяжущего на устойчивость асфальтобетонной смеси к остаточной деформации (колеобразованию), а также оценивают степень и эффективность модификации полимерами – в случае полимербитумов.** Испытания проводятся на настроенном соответствующим образом реометре динамического сдвига DSR (рис. 7.1). В аппарате используется система равномерных пластин диаметром 25 мм с зазором 1 мм.



Рис. 7.1. Реометр DSR для испытаний MSCR (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»)

В процессе проведения испытаний MSCR проверяются следующие механизмы:

- механизм ползучести образца вяжущего – во время 1-секундного напряжения,
- механизм восстановления образца вяжущего – во время 9-секундного времени восстановления (после прекращения напряжения).

Испытания проводятся при двух значениях примерного напряжения: 0,1 кПа и 3,2 кПа. Образец подвергается постоянному напряжению в течение 1 с, а затем восстанавливается на протяжении следующих 9 с. Десять циклов ползучести и восстановления проводятся при 0,1 кПа сдвигающего напряжения, а затем следующие десять циклов – при 3,2 кПа сдвигающего напряжения (рис. 7.2.).



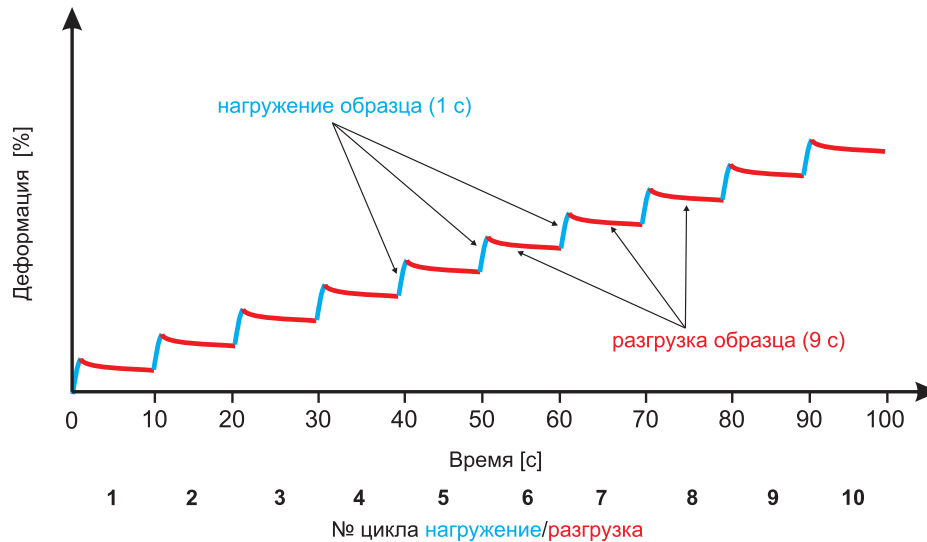


Рис. 7.2. Принцип проведения испытаний MSCR (10 циклов ползучести и восстановления) при одном значении сдвигающего напряжения

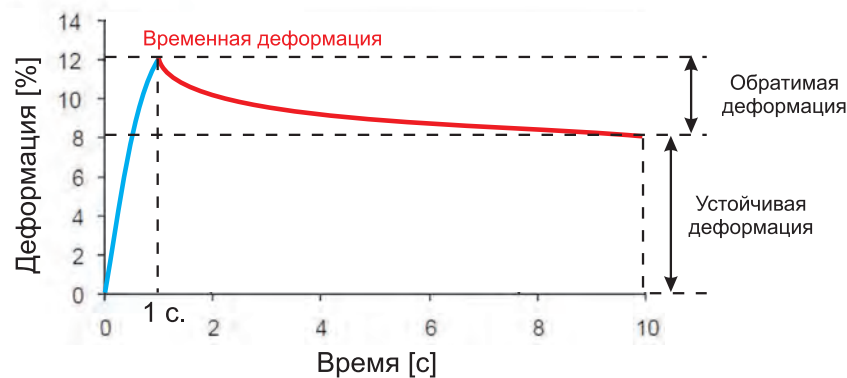


Рис. 7.3. Один цикл ползучести (1 с) и восстановления (9 с)

В результате проведенных испытаний получают две пары результатов: так называемый параметр  $J_{nr}$  (англ. creep compliance) в [кПа<sup>-1</sup>] и процентное восстановление  $R$  в [%], каждый параметр для напряжения 0,1 кПа и 3,2 кПа. Таким образом, испытание дает следующие результаты:  $J_{nr,0.1}$ ,  $J_{nr,3.2}$ ,  $R_{0.1}$  и  $R_{3.2}$ .

Параметр  $J_{nr}$  является необратимой частью модуля податливости, равной деформации образца после цикла ползучести и восстановления, разделенной на приложенное напряжение.

Из полученных параметров **ключевое значение для классификации вяжущего (по методу Superpave) имеет результат  $J_{nr,3.2}$  кПа, определяющий устойчивость вяжущего к остаточной деформации – чем меньше значение  $J_{nr,3.2}$  кПа, тем больше устойчивость к колееобразованию.** Результат восстановления  $R_{3.2}$  свидетельствует, в свою очередь, об эффективности модификации вяжущего (если оно модифицировалось).

Из полученных результатов  $J_{nr,0.1}$  кПа,  $J_{nr,3.2}$  кПа,  $R_{0.1}$  и  $R_{3.2}$  рассчитываются два дополнительных показателя:

- $J_{nr,diff}$  – показатель процентного изменения  $J_{nr}$  после изменения (повышения) напряжения с 0,1 до 3,2 кПа – данный показатель измеряет чувствительность вяжущего к повышению нагрузки, при этом требуется, чтобы такое увеличение не превышало 75%. Показатель  $J_{nr, diff}$  рассчитывается по формуле:

$$J_{nr,diff} = \frac{(J_{nr,3.2kPa} - J_{nr,0.1kPa})}{J_{nr,0.1kPa}} \cdot 100\%$$

- $R_{diff}$  – показатель процентного изменения упругого восстановления после изменения (повышения) напряжения с 0,1 до 3,2 кПа – данный показатель измеряет изменения в упругости вяжущего в условиях увеличения нагрузки. Этот показатель рассчитывается по формуле:

$$R_{diff} = \frac{(R_{0.1kPa} - R_{3.2kPa})}{R_{0.1kPa}} \cdot 100\%$$

В американских испытаниях опытным путем была определена линия, отделяющая модифицированные битумы от немодифицированных, или, иными словами – эффективно модифицированные битумы от немодифицированных [46]. Данная линия представлена на рисунках 7.4.-7.6.

## 7.6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

При планировании испытаний вяжущего методом MSCR в 2015 г. Отдел исследований и развития руководствовался опытом испытаний, проводившихся в соответствии с требованиями *Superpave* в 2010-2014 годах. В 2015 г. были также проведены испытания по условиям Европейского стандарта EN 16659.

Интересующий диапазон температур был установлен на уровне 50-70°C, то есть:

- испытания по *Superpave*: 58°C, 64°C, 70°C (битумы после старения RTFOT),
- испытания по EN: 50°C, 60°C, 70°C (битумы без старения).

Опубликованные результаты следует анализировать с учетом того, что это результаты случайно отобранных образцов текущего производства, потому они не отражают типовые значения, достигаемые в течение всего (и каждого) сезона производства. Конечно же, эти значения нельзя считать значениями, гарантированными компанией «ORLEN Asphalt».

### 7.6.1. Испытания при температуре согласно *Superpave*

На рис. 7.4.-7.6. представлены результаты испытаний различных битумов «ORLEN Asphalt», проводившихся методом MSCR при температуре 58°C, 64°C и 70°C. Все образцы битума были подвержены предварительному старению методом RTFOT. На рисунках отмечена линия, разделяющая области модифицированных битумов (то есть вяжущих, отвечающих требованиям к модифицированным битумам по показателю восстановления  $R_{3.2}$ , с корреляцией с диапазонами значений  $J_{nr,3.2}$  кПа).

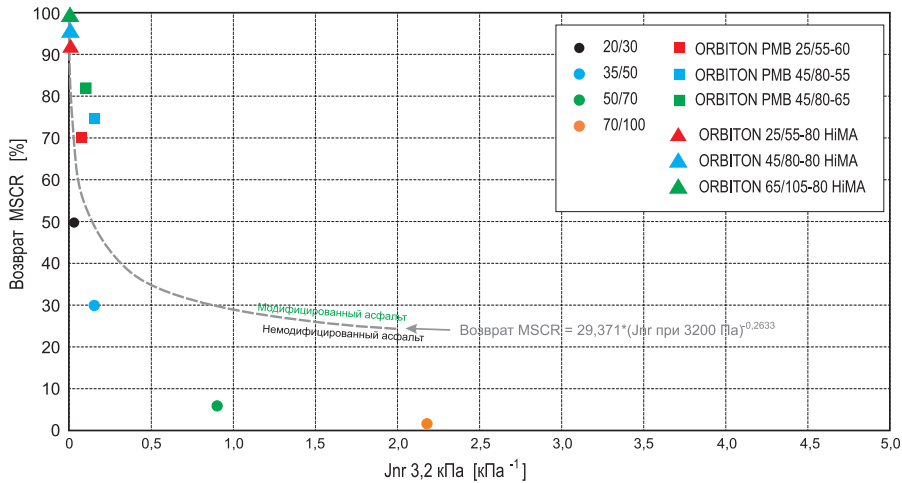


Рис. 7.4. Представление результатов битумов на графике MSCR: восстановление  $R$  в функции  $J_{nr}$  при нагрузке 3,2 кПа и при температуре 58°C (чем ниже значение  $J_{nr}$ , тем большей будет устойчивость к колеобразованию; чем больше восстановление, тем более пружинистым будет вяжущее)

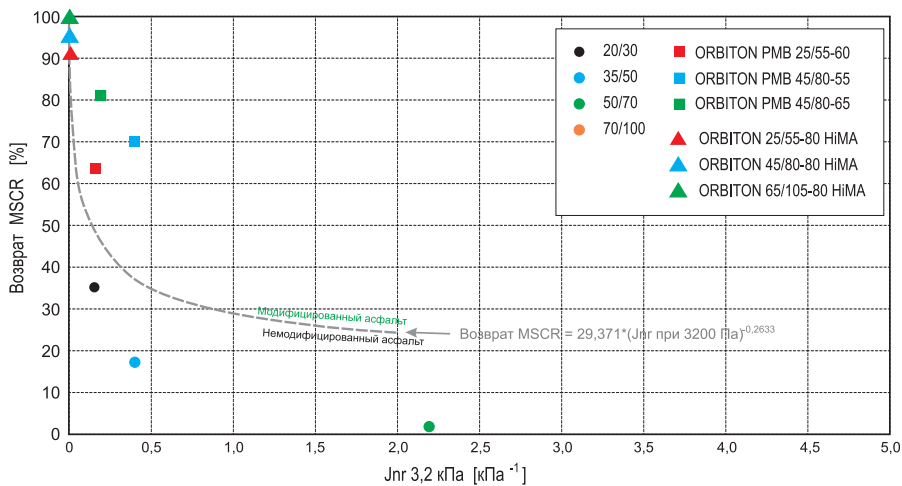


Рис. 7.5. Представление результатов битумов на графике MSCR: восстановление  $R$  в функции  $J_{nr}$  при нагрузке 3,2 кПа и при температуре 64°C (чем ниже значение  $J_{nr}$ , тем большей будет устойчивость к колеобразованию; чем больше восстановление, тем более пружинистым будет вяжущее)

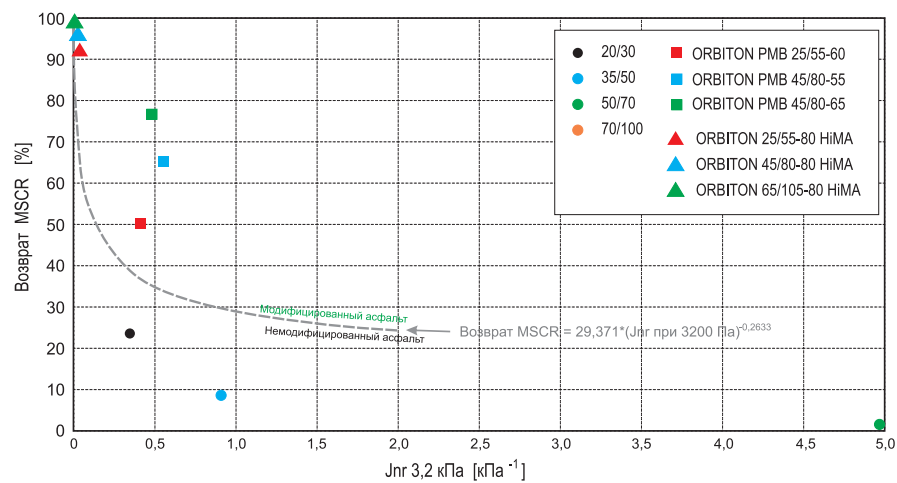


Рис. 7.6. Представление результатов битумов на графике MSCR: восстановление  $R$  в функции  $J_{nr}$  при нагрузке 3,2 кПа и при температуре 70°C (чем ниже значение  $J_{nr}$ , тем большей будет устойчивость к колеобразованию; чем больше восстановление, тем более пружинистым будет вяжущее)

Таблица 7.3. Классификация вяжущих после испытания MSCR, по интенсивности движения (испытания битумов за 2015 г.), на основании диапазонов, показанных в таблице 7.2

Вид битума	Классификация движения при температуре		
	58°C	64°C	70°C
Дорожный 20/30	E	E	E
Дорожный 35/50	E	E	V
Дорожный 50/70	V	S	*
Дорожный 70/100	S	*	*
Модифицированный ORBITON 25/55-60	E	E	E
Модифицированный ORBITON 45/80-55	E	E	V
Модифицированный ORBITON 45/80-65	E	E	E
Высокомодифицированный ORBITON 25/55-80 HiMA	E	E	E
Высокомодифицированный ORBITON 45/80-80 HiMA	E	E	E
Высокомодифицированный ORBITON 65/105-80 HiMA	E	E	E

\* за пределами классификации ( $J_{nr}3.2 > 4.0$ )  
 S – стандартное движение  
 H – интенсивное движение  
 V – очень интенсивное движение  
 E – экстремально интенсивное движение

### 7.6.2. Исследования при температуре согласно EN 16659

На рис. 7.7. – 7.9. представлены результаты испытаний различных битумов «ORLEN Asphalt», проводившихся методом MSCR при температуре 50°C, 60°C и 70°C. Образцы битума предварительному старению не подвергались.

Поскольку в Европе классификация по *Supergravel* не используется, а испытания проводились только для вяжущих без старения, возможность сопоставления результатов с используемыми в США классификационными требованиями для дорожного движения, отсутствовала (как в таблице 7.3.).

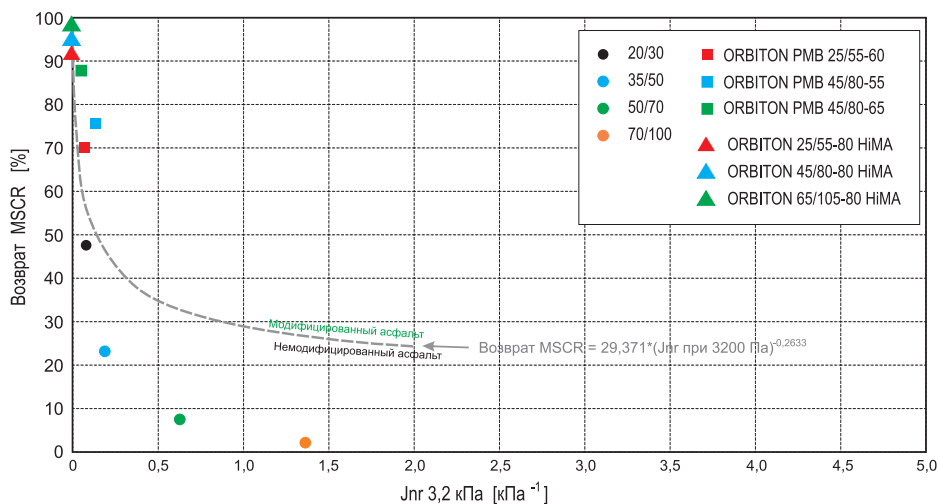


Рис. 7.7. Представление результатов битумов на графике MSCR: восстановление R в функции  $J_{nr}$  при нагрузке 3,2 кПа и при температуре 50°C (чем ниже значение  $J_{nr}$ , тем большей будет устойчивость к колеобразованию; чем больше восстановление, тем более пружинистым будет вяжущее)

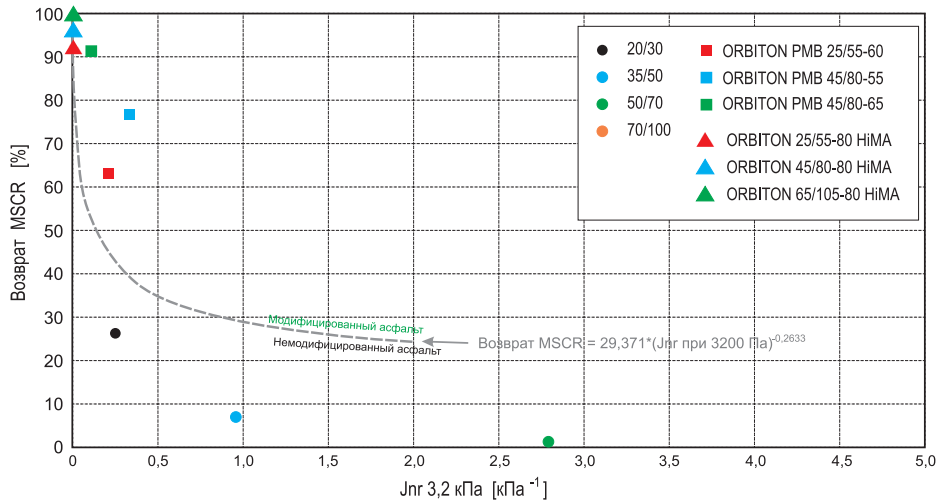


Рис. 7.8. Представление результатов битумов на графике MSCR: восстановление  $R$  в функции  $J_{nr}$  при нагрузке 3,2 кПа и при температуре 60°C (чем ниже значение  $J_{nr}$ , тем большей будет устойчивость к колеобразованию; чем больше восстановление, тем более пружинистым будет вяжущее)

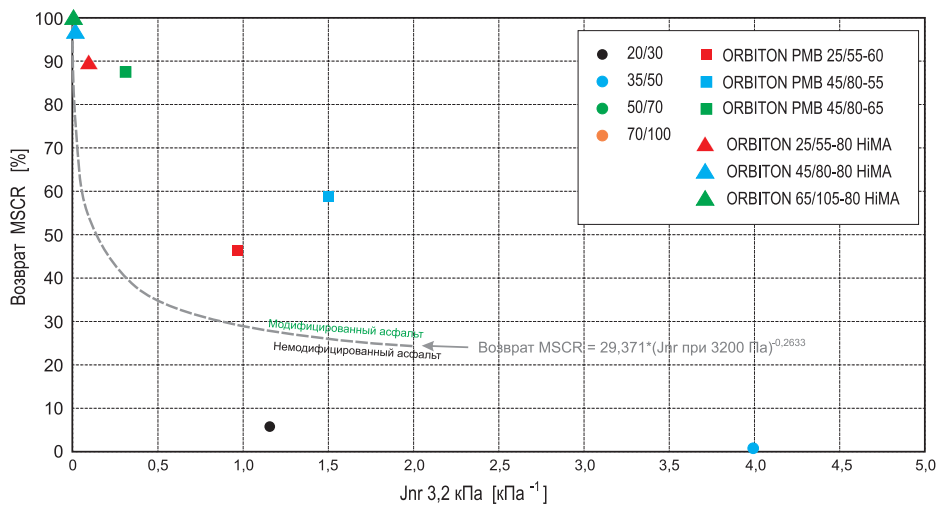


Рис. 7.9. Представление результатов битумов на графике MSCR: восстановление  $R$  в функции  $J_{nr}$  при нагрузке 3,2 кПа и при температуре 70°C (чем ниже значение  $J_{nr}$ , тем большей будет устойчивость к колеобразованию; чем больше восстановление, тем более пружинистым будет вяжущее)

## 7.7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные результаты испытаний по методу MSCR позволяют классифицировать битумы, испытанные при высокой температуре измерения. Это битумы после старения методом RTFOT (согласно *Superpave*) или битумы без старения (согласно EN). Диапазон температуры, при которой проводились испытания вяжущего, и корреляция результатов с условной устойчивостью к колееобразованию по параметру  $J_{nr,3,2}$  предоставляют инженерам очень хороший инструмент для оценки поведения выбранных битумов в условиях сильно нагретой поверхности. Принимая во внимание тот факт, что летний период в Европе становится все горячее, это может иметь не только научное, но и очень ценное практическое применение. Особенно в контексте предоставляемых многолетних гарантий на поперечную ровность (устойчивость к колееобразованию) дорог в процессе строительства.

Результаты испытаний MSCR при постоянно увеличивающейся температуре указывают на довольно высокую чувствительность вяжущих к очень высоким температурам. Это означает, что экстремальные случаи горячего воздуха, которые отмечаются в последние годы, могут в значительной мере способствовать образованию колеи. Не все распространенные битумные вяжущие, особенно вяжущие для специальных слоев, могут выдерживать увеличение температуры слоя с 50 до 70°C. Это должно дать толчок дискуссии относительно указаний по выбору типа и вида вяжущего для крупных проектов, в которых отмечается наиболее высокая интенсивность движения.

## Глава 8

### ФИЗИЧЕСКОЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЕ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

Вбитум является термопластичным материалом, поэтому его характеристики зависят от температуры. Изменение отдельных характеристик битума влияет на его поведение в покрытии, в том числе также на возникновение определенных типов разрушений.

В настоящей главе мы представляем результаты испытаний низкотемпературных характеристик битумов, проводившихся в 2015 году Отделом исследований и развития компании «ORLEN Asphalt», на основании метода LS-308 – «*Method of test for determination of performance grade of physically aged asphalt cement using extended beam rheometer (BBR) method*», разработанного Министерством транспорта Канады. Испытания проводились на выбранных видах дорожного, модифицированного и высокомодифицированного полимерами битума.

#### 8.1. ВВЕДЕНИЕ

Асфальтовые покрытия, а особенно асфальтобетонные смеси, используемые в слоях износа, подвергаются воздействию неблагоприятных факторов в зимний период.

К таким факторам, в частности, относятся:

- результаты действия низкой температуры на битум: температурное сжатие, физическое затвердевание битумных вяжущих, затвердевание слоев,
- действие замерзающей воды,
- действие противообледенительных средств.

Кумуляция перечисленных выше факторов оказывает разрушительное воздействие на покрытие. Тем не менее, данные факторы действуют неодинаково во всем диапазоне низкой температуры. Часть из них зависит от градиента падения температуры, некоторые начинают действовать сразу же после снижения температуры ниже 0°C, другие требуют очень низкой температуры, сохраняющейся на протяжении длительного времени.

Одним из способов проверки низкотемпературных характеристик битумных вяжущих является канадский метод LS-308, определяющий, в какой степени битумные вяжущие затвердевают под действием продолжительного охлаждения при низкой температуре.

#### 8.2. ОПИСАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ БИТУМОВ

**Физическое затвердевание битумных вяжущих** происходит во время их длительного охлаждения при низких температурах. Данное явление состоит в повышении твердости материала, при котором внутри вяжущего возникают напряжения, могущие привести к образованию низкотемпературных трещин. Масштабность данного явления зависит, прежде всего, от времени термостатирования образца битума при заданной низкой температуре. Это процесс полностью обратимый, поэтому после повышения температуры твердость испытываемого материала возвращается к исходному значению. Физическое затвердевание вызывает изменения только в реологических свойствах битумных вяжущих, не изменяя их состава и химической структуры [8].

Явление физического затвердевания отмечается во всех видах битумов, однако не во всех битумах оно проходит одинаково. Податливость данного битума воздействию низких температур зависит от многих факторов, среди которых: химический состав битума, источник нефти, технология производства, способ модификации битума, применение добавок [24], [27]. Эти факторы приводят к тому, что при номинально одинаковом типе битума явление физического затвердевания может проходить в различной степени, например битум 35/50 производителя А будет иметь большую склонность к физическому затвердеванию, чем битум 35/50 производителя В [25], [26].

Это имеет большое значение, потому как физическое затвердевание битумов и, как следствие, изменение в характеристиках асфальтобетонных смесей, имеют существенное влияние на сохранение дорожного покрытия в периоды низкой температуры, и могут быть причиной увеличения количества низкотемпературных трещин.

На практике явление физического затвердевания битумов и изменения в асфальтобетонных смесях возникает во время продолжительных морозов и имеет связь с температурой и временем, на протяжении которого покрытие остается замороженным.

### 8.3. МЕТОД ИСПЫТАНИЙ НА ФИЗИЧЕСКОЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЕ

Испытание на показатель физического затвердевания битумов проводилось на основе канадского метода LS-308, с использованием реометра с изгибающейся балкой BBR (*Bending Beam Rheometer*).



Рис. 8.1. Реометр с изгибающейся балкой BBR (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное UniCRE)

Суть испытаний LS-308 состоит в кондиционировании (замораживании) образца битума при установленной температуре, определенной на основании *Performance Grade* (PG) – то есть функционального типа данного вяжущего. После каждого периода кондиционирования проверяется твердость образца битума в реометре с изгибающейся балкой, и на основании полученных результатов рассчитывается величина физического затвердевания, возникающего в данном битумном вяжущем.



Ниже представлено детальное описание метода LS-308:

**Старение битумных вяжущих** – испытания LS-308 начинаются старением образца битумного вяжущего, сначала методом RTFOT, симулирующим краткосрочное (технологическое) старение – то есть поведение вяжущего при перемешивании с заполнителем на заводе по производству битумных смесей, а затем методом PAV, симулирующим долгосрочное поведение, то есть поведение вяжущего в дорожном покрытии во время эксплуатации.

**Определение нижней критической температуры LCT битумных вяжущих** – после старения битумных вяжущих выполняется следующий шаг – определение их Нижней критической температуры – LCT (Low Critical Temperature), по американской системе *Superpave*.

Нижняя критическая температура битума определяется с помощью реометра с изгибающейся балкой. Установленное таким образом нижнее значение PG (LCT) определяет последующие температуры проведения испытания.

**Определение температуры замораживания образцов** – после определения нижней критической температуры битума (LCT) следует определить два значения температуры, при которых образцы будут замораживаться. Температуры кондиционирования (замораживания) образцов битума рассчитываются следующим способом:

- a) первая температура кондиционирования:  $20\text{ }^{\circ}\text{C} + YY$
- b) вторая температура кондиционирования:  $10\text{ }^{\circ}\text{C} + YY$   
где: YY – нижнее значение PG (LCT)

После этого образцы битумных вяжущих кондиционируют при полученных двух разных значениях температуры, на протяжении соответствующего времени: 1 ч, 24 ч, 72 ч.

**Испытания в реометре с изгибающейся балкой BBR** – после каждого периода кондиционирования (1 ч, 24 ч, 72 ч) следует проверить твердость образца битума в реометре с изгибающейся балкой и, на основании полученных результатов, определить новое значение LCT и величину физического затвердевания, возникающего в данном битумном вяжущем.

## 8.4. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

В программе испытаний, реализуемой компанией «ORLEN Asphalt», для испытаний по методу LS-308 использовались следующие виды битумов:

- Дорожный битум 35/50
- Дорожный битум 50/70
- Модифицированный битум ORBITON 25/55-60
- Модифицированный битум ORBITON 45/80-55
- Высокомодифицированный битум ORBITON 45/80-80 HiMA

В таблице 8.1. представлены полученные результаты физического затвердевания испытываемых битумов, в зависимости от времени и температуры замораживания образцов.

Таблица 8.1. Результаты физического затвердевания испытываемых битумов, полученные согласно стандарту LS-308, на основании показателей, полученных при твердости  $S=300$  [МПа].

Время кондиционирования образца [°C]	Время кондиционирования образца [час.]	35/50	50/70	ORBITON 25/55-60	ORBITON 45/80-55	ORBITON 45/80-80 HiMA
		Физическое затвердевание, рассчитанное по LS-308				
20°C+YY	1 ч	0,7	-2,3	-1,6	0,1	-0,4
	24 ч	6,0	3,2	4,0	4,2	2,9
	72 ч	6,5	3,9	4,3	4,6	3,4
10°C+YY	1 ч	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	24 ч	6,9	7,0	6,4	8,8	4,5
	72 ч	7,9	8,2	7,3	9,0	5,3

Приведенные ниже графики содержат графическое сравнение величины физического затвердевания в испытываемых битумных вяжущих в зависимости от времени и температуры замораживания.

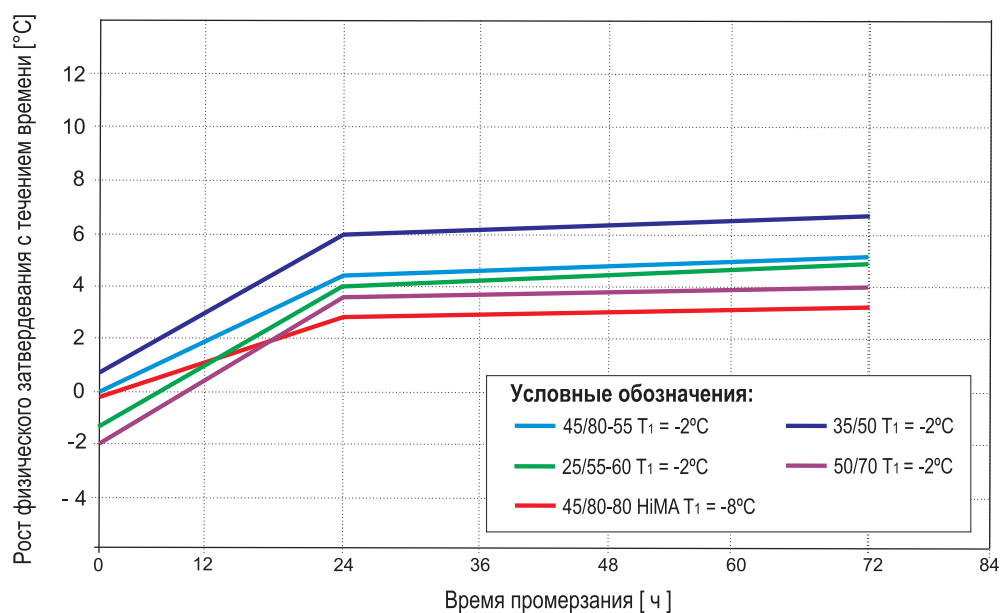


Рис. 8.2. Представление результатов физического затвердевания битумов при температуре замораживания, равной  $T_1 = 20^\circ\text{C}+YY$

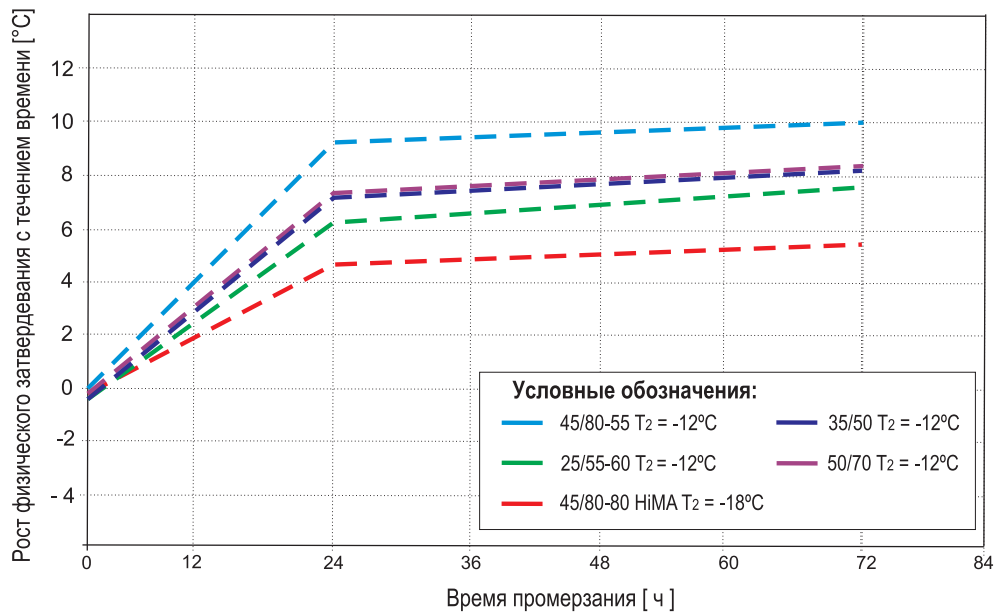


Рис. 8.3. Представление результатов физического затвердевания битумов при температуре замораживания, равной  $T_2 = 10^{\circ}\text{C} + \text{YY}$

Для всех испытываемых видов битума наибольший прирост величины затвердевания отмечается на протяжении первых 24 часов содержания образцов при низкой температуре. Последующие 48 часов уже не оказывают столь значительного влияния на повышение степени физического затвердевания в испытываемых образцах, хотя, несомненно, такое увеличение затвердевания все же имеет место. На приведенных выше графиках также отчетливо видно, что величина физического затвердевания зависит от температуры замораживания образцов. Чем ниже температура кондиционирования, тем ниже прирост физического затвердевания с течением времени.

Наконец, окончательный результат испытаний можно представить в форме величины прироста физического затвердевания в данном битуме с момента начала испытаний до времени замораживания в течение 72 часов.

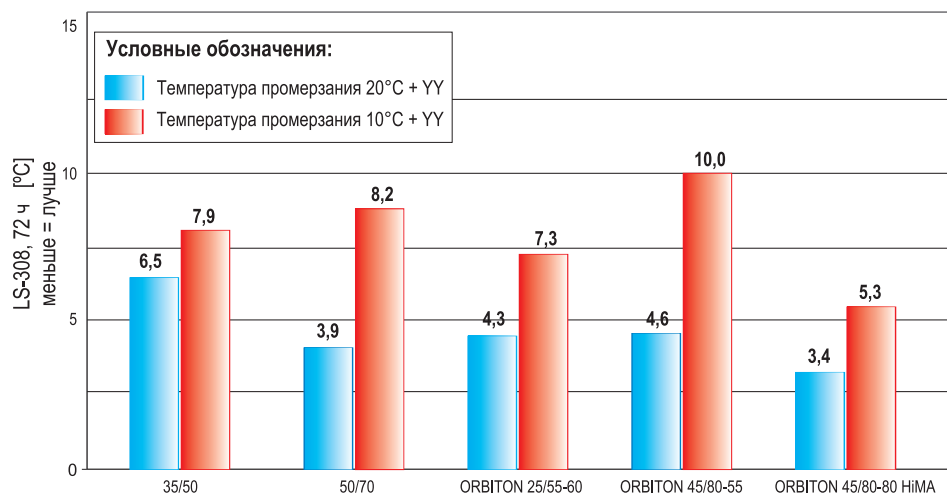


Рис. 8.4. Степень физического затвердевания в испытываемых битумных вяжущих через 72 часа замораживания, на основании параметра  $S=300$  МПа

Следует обратить внимание на то, что, несмотря на замораживание высокомодифицированного битума ORBITON 45/80-80 NiMA при более низкой температуре, чем остальные вяжущие, степень его затвердевания, выраженная величиной физического затвердевания, была у этого битума самой низкой. Это означает, что покрытие, выполненное с использованием данного типа битума, отличается наибольшей устойчивостью к низким температурам, сохраняющейся в течение длительного времени.

#### 8.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Анализируя результаты испытаний по методу LS-308, мы, фактически, оцениваем степень затвердевания битума при низкой температуре. Увеличение твердости битумных вяжущих ведет к ухудшению (повышению) нижнего значения PG, что приводит к сужению функционального рабочего диапазона для данного битума.

Слишком высокая твердость битумного вяжущего оказывает негативное воздействие, потому как может способствовать возникновению большего количества трещин в поверхности в период низких температур. Таким образом, **чем меньше значение физического затвердевания, тем лучше.** Это подтверждают исследования, проводившиеся компанией «ORLEN Asphalt» еще ранее. В ходе этих исследований была установлена взаимосвязь между LCT ( $S=300$  МПа) с твердостью вяжущего при температуре  $-16^{\circ}\text{C}$ , и температурой растрескивания асфальтобетонной смеси в рамках испытаний TSRST [28].

На величину физического затвердевания влияет температура и время замораживания битума. **Чем ниже температура и дольше время замораживания, тем большими будут последствия физического затвердевания.** Это означает, что асфальтовое покрытие подвергается опасности чрезмерного затвердевания во время продолжительных морозов, при этом чем ниже сохраняющаяся в течение длительного времени температура, тем выше будет риск растрескивания покрытия.

## Глава 9

# УСТОЙЧИВОСТЬ ВЯЖУЩЕГО В ЛИТОЙ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ (МА – MASTIC ASPHALT) К ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ СТАРЕНИЮ

### 9.1. ВВЕДЕНИЕ

Технологическое старение битумных вяжущих представляет собой чрезвычайно сложный процесс. Оно зависит от очень многих факторов, в том числе от характера, структуры и группового состава битума, а также от различных внешних условий. Это химический процесс, вызывающий необратимые изменения в функциональных характеристиках битумных вяжущих.

Уплотнение битумных вяжущих под влиянием высокой температуры было названо технологическим или краткосрочным старением.

От степени старости битумных вяжущих зависит время, на протяжении которого покрытие работает правильно, независимо от того, имеем ли мы дело с конвенциональными дорожными битумами или с битумами, модифицированными полимерами. Наиболее интенсивные процессы старения битума проходят во время его смешивания с горячим заполнителем в смесителе. Температура тогда наиболее высока, доступ кислорода из воздуха остается свободным, а слой вяжущего на заполнителе – очень тонкий. Во время перемешивания заполнителя с битумом выпаривание легких фракций и окисление компонентов битума происходит быстрее и интенсивнее всего.

Вследствие реакции окисления в составе и химической структуре битума происходят необратимые изменения, к последствиям которых, в частности, относятся:

- снижение пенетрации,
- увеличение температуры размягчения,
- увеличение (ухудшение) температуры хрупкости,
- увеличение вязкости.

С точки зрения прочности покрытия рекомендуется проверить, каким изменениям вследствие технологического старения подверглись, по меньшей мере, основные характеристики битума, в частности: пенетрация, температура размягчения, вязкость и упругое восстановление (для модифицированных битумов).

Если рассматривать битум как строительный материал, невозможно пренебречь значением технологического старения битума. Следует помнить, что **битум, который был правильно уложен на покрытие, является битумом, прошедшим технологическое старение**. Именно этим и обосновывается необходимость испытания подверженности битумов старению.

## 9.2. ЦЕЛЬ И ОБЪЕМ ИСПЫТАНИЙ

Изменения, происходящие в химической структуре битума и вызванные реакцией окисления, ведут, как правило, к ухудшению его характеристик. Битум становится более хрупким и жестким, повышается его вязкость и температура размягчения, а пенетрация и тягучесть при этом снижаются. Горячие смеси, тем не менее, подвержены старению в различной степени. В случае механически уплотняемых смесей, то есть смесей, которые укатываются катком (например, асфальтобетон (АС) или SMA), температура производства ММА не превышает, как правило, 180°C, и такую температуру можно считать относительно безопасным пределом нагрева битумных вяжущих.

В случае литой асфальтобетонной смеси (*mastic asphalt MA*) температура изготовления смеси может достигать даже 240°C, а время перемешивания/хранения ММА часто доходит до 6 часов. За это время битум подвергается очень интенсивным процессам старения.

Для проверки степени разрушения битумных вяжущих, используемых для производства литой асфальтобетонной смеси, компания «ORLEN Asphalt» провела в 2015 исследовательские работы, целью которых было определить, до каких температур можно безопасно подогреть битум, и в течение какого времени этот битум можно хранить, чтобы он сохранил устойчивые характеристики.

Для исследований устойчивости к технологическому старению использовались твердые битумы, которые применяются, как правило, для производства литой асфальтобетонной смеси MA:

- Дорожный битум 35/50
- Универсальный битум BITREX 35/50-57/69
- Модифицированный битум ORBITON 25/55-60

Все вяжущие, использовавшиеся для испытаний, состаривались методом TFOT (англ. *Thin Film Oven Test*), в соответствии со стандартом EN 12607-2 «Битум и битумные вяжущие. Определение устойчивости к твердению под действием температуры и воды. Часть 2: метод TFOT». Время и температуры при проведении испытаний симулировали реальные условия производства МА. Метод RTFOT, считающийся эталонным для испытания старения битумов, не использовался по техническим соображениям. Программа испытаний предполагала нагрев вяжущих при температуре свыше 200°C, что оказалось невыполнимым в печи для старения по методу RTFOT.

Степень старения битумных вяжущих оценивалась на основании анализа изменений основных характеристик, то есть:

- Пенетрация при 25°C по стандарту EN 1426
- Температура размягчения P<sub>10</sub> согласно EN 1427
- Температура размягчения по Фраасу согласно EN 12593
- Динамическая вязкость при 60°C по стандарту EN 13702-1

Каждое вяжущее нагревалось в печи TFOT в течение 75, 120, 240, 360 и 480 минут, при следующих значениях температуры в печи: 163°C, 200°C, 220°C, 240°C, что включало как стандартный диапазон температур, используемых в технологиях горячего смешивания (<200°C), так и диапазон температур при производстве литой асфальтобетонной смеси (>200°C).

В результате испытаний были получены, прежде всего, специфические сведения, касающиеся литой асфальтобетонной смеси, однако часть выводов можно использовать и для классических смесей, то есть для смесей АС, SMA, РА.

## 9.3. ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

### 9.3.1. Изменение пенетрации при 25°C

Испытание на пенетрацию в соответствии со стандартом EN 1426 «Битум и битумные вяжущие. Определение проникновения иглы».

На рисунках 9.1.-9.3 представлено изменение пенетрации испытываемых битумных вяжущих в функции времени и температуры прогрева.

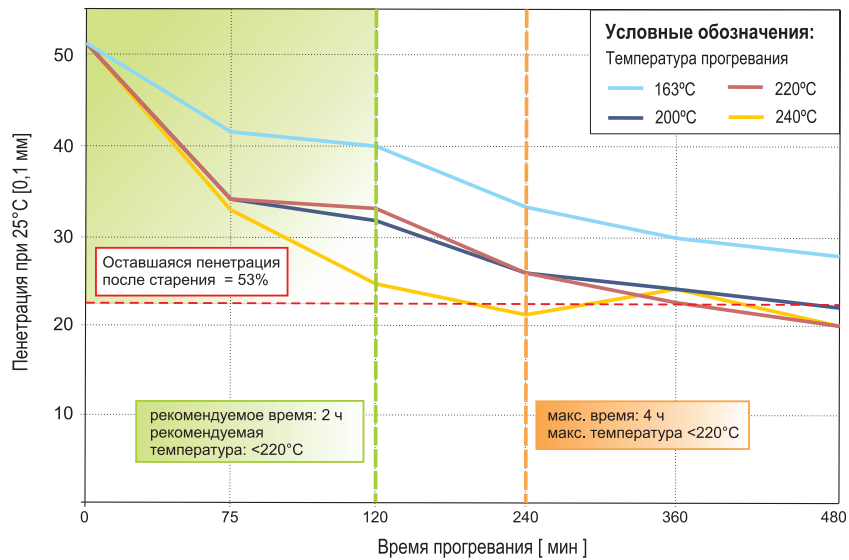


Рис.9.1. Изменение значения пенетрации дорожного битума 35/50

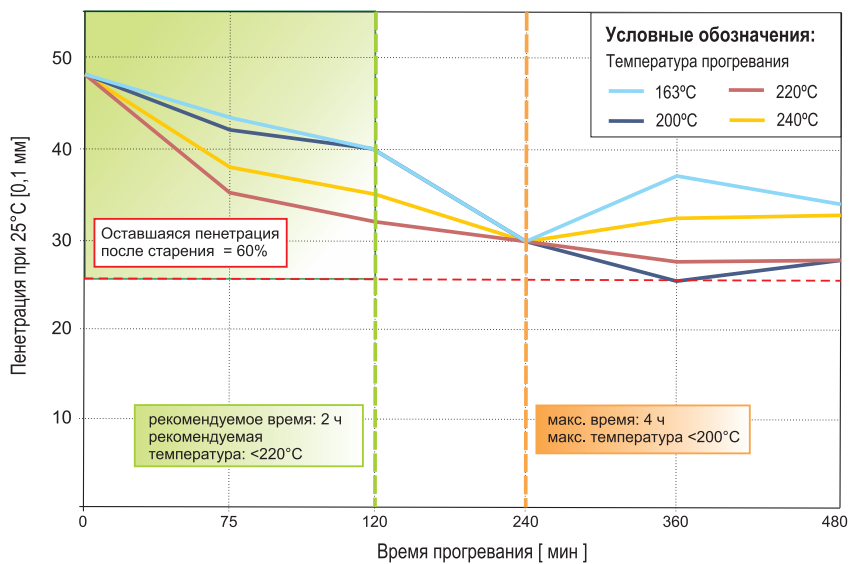


Рис.9.2. Изменение значения пенетрации универсального битума BITREX 35/50-57/69

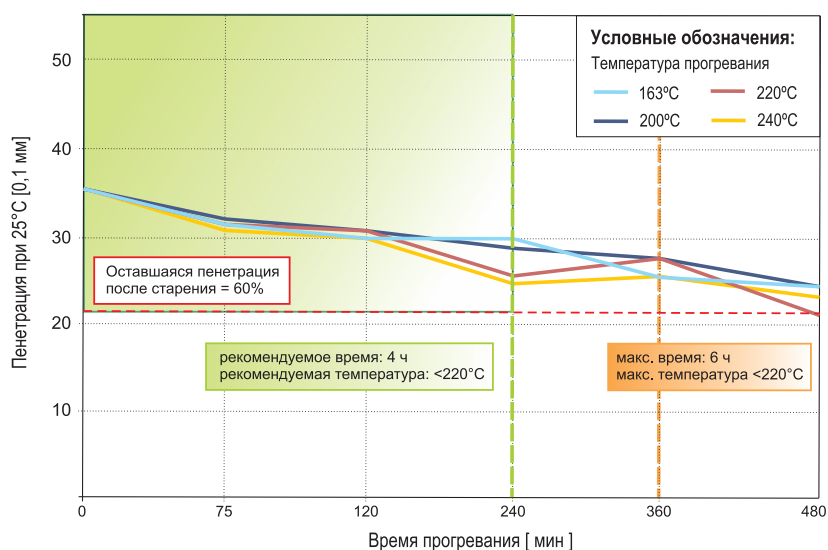


Рис.9.3. Изменение значения пенетрации модифицированного битума ORBITON 25/55-60

В результате технологического старения значение пенетрации снижается – это непосредственно связано с процессом затвердения битума. Параметром, который согласно стандарту определяет допустимую степень старения вяжущего на основе испытания на пенетрацию при 25°C, является Оставшаяся пенетрация после старения, выражающаяся в [%].

На приведенных выше графиках красной линией обозначено допустимое значение пенетрации, которой может характеризоваться данное битумное вяжущее, чтобы его параметры после процесса уплотнения оставались в пределах требований стандарта. Тем не менее, следует помнить, что стандарт определяет требования к битумам после старения по методу RTFOT, более агрессивному, чем метод TFOT. Зеленым полем обозначен безопасный диапазон прогрева (рекомендованный компанией «ORLEN Asphalt») для каждого битумного вяжущего.

### 9.3.2. Изменение температуры размягчения РiК

Испытание изменений температуры размягчения битумов проводилось на основе стандарта EN 1427 «Битум и битумные вяжущие. Определение температуры размягчения. Метод кольца с шаром».

Температура размягчения определяет характеристики битума при так называемой высокой температуре эксплуатации, и составляет, в приближении, (условную) верхнюю границу вязко-упругого состояния.

На рисунках 9.4-9.6 представлено изменение значения температуры размягчения РiК испытываемых битумных вяжущих в функции времени и температуры прогрева.



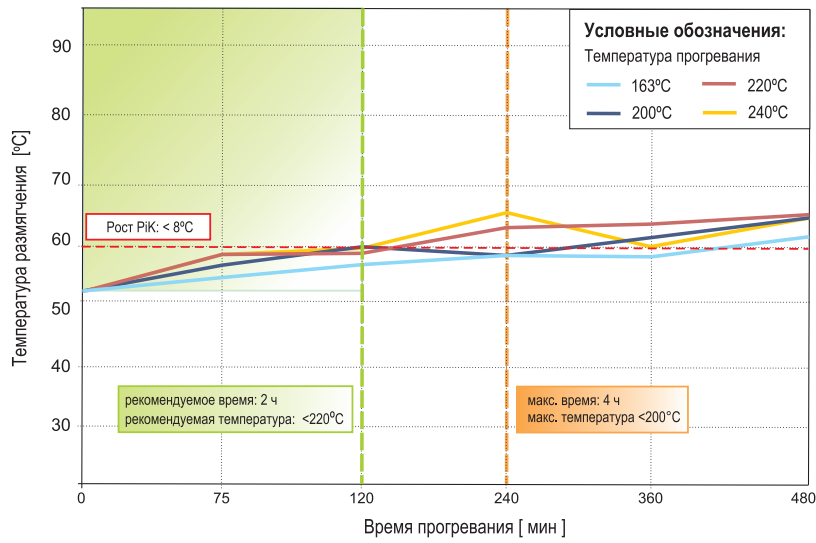


Рис. 9.4. Изменение значения температуры размягчения PiK дорожного битума 35/50

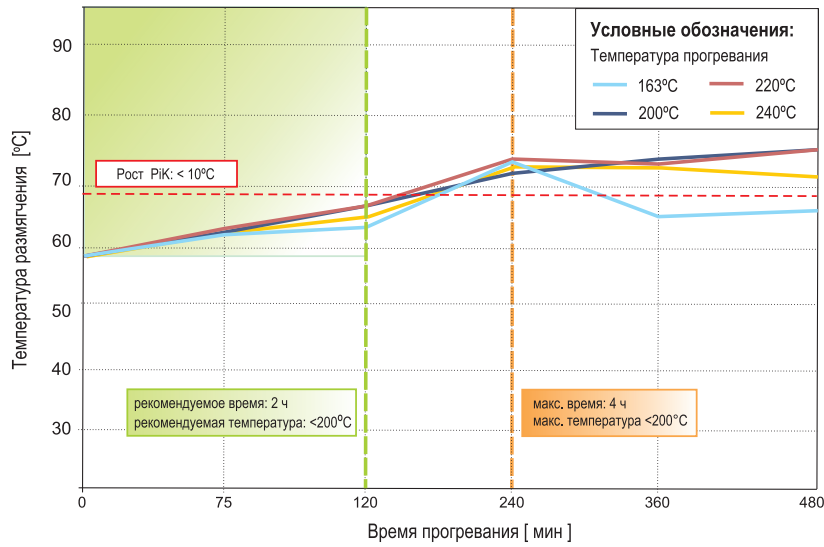


Рис. 9.5. Изменение значения температуры размягчения PiK универсального битума BITREX 35/50-57/69

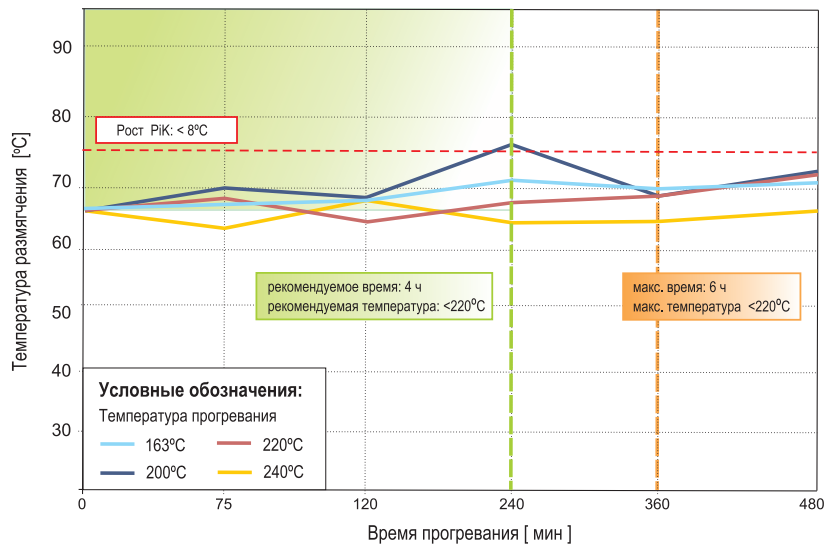


Рис. 9.6. Изменение значения температуры размягчения PiK модифицированного битума ORBITON 25/55-60

Вследствие старения битумных вяжущих температура размягчения возрастает, что также является непосредственным результатом уплотнения битума при высокой температуре.

Параметром, который согласно стандарту определяет допустимую норму увеличения температуры  $P_iK$  после процесса окисления, является разница между температурой размягчения битума перед старением и после старения (допустимое увеличение температуры  $P_iK$ ). Для каждого битума, как и в случае анализа графиков пенетрации, красной линией обозначено допускаемое стандартом увеличение значения температуры  $P_iK$ . В этом случае также следует помнить о том, что стандарт определяет данный параметр для метода RTFOT. Зеленым полем отмечается безопасное время и технологическая температура, рекомендуемые компанией «ORLEN Asphalt» для отдельных типов битума при производстве МА.

### 9.3.3. Испытание на температуру хрупкости методом Фрааса

Еще одним испытанием, проводившимся в рамках оценки характеристик битумных вяжущих после технологического старения, была температура хрупкости, определявшаяся по методу Фрааса.

Температура хрупкости определяет низкотемпературные характеристики битума, а также, приблизительно, условную нижнюю границу вязко-упругого состояния.. Испытание на температуру хрупкости проводилось в соответствии со стандартом EN 12593 «Битум и битумные вяжущие. Определение температуры хрупкости по Фраасу».

На рисунках 9.7.-9.9. представлены изменения температуры хрупкости по Фраасу, полученные для испытываемых битумных вяжущих.

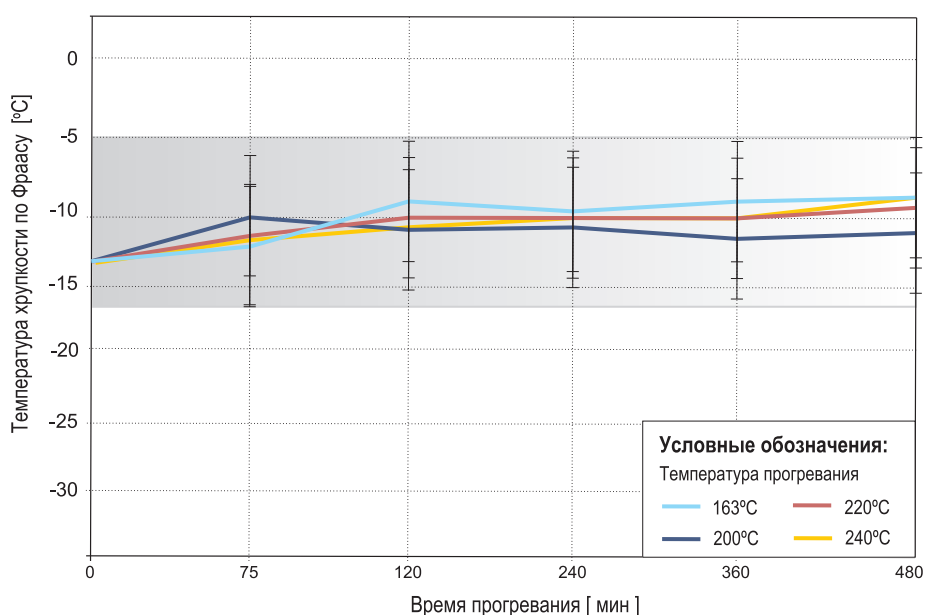


Рис. 9.7. Изменение значения температуры хрупкости по Фраасу дорожного битума 35/50

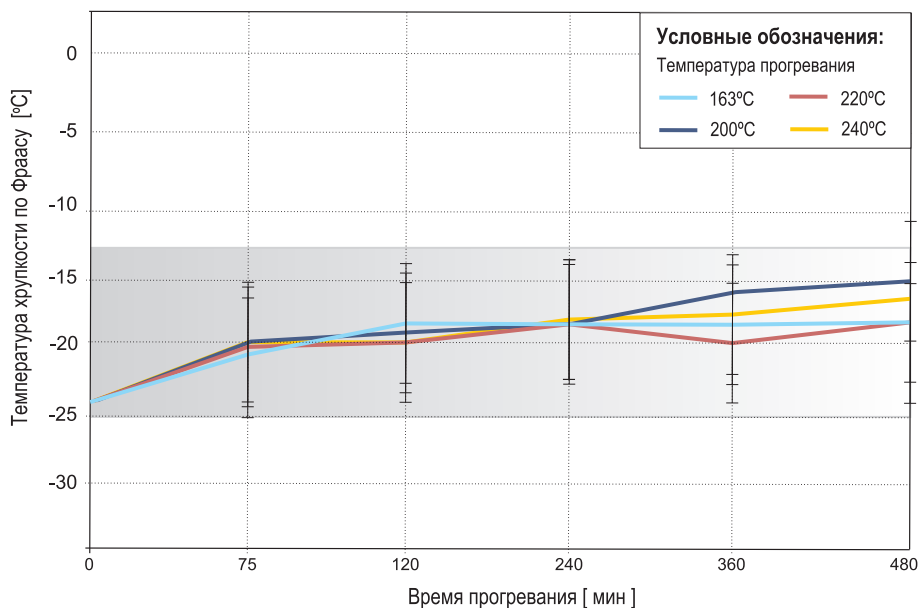


Рис.9.8. Изменение значения температуры хрупкости по Фраасу универсального битума BITREX 35/50-57/69

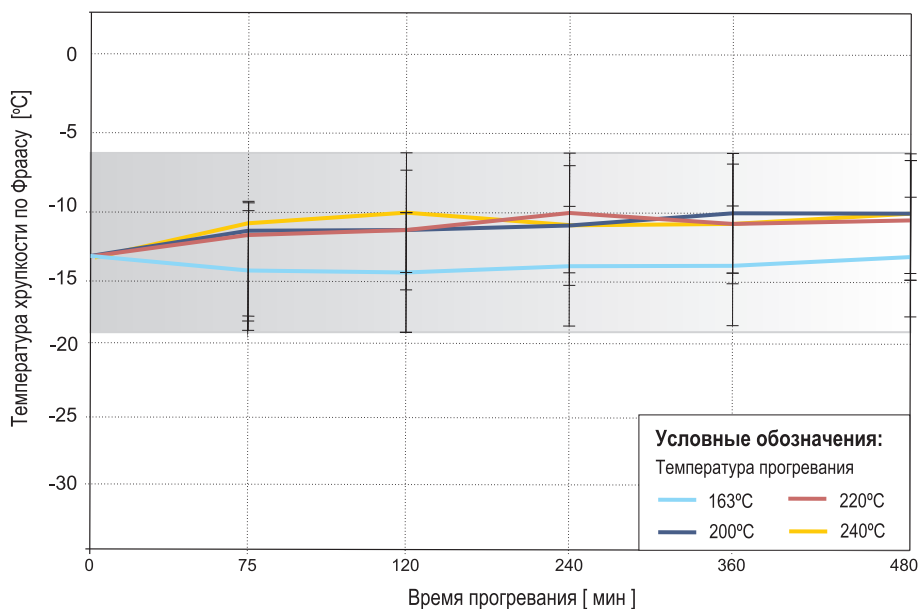


Рис. 9.9. Изменение значения температуры хрупкости по Фраасу модифицированного битума ORBITON 25/55-60

На представленных выше графиках серым полем обозначена погрешность измерения, определенная на основании проверки метода в проводившей испытания лаборатории. Следует осознавать, что на самом деле каждый из полученных результатов находится в диапазоне  $\pm 3^\circ\text{C}$ . Это означает, что для битума, установленная температура хрупкости по Фраасу для которого составляет  $-10^\circ\text{C}$ , правильный результат в пределах допустимой погрешности будет находиться в диапазоне от  $-7^\circ\text{C}$  до  $-13^\circ\text{C}$ . Таким образом, разброс полученных результатов очень велик.

Учитывая низкую точность исследования, пригодность метода Фрааса ставится под сомнение, как метод, не отражающий фактическое поведение битума в покрытии. Поэтому можно утверждать, что определяемая таким образом температура хрупкости не является методом, подходящим для проверки низкотемпературных характеристик битумных вяжущих после процесса технологического старения.

### 9.3.4. Изменение динамической вязкости при температуре 60°C

Испытание динамической вязкости методом конуса и плоскости проводилось на основе стандарта EN 13702 «Битум и битумные вяжущие. Определение динамической вязкости модифицированного битума. Часть 1: Метод конуса и плоскости».

Повышение вязкости является одним из основных изменений реологических характеристик битумных вяжущих, происходящих во время технологического старения. На графиках ниже представлено изменение динамической вязкости испытываемых битумов в зависимости от времени и температуры прогрева.

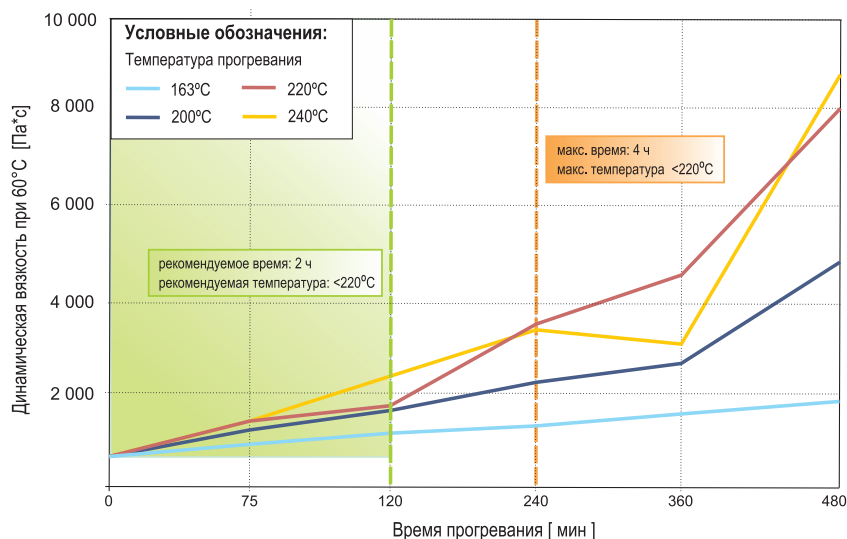


Рис. 9.10. Изменение динамической вязкости при температуре 60°C дорожного битума 35/50

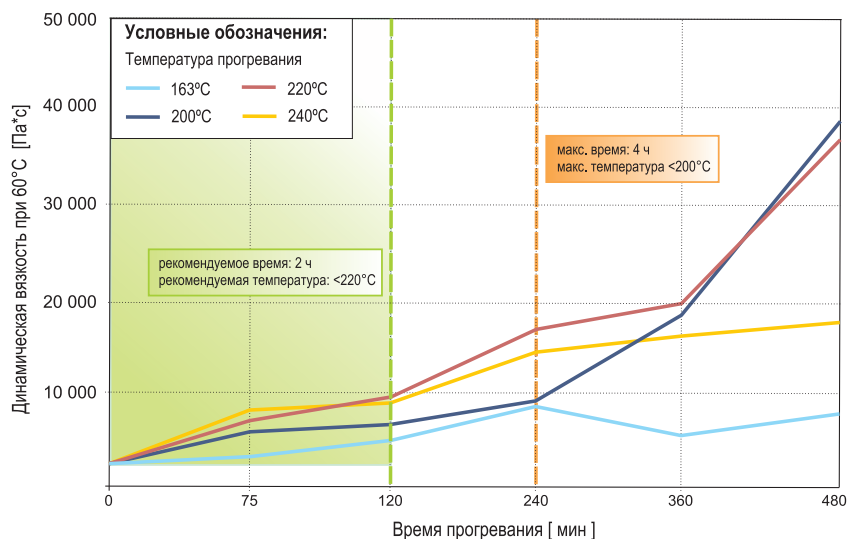


Рис. 9.11. Изменение динамической вязкости при температуре 60°C универсального битума BITREX 35/50-57/69

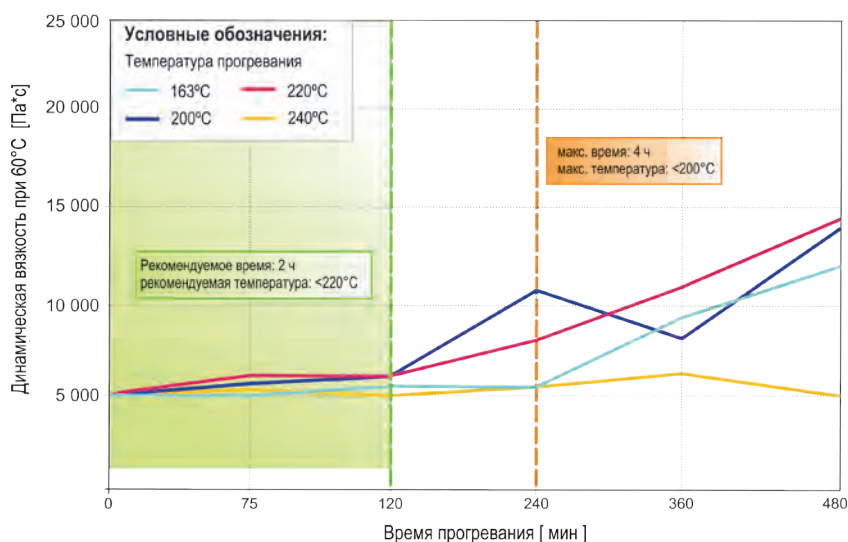


Рис. 9.12. Изменение динамической вязкости при температуре 60°C модифицированного битума ORBITON 25/55-60

Значительное увеличение вязкости битумов во время нагрева свидетельствует о том, что данная характеристика очень чувствительна к процессу технологического старения.

В стандартах EN для отдельных видов битумов не указывается допустимый рост вязкости после старения. Поэтому не существует требований стандартов, регулирующих максимальный уровень прироста вязкости в процессе прогрева. Тем не менее, данную характеристику следует очень серьезно учитывать, потому как чрезмерный рост вязкости во время старения влияет непосредственно на технологические температуры и может значительно затруднять, например, укладку смеси (особенно вручную).

### 9.3.5. Старение модифицированных полимерами битумов

Сложность процесса старения возрастает, если мы имеем дело с битумами, модифицированными полимерами. Несмотря на то, что из анализа приведенных выше испытаний отчетливо следует, что данные вяжущие наиболее устойчивы к действию высокой температуры, при укладке данной группы битумов все же следует быть очень осторожным, потому как в процессе чрезмерного нагрева может разрушиться полимерная сетка битума. Характеристики модифицированных битумов, таким образом, будут зависеть также от степени распада использованного полимера. Следовательно, анализ только лишь основных показателей является недостаточным для оценки характеристик этих вяжущих после процесса окисления.

Одним из методов, который позволяет «заглянуть» в химическую структуру вяжущего, является испытание с помощью флуоресцентного микроскопа с ультрафиолетовой лампой, посредством анализа изображения в отраженном свете. Испытание проводится на основе стандарта EN 13632 «Битум и битумные вяжущие. Отображение полимерной дисперсии в полимер-модифицированном битуме».

На приведенных ниже фотографиях представлена дисперсия полимера SBS в модифицированном битуме ORBITON 25/55-60, после процесса старения:

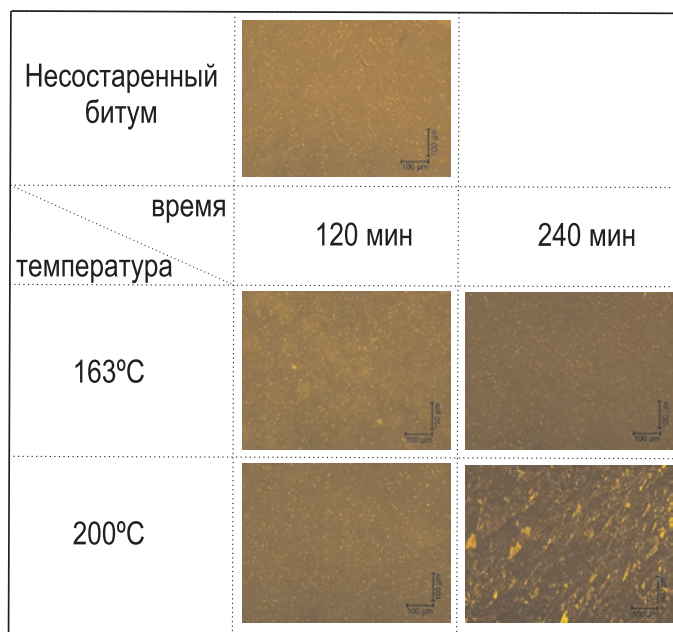


Рис. 9.13. Изменение структуры полимера SBS в модифицированном битуме ORBITON 25/55-60 вследствие старения

При температуре 163°C, во время подогрева до 4 часов, существенные изменения в микроструктуре полимербитума отмечены не были. В случае повышения температуры до 200°C начало изменений в микроструктуре отмечается уже через 240 минут нагрева битума.

#### 9.4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основным фактором, отвечающим за старение битумов, является реакция их компонентов с содержащимся в воздухе кислородом. Как высокая температура, так и время хранения смеси, влияют на степень старения вяжущего. Чем выше температура и дольше время нагрева битума, тем быстрее и интенсивнее протекает старение.

Из приведенных выше графиков можно сделать заключение, что наиболее устойчив к действию высокой температуры модифицированный битум ORBITON 25/55-60 – его основные характеристики дольше всего остаются устойчивыми в процессе нагрева. Наиболее чувствителен к высокой температуре и длительному времени прогревания универсальный битум, основные параметры которого после превышения 240 минут прогревания при температуре свыше 200°C изменяются в неблагоприятную сторону, причем непредсказуемо. Дорожный битум показывает характеристики, средние между универсальным и модифицированным битумом.

В конечном итоге, рекомендуем придерживаться следующих технологических условий в процессе производства литой асфальтобетонной смеси МА:

35/50		BITREX MG 35/50-57/69		ORBITON PMB 25/55-60	
Время	Температура	Время	Температура	Время	Температура
Макс. до 4 часов Рекомендуется до 2 часов	< 220°C	Макс. до 4 часов Рекомендуется до 2 часов	< 200°C	Рекомендуется до 4 часов	< 220°C

## Глава 10

### ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИТУМОВ

Применение битумных вяжущих нуждается в первую очередь в знаниях об оптимальных технологических температурах, турах, а также об особых условиях обращения с образцами битума.

В последующих пунктах приводится ряд сведений, интересующих сотрудников лабораторий и технологических отделений предприятий дорожного строительства.

В таблице 10.2 приведена вся основная информация о технологических температурах применения битума производства компании «ORLEN Asphalt».

#### 10.1. ЛАБОРАТОРНЫЕ УКАЗАНИЯ

##### 10.1.1. Определение технологических температур

Битум отличается пределами характерной вязкости при температуре 60-165°C (чаще всего исследуемый температурный диапазон). Результаты вязкости, полученные для битума, произведенного на нефтеперерабатывающем предприятии и не подвергавшегося старению, будут всегда отличаться от результатов битума после старения. В результате старения битум отвердевает, а его вязкость повышается. Имитация технологического (краткосрочного) старения в лаборатории осуществляется в камере RTFOT, а эксплуатационного (долгосрочного) старения – в устройстве PAV или RCAT.

Кривая зависимости вязкости от температуры после технологического старения (RTFOT) не совпадает с кривой, характерной для неподверженного процедуре старения битума и перемещена в сторону большей вязкости. Это означает, что технологические температуры должны определяться на основании исследования вязкости битума как до старения в камере RTFOT, так и после него.

Для большинства важных технологических процессов известны оптимальная вязкость или пределы вязкости, на основе которых можно определить оптимальные технологические температуры.

Для определения температуры подачи и смешивания битума с заполнителем применяются результаты испытаний битума до старения, так как эти технологические процессы имеют место перед контактом тонкого слоя вяжущего вещества с поверхностью горячего заполнителя (перед началом основного технологического старения). Для определения температуры начала и конца уплотнения асфальтобетонной смеси на строительной площадке следует применять результаты испытаний вязкости битума после старения (метод RTFOT). В действительном процессе производства асфальтобетонной смеси после этапа мокрого перемешивания компонентов (заполнителя и битума) начинается этап выдерживания горячей смеси в силосе и ее транспортировки на место строительства. Как правило, этот этап продолжается от нескольких десятков минут до нескольких часов. В течение этого времени битум находится на горячем заполнителе и происходит его старение – испарение легколетучих компонентов, а впоследствии – его отверждение. Понижается степень пенетрации битума, растет его температура размягчения и вязкость, ухудшается температура хрупкости. Следовательно, на момент начала укладки смеси и ее уплотнения вяжущее вещество, находящееся в смеси, уже прошло процесс технологического старения. Поэтому для определения температуры начала и конца уплотнения мы рекомендуем применять вязкость после старения RTFOT.

Поскольку вязкость произведенного битума зависит в значительной степени от свойств сырья (остаточный битум, полученный при атмосферно-вакуумной перегонке нефти), следует учитывать, что определяемая технологическая температура в течение производственного сезона может колебаться.

Кривые зависимости вязкость-температура для каждого битума представлены на рисунках в главах 2-4.

Среди описываемых значений технологической температуры особое внимание следует уделить правильному подбору температуры уплотнения образцов в лаборатории (по методу, выбранному согласно стандарту EN 13108-20). Температуры подготовки образцов асфальтобетонной смеси должны соответствовать фактическим условиям, созданным на заводе по производству смесей и на строительной площадке. Применение слишком высокой температуры в лаборатории приведет к достижению высоких значений объемной массы асфальтобетонной смеси в образцах и занижению доли межзерновых пространств. Если условия на месте строительства будут значительно отличаться от принятых в лаборатории, т. е. температура асфальтобетонной смеси в слое во время уплотнения будет значительно ниже, то достижение требуемого коэффициента уплотнения слоя окажется практически невозможным. Применение слишком низкой температуры в лаборатории приведет, в свою очередь, к достижению на строительной площадке коэффициентов уплотнения, превышающих 100%, и слишком малой доле межзернового пространства в слое, что повысит риск образования колеи. Поэтому применение соответствующей температуры уплотнения образцов на этапе проектирования смеси в лаборатории имеет настолько существенное значение.

### 10.1.2. Образцы битума в лаборатории

Лаборатория получает образцы битумных вяжущих от «ORLEN Asphalt» в металлических упаковках (закрываемых банках) или, в качестве исключения, в специальных небольших картонных упаковках, выложенных алюминиевой фольгой (объемом примерно 1 литр).

Способ обращения с битумом оказывает очень большое воздействие на полученные результаты испытаний как битума, так и асфальтобетонных смесей. Следует помнить, что многократно нагреваемый и/или перегреваемый образец битума в сушильной камере может в значительной степени отвердеть.

При использовании образцов с битумом следует избегать их многократного нагрева. Поэтому мы рекомендуем использовать большое количество образцов небольших размеров (для однократного использования) вместо одной большой емкости с битумом.

При наличии образца битума из одной большой емкости (например, 10 кг) рекомендуется нагреть емкость с битумом первый раз, гомогенизировать битум путем перемешивания, а затем перелить его в несколько емкостей меньших размеров, которые будут использоваться позже.

Способ обращения с образцами для испытаний определен в стандарте EN 12594 «Битум и битумные вяжущие. Подготовка образцов для испытания».

Нагрев образцов в лаборатории в соответствии со стандартом:

- емкость не может быть плотно закрыта;
- ни в коем случае образцы не должны нагреваться при температуре, превышающей 200°C;
- **емкости объемом до 1 литра**, время нагрева до 120 минут, температура нагрева в печи: не выше ожидаемой температуры размягчения битума + 100°C,
- **емкости объемом 1-2 литра**, время нагрева до 3 часов, температура нагрева в печи: не выше температуры размягчения битума +100°C,
- **емкости объемом 2-3 литра**, время нагрева до 3,5 часов, температура нагрева в печи: не выше температуры размягчения битума +100°C,



- **емкости объемом 3-5 литров**, время нагрева до 4 часов, температура нагрева в печи: не выше температуры размягчения битума +100°C,
- **емкости объемом более 5 литров**, время нагрева до 12 часов, температура нагрева в печи: не выше температуры размягчения битума +50°C, на последние 2 часа температуру следует соответственно увеличить.

В случае модифицированного битума следует применять процедуру, предусмотренную поставщиком образца. Если не было предоставлено никаких сведений относительно модифицированного полимера битума (отвечающего стандарту EN 14023), температура в печи должна поддерживаться в диапазоне от 180°C до 200°C, независимо от температуры размягчения.

После нагрева образцов в емкостях их следует гомогенизировать путем перемешивания, избегая образования пузырьков воздуха в образце. Максимальное время перемешивания (гомогенизации) не должно превышать 10 минут.

Если образец содержит загрязнения – кокс или измельченные минеральные материалы, разрешается пропустить образец через нагретое сито (с ячейкой 0,5 мм) перед отбором образца для испытаний. Соответствующая отметка о наличии кокса или измельченного минерального материала, а также о просеивании (пропускании) образца через сито должна содержаться в отчете о результатах испытаний.

Образцы битума, полученные в результате

- проведения экстракции асфальтобетонной смеси (по стандартам EN 12697-1, EN 12697-2, EN 12697-4),
- испытаний на устойчивость к затвердеванию или старению (по стандартам EN 12607-1, EN 12607-2 и EN 12607-3 или EN 14769, либо согласно иному применимому стандарту, касающемуся затвердевания или старения),

должны готовиться и подвергаться испытаниям в соответствии с применимыми методами отбора и испытания образцов.

### 10.1.3. Сцепление битума с минеральными заполнителями

Сцепление (адгезия) битума с поверхностью зерен минерального заполнителя обусловлено многими факторами, в том числе видом породы, из которой был изготовлен заполнитель. В дорожном строительстве принято использовать понятия «кислотный» и «щелочной» заполнитель, что связано с высоким и низким содержанием SiO<sub>2</sub> (диоксида кремния) в породе. Принято считать, что «кислотные» заполнители обладают очень плохим сродством с битумом и нуждаются в применении средств, улучшающих адгезионные свойства битума. «Щелочные» заполнители, как напр. известняки, обладают лучшими свойствами сцепления с битумом. Однако выбор средства, улучшающего адгезию битума к заполнителю, нуждается в проведении лабораторных испытаний, так как некоторые химические средства ухудшают сцепление битума с заполнителем.

Действующие в настоящее время стандарты предоставляют инструменты для испытания адгезии битума к заполнителю, а также общей устойчивости асфальтобетонной смеси к воздействию воды и мороза:

- EN 12697-11 «Асфальтобетонные смеси. Методы испытаний горячих асфальтобетонных смесей. Часть 11: Определение совместимости между наполнителем и битумом»,
- EN 12697-12 «Асфальтобетонные смеси. Методы испытаний горячих асфальтобетонных смесей – Часть 12: Определение водостойкости битумных образцов».

В случае плохого сродства битума и заполнителя применяются средства, улучшающие сцепление битума с заполнителем (так называемые адгезионные добавки). Сцепление можно определить, например, на основании испытания по EN 12697-11, метод А, на выбранной фракции минеральной смеси. Сцепление вяжущего вещества с заполнителем должно составлять не менее 80% после 6 часов испытаний.

Доступные на рынке адгезионные добавки, а также их содержание в битуме следует подбирать к конкретному битуму и минеральному заполнителю, учитывая, что универсальные продукты, подходящие для всех пар битум-заполнитель, встречаются крайне редко.

Окончательной проверкой устойчивости асфальтобетонной смеси к воздействию воды и мороза является испытание ITSR по EN 12697-12.

## 10.2. ХРАНЕНИЕ БИТУМА

Битумные вяжущие следует хранить в специально предназначенных для этого резервуарах. Битум в рабочем резервуаре должен нагреваться косвенным образом с системой термостатирования, поддерживающей определенную температуру с допуском  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Это означает, что резервуар должен быть оборудован точными измерительными приборами с местным или удаленным считыванием показаний температуры, расположенными в области нагревательных змеевиков и вне этой области с возможностью легкого демонтажа для регулярной очистки. По требованиям стандарта для Заводского производственного контроля асфальтобетонных смесей EN 13108-21 («Смеси битумные. Технические требования к материалам. Часть 21: Заводской производственный контроль») температура битума должна фиксироваться раз в день.

Длительное хранение партии битума при температуре, близкой к максимальной температуре хранения, может привести, по прошествии определенного времени, к образованию на дне резервуаров осадка из тяжелых фракций битума (так называемого кокса). Чем тверже битум, тем выше вероятность образования кокса, поэтому во время хранения дорожного битума вида 20/30 и 35/50 следует периодически проверять чистоту резервуара. Отсутствие регулярной очистки резервуара может через некоторое время привести к перемещению осадка в трубы, засорению фильтров и закупорке насосов.

Хранение дорожного битума в резервуаре может сопровождаться старением, вызванным постепенным окислением битума и испарением его более легких компонентов. Процесс старения битума в резервуаре происходит медленно, так как поверхность контакта битума с воздухом является небольшой. Однако хранение небольшого количества битума в резервуаре в условиях высокой температуры может привести к перегреву слоя битума на стенках резервуара или на нагревательных змеевиках. Последствием этого является дополнительный осадок кокса на дне резервуара.

Во время перемешивания битума с заполнителем на заводе по производству смесей процессы старения существенно ускоряются (очень тонкий слой битума на заполнителе, очень высокая температура и доступ кислорода), поэтому необходимо крайне аккуратно подбирать так называемое время «мокрого смешивания».

Использование для производства слишком горячего вяжущего вещества может иметь другие негативные последствия, в частности при производстве смесей с переменной зернистостью (SMA или пористого асфальта PA), в которых существует повышенная опасность стекания вяжущего вещества. В таких случаях следует применять повышенную концентрацию стабилизатора (например, целлюлозных волокон), и проверять стекание методом Шелленберга, при более высокой температуре (описание содержится в стандарте EN 12697-18 «Асфальтобетонные смеси. Методы испытаний горячих асфальтобетонных смесей – Часть 18: Стеkanie вяжущего вещества»).

Таблица 10.1. Старение битума в резервуарах для хранения.

Причины старения битума в резервуаре	Факторы, ограничивающие старение
Длительное хранение битума при высокой температуре	Следует избегать длительного хранения битума при повышенной температуре. В период простоя производства асфальтобетонной смеси рекомендуется снизить температуру битума в резервуаре до уровня, обеспечивающего возможность его последующего нагрева.
Циркуляция битума	<p>Циркуляция битума – это широко применяемый метод гомогенизации битума в резервуаре. Если битум хранится длительное время, лучше ограничить циркуляцию или включать ее периодически. Циркуляция подходит особенно для хранения модифицированного битума. Ее применение позволяет достичь увеличения степени гомогенизации вяжущего вещества после длительного периода хранения.</p> <p>Вход возвратного трубопровода циркулирующего битума в резервуар должен располагаться ниже верхней поверхности жидкости, образуемой вяжущим веществом в резервуаре.</p>
Конструкция резервуара	Самой подходящей конструкцией является конструкция, обеспечивающая небольшое соотношение между поверхностью битума и его объемом, поэтому резервуары для хранения битума должны быть расположены вертикально, что позволит сохранить большое отношение высоты к диаметру резервуара.

Детальная информация о хранении отдельных типов битумных вяжущих веществ содержится в главах 2-4.

### Прочие рекомендации

В случае изменения типа или вида битума, хранимого в резервуаре, каждый раз следует убеждаться в том, что резервуар действительно пуст.

Не рекомендуется смешивать битум разного типа, напр. дорожный битум с битумом, модифицированным полимерами. Такое смешивание является причиной ухудшения эксплуатационных свойств вяжущего вещества и дорожного покрытия.

Ответственность за смешивание битума того же типа, но разных видов, напр. 50/70 с 70/100, несет исключительно исполнитель. Этот процесс нуждается в применении эффективной смесительной установки в резервуаре и в проведении лабораторного контроля. Не рекомендуется смешивать вяжущие вещества разных производителей.

Не рекомендуется многократно нагревать и охлаждать модифицированный битум ORBITON, а также высокомодифицированный битум ORBITON HiMA.

Если битум должен храниться в резервуаре завода в течение зимнего сезона, следует снизить температуру в резервуаре до температуры окружающего воздуха. В таких условиях битум может храниться в течение нескольких месяцев. Нужно помнить, что весной время нагрева нескольких десятков тонн битума может быть довольно долгим и зависит от эффективности и конструкции системы нагрева в резервуарах. После нагрева следует обязательно проверить свойства вяжущего вещества. Внимание – не все типы и виды битума можно хранить таким способом (см. главы 2-4).

Температура битума во время хранения не должна превышать значений, указанных в таблице 10.2.

### 10.3. ПРОИЗВОДСТВО АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Битум, поставленный на завод по производству асфальтобетонной смеси или битумной эмульсии, должен иметь достаточно низкую вязкость, которая обеспечит возможность его разгрузки из автоцистерны. Поскольку вязкость битума тесно связана с его температурой (чем выше температура битума, тем ниже его вязкость), в холодное время года во время транспортировки битума с нефтеперерабатывающего завода необходимо следить за температурой битума в автоцистерне. Принимается, что минимальная температура подачи достигается при вязкости битума, составляющей около 2 Па·с.

Перегрев асфальтобетонной смеси во время производства на заводе влечет за собой значительное технологическое старение битума, что впоследствии уменьшает прочность асфальтового покрытия. По этой причине нельзя превышать рекомендуемую максимальную температуру производства, даже для обеспечения необходимой обрабатываемости и способности к уплотнению на месте строительства.

**Указанные в таблице 10.2 температуры не касаются асфальтобетонных смесей, к которым добавляется средство для понижения температуры их производства и укладки.**

Срок хранения свежепроизведенной смеси в силосе не должен приводить к чрезмерному охлаждению смеси и зависит от следующих факторов:

- температура производства смеси,
- вид смеси и содержание вяжущего в смеси, а также вид вяжущего (дорожный, модифицированный битум),
- содержание добавок, таких как стабилизаторы, модификаторы или адгезионные добавки,
- техническое состояние и оснащение силосов (термическая изоляция, отопление),
- количество асфальтобетонной смеси в силосе.

### 10.4. ТРАНСПОРТИРОВКА АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Следует обратить особое внимание на чистоту грузового отсека (отсутствие остатков старой асфальтобетонной смеси) автомобилей, поставляющих смесь на место строительства. Внутренняя часть грузового отсека автомобиля должна быть легко увлажнена с помощью специального средства, защищающего стены и дно от прилипания смеси. Для увлажнения грузового отсека применяются только те антиадгезивные средства, которые не оказывают вредного воздействия на битумное вяжущее вещество. **Запрещено использовать для орошения грузового отсека дизельное топливо или другие минеральные масла.**

Во время перевозки смеси грузовой отсек следует обязательно защитить брезентом. При неблагоприятных атмосферных условиях или пониженной температуре рекомендуется использовать автомобили с изолированными грузовыми отсеками. В случае необходимости выполнения работ при крайне неблагоприятных атмосферных условиях (температура  $<+5^{\circ}\text{C}$ , сильный ветер  $>10$  м/с, большие транспортные расстояния) следует рассмотреть возможность применения между укладчиком и автомобилем, из которого выгружается смесь, промежуточных перегружателей с дополнительным смесителем и подогревом смеси (MTV, Shuttle-buggy). Работу транспорта следует организовать таким образом, чтобы обеспечить непрерывность поставок смеси на место строительства (не допуская простоев укладчика).

После загрузки асфальтобетонной смеси на автомобиль следует проверить температуру смеси и произвести ее визуальную оценку. Стоит обратить внимание на [1]:

- **синий дым**, поднимающийся над смесью, свидетельствует о значительном перегреве смеси во время перемешивания битума с заполнителем (более 200°C). Следовательно, смесь испорчена (пережжена) и после укладки будет крошиться, а также будет неустойчивой к воздействию воды и мороза,
- **смесь «растекается»** в грузовом отсеке автомобиля. Возможные причины:
  - a. повреждение дозатора битума, смесь содержит слишком много битума,
  - b. неправильный состав минеральной смеси – отсутствие какой-либо фракции, при этом содержание битума является правильным,
  - c. неправильный состав асфальтобетонной смеси – еще в лаборатории предполагалось слишком высокое содержание битума,
  - d. передозировка адгезионной добавки,
- после загрузки смесь образует острый конус, смесь имеет матовый цвет, не блестит – это может свидетельствовать о слишком низкой температуре смеси или слишком низком содержании битума; в результате этого смесь может не обладать соответствующей обрабатываемостью и способностью к уплотнению на месте строительства; после загрузки правильная смесь должна образовать купол,
- заполнитель плохо перемешан с битумом. Возможные причины:
  - a. слишком мало битума в смеси (ошибка проектирования),
  - b. поврежден дозатор битума,
  - c. слишком низкая температура битума во время перемешивания с заполнителем,
  - d. слишком короткое время «мокрого перемешивания» в смесителе,
- зерна заполнителя покрыты пузырьками битума – кажется, что битум кипит на поверхности заполнителя; причина – слишком высокое содержание влаги в заполнителе, которое не удалось устранить при обработке в печи; данное явление возникает чаще при использовании заполнителей с высокой впитывающей способностью, а также заполнителей, отобранных после сильных осадков.

## 10.5. УКЛАДКА

Смеси асфальтобетона с высоким модулем жесткости AC WMS (AC EME) с твердым битумом следует укладывать с максимально допустимой по технологии и проекту толщиной слоя. Это поможет улучшить температурные условия уплотнения.

При укладке смесей на основании с повышенной температурой (свежеуложенный слой) следует тщательно контролировать температуру по центру толщины уложенного слоя. Не рекомендуется применять бесконтактные термометры; следует использовать термометры со стальным стержнем, которые можно погружать в слой. В случае если укладываемая смесь имеет очень высокую температуру (смесь остывает очень медленно), следует отложить укатывание, пока температура не достигнет уровня, позволяющего начать уплотнение. То же самое касается случаев, когда смесь укладывается на горячее основание (горячий предыдущий слой). Указанные рекомендации не касаются технологии укладки компакт-асфальта (Kompakt-Asphalt).

Смесь литого асфальта МА не всегда может укладываться вручную, ввиду высокой вязкости. Рекомендуется применение механического оборудования для укладки и добавок, понижающих температуру укладки. Необходимо контролировать температуру и время хранения смеси литого асфальта МА. Детальные указания содержатся в главе 9.

## 10.6. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Таблица 10.2. Минимальная и максимальная температура битума и асфальтобетонных смесей в зависимости от вида битума

Вид битума	Дорожный битум				Битум, высоко-модифицированный полимерами			Битум, модифицированный полимерами				
	EN 12591 прил. NA				EN 14023 прил. NA			EN 14023 прил. NA				
	АСФАЛЬТ 20/30	АСФАЛЬТ 35/50	АСФАЛЬТ 50/70	АСФАЛЬТ 70/100	ORBITON 25/55-80 HiMA	ORBITON 45/80-80 HiMA	ORBITON 65/105-80 HiMA	ORBITON 10/40-65	ORBITON 25/55-60	ORBITON 45/80-55	ORBITON 45/80-65	ORBITON 65/105-60
Температура [°C]												
<b>Лаборатория</b>												
Температура уплотнения образцов по методу Маршалла/на приборе вращательного (жираторного) уплотнения	155-160	140-145	135-140	130-135	150-160	150-155	145-150	150-155	145-150	145-150	150-155	145-150
<b>Температура компонентов на заводе по производству смесей</b>												
Подача битума	>145	>140	>130	>120	свыше 160	свыше 150	свыше 140	>150	>150	>150	>150	>150
Кратковременное хранение битума на заводе	до 190	до 190	до 190	до 180	до 200 (<3 дней)	до 190 (<3 дней)	до 190 (<3 дней)	до 190	до 190	до 190	до 190	до 190
					до 160 (>3 дней)	до 160 (>3 дней)	до 160 (>3 дней)					
<b>Температура готовой асфальтобетонной смеси в смесителе:</b>												
Асфальтный бетон АС	<185	<180	<175	<170	макс. 195	макс. 195	макс. 185	<185	<185	<185	<185	<185
SMA	—	—	<175	<170	макс. 195	макс. 195	макс. 185	—	<185	<185	<185	<185
Пористый асфальтобетон РА	—	—	—	—	макс. 195	макс. 195	макс. 185	—	—	<185	<185	<185
Литая асфальтобетонная смесь МА	<220 <sup>a</sup>	<220 <sup>a</sup>	—	—	макс. 220	макс. 220	—	<230 <sup>c</sup>	<230 <sup>c</sup>	<230 <sup>c</sup>	—	—
<b>Температура на месте укладки</b>												
Минимальная температура поставленной на место укладки смеси в ковше укладчика	150	145	140	135	180	180	175	160	155	155	160	160
Температура в конце эффективного уплотнения	>120	>115	>110	>100	>150	>145	>120	>125	>125	>120	>125	>120
<p>a) время пребывания литой асфальтобетонной смеси МА в котле при указанной температуре до 6 часов, допускается более высокая температура литой асфальтобетонной смеси до 230°C, если время пребывания в котле не превышает 2 часов</p> <p>b) время пребывания литой асфальтобетонной смеси МА в котле при указанной температуре до 4 часов</p> <p>c) время пребывания литой асфальтобетонной смеси МА в котле при указанной температуре до 4 часов, допускается более высокая температура литой асфальтобетонной смеси до 230°C, если время пребывания в котле не превышает 2 часов</p>												

## Глава 11

# ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С БИТУМАМИ И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 11.1. ВВЕДЕНИЕ

Рассматриваемые ниже общие аспекты безопасности труда, охраны здоровья и окружающей среды касаются нефтяных битумов, произведенных компанией «ORLEN Asphalt». Характеристики битумов согласно определениям стандартов, а также актуальные результаты исследований представлены и описаны в первой части настоящего Справочника (главы 2-5).

Несмотря на то, что битум не классифицируется как опасное вещество, паспорта безопасности битумов общедоступны для получателей битума с целью обеспечения максимальной безопасности применения и предоставления полной информации о продукте.

Детальная экологическая и токсикологическая информация, а также сведения об идентификации угроз, порядке действий в случае пожара или случайного попадания в окружающую среду для всей продукции компании «ORLEN Asphalt» содержатся в актуальных паспортах безопасности, доступных на Интернет-сайте компании [13].

Все паспорта безопасности, передающиеся клиентам, отвечают действующим требованиям ЕС, т.е. распоряжению REACH (*Registration Evaluation and Authorisation of Chemicals*) и распоряжению CLP (*Classification, Labelling, Packaging*).

В настоящей главе рассматриваются только некоторые аспекты техники безопасности и охраны труда в процессе работы с битумами. Полная информация по данному вопросу содержится в вышеуказанных паспортах безопасности.

Следует отметить, что в процессе определения угроз и оценки рисков необходимо учитывать также факт смешивания дорожных битумов с другими веществами или добавками. Такие смеси могут создавать дополнительные угрозы. Тем не менее, за изменения, вследствие которых битум становится веществом, опасным для человеческого здоровья или окружающей среды, отвечают производители таких смесей.

### 11.2. ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ОПАСНОСТИ ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА, ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВКИ И ПРИМЕНЕНИЯ БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ

#### 11.2.1. Транспортировка битума

Транспортировка битума регулируется международными правилами транспортировки опасных грузов. Битумы классифицируются как опасные ввиду высокой температуры их транспортировки. Подавляющее большинство продукции компании «ORLEN Asphalt» перевозится автомобильными цистернами.

Дорожные перевозки опасных грузов в Европе регулируются международным соглашением ADR (*L'Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route*), которое предусматривает, в частности, соответствующую маркировку транспортного средства, предназначенного для перевозки битума.

### 11.2.2. Ожоги битумами (попадание на кожу, в глаза)

Температура работы с дорожными битумами превышает, как правило, 100°C. Поэтому существенной опасностью, которая может возникнуть при работе с битумами, являются термические ожоги (вплоть до ожогов третьей степени).

Ожоги могут явиться следствием различных ситуаций – как во время обычной работы (например, отбор образцов, выгрузка цистерны, ремонтные работы и т. д.), так и во время аварийных происшествий, например неконтролируемой утечки горячего битума в результате разгерметизации резервуара или неправильной работы запорных клапанов.

**При работе с горячим битумом следует обязательно применять средства индивидуальной защиты, в том числе:**

- Каску с защитой лица и затылка. Следует помнить, что очки защищают только глаза!
- рабочую одежду и обувь,
- Защитные перчатки, устойчивые к воздействию высокой температуры (внимание: убедитесь, что перчатки защищены от попадания внутрь жидкого битума!)

Поведение в случае ожогов:

- обожженную поверхность тела следует держать на протяжении не менее 10 минут под струей проточной холодной воды,
- не пытаться удалять битум с обожженного места,
- при каждом случае серьезных ожогов следует немедленно обратиться за помощью к врачу.

Необходимо проверить требования действующего национального законодательства, и обеспечить наличие предусмотренного ими оборудования.

### 11.2.3. Пожар (профилактические меры)

Запрещено хранить дорожные битумы при температурах свыше 220°C. Все работы следует проводить при температуре мин. 30°C ниже температуры вспышки. Следует учитывать, что температура вспышки (испытания в открытом тигле по методу Кливленда) дорожных битумов, описываемых в данном справочнике, составляет более 310°C (первая часть Справочника, таблицы свойств). В соответствии с действующими нормами не требуется определять температуру вспышки в закрытом тигле (по Пенски-Мартенсу), но можно предположить, что она будет ниже, чем температура, определенная в открытом тигле.

В случае перегрева битума в резервуаре существует опасность возникновения легковоспламеняющихся продуктов разложения, которые увеличивают риск пожара и даже взрыва. В соответствии с паспортом химической безопасности, подготовленной CONCAWE (*Conservation Of Clean Air and Water in Europe*), битумы как таковые не рассматриваются как взрывчатые вещества ввиду их структуры и кислородного баланса [6]. Для минимизации опасности образования пара следует избегать перегрева битума, которое ведет также к потере заявленных производителем характеристик продукции. В процессе эксплуатации резервуаров следует помнить о возможности отложения на их стенках и крышках осадка, который может стать причиной самовозгорания при наличии кислорода.



#### 11.2.4. Тушение пожара битума

Основным правилом поведения в случае всех пожаров является применение правильных средств пожаротушения. Во время тушения воспламенившегося битума нельзя применять компактные струи воды, направленные на поверхность жидкого битума, во избежание опасности внезапного разбрызгивания горячего битума. Вода может использоваться только для охлаждения горячих поверхностей.

Соответствующими средствами пожаротушения являются: углекислый газ, порошок, пена, песок или рассеянные водяные струи.

Поведение в случае воспламенения битума:

- следует немедленно вызвать пожарную охрану,
- если это не угрожает нашей безопасности, необходимо:
  - отключить нагрев битума,
  - отключить циркуляционные насосы и т. д.,
  - перекрыть клапаны, что может способствовать ограничению распространения пламени.

#### 11.2.5. Вспенивание при контакте с водой

Контакт горячего битума с водой приводит к вспениванию битума в результате резкого увеличения его объема (превращения воды в пар). Вследствие этого возникает реальная опасность перелива битума из резервуара или цистерны. Вспенивание битума может сопровождаться разбрызгиванием горячего битума.

Очень важно при загрузке горячего битума убедиться, что цистерна не содержит воды, а при разгрузке битума – что в шлангах не находится вода или влага.

Резервуар для хранения битума всегда должен быть сухим. Пустой и холодный резервуар следует заполнять вначале небольшим количеством битума, чтобы обеспечить медленное испарение влаги, которая может находиться в резервуаре. Быстрое и неосторожное наполнение холодного, не используемого в течение долгого времени резервуара, особенно если нет уверенности в том, что он сухой, может привести к резкому вспениванию битума.

#### 11.2.6. Пары битума (битумный туман, битумные газы)

Горячие битумы могут выделять пары. Уже много лет битумная промышленность поддерживает и организует научные исследования уровней потенциальных профессиональных рисков, связанных с воздействием битумных паров на работников. В Европе продолжаются дополнительные исследования и мониторинг производственных процессов. В условиях строгого контроля температур технологического процесса для сведения к минимуму выбросов паров битума и работы с битумами на открытом воздухе или в хорошо проветриваемом месте (контроль над условиями труда) не было однозначно подтверждено, что пары битумов представляют опасность для здоровья работников.

Проведенные в июле 2009 года исследования Международного агентства исследования раковых заболеваний (*IARC – The International Agency for Research on Cancer*), относительно заболеваемости раком легких среди работников, контактирующих с битумом, не показали связи между риском возникновения рака легких и воздействием паров битума [6].

Хотя пары битума не были признаны вредными для человека, при работе с горячими битумами все же рекомендуется избегать контакта с парами и вдыхания паров или тумана нагретого продукта. Длительное воздействие высоких концентраций паров/газов горячего битума может вызвать раздражение дыхательных путей или раздражение слизистых оболочек глаз и даже затрудненное дыхание или тошноту. Следует стремиться к ограничению образования паров битума.

Воздействие на работников битумных паров/газов должно минимизироваться путем применения так называемых лучших практик [6]:

- поддержание технологических температур на как можно более низких уровнях,
- работа в хорошо проветриваемых помещениях,
- ротация персонала в пределах строительной площадки,
- применение средств индивидуальной защиты, особенно в закрытых помещениях.

В случае возникновения проблем с дыханием вследствие чрезмерного вдыхания битумных паров следует:

- вынести пострадавшего из зоны опасности на свежий воздух,
- обратиться к врачу, если затрудненное дыхание не проходит.

### 11.2.7. Сероводород

Элементарный состав битумов варьируется в зависимости от химической природы нефти, из которой они были произведены, а также от метода их производства [9]. Однако в состав большинства битумов входит также небольшое количество серы. Поэтому при длительном хранении горячего битума в закрытых резервуарах из него может высвобождаться сероводород, концентрация которого может достигать опасных значений. Прежде чем зайти в пустой резервуар, необходимо его проветрить, а затем оставить в условиях постоянной циркуляции воздуха, а также снизить температуру. После такой подготовки резервуара к входу работников вовнутрь необходимо провести дополнительные анализы атмосферы внутри емкости на содержание кислорода и потенциальных концентраций взрывоопасных или токсичных веществ. Анализ должен выполняться не ранее, чем за 1 час до планируемого входа в резервуар. Работник, входящий внутрь резервуара, должен быть оснащен соответствующими средствами индивидуальной защиты.

Необходимо всегда проверять требования действующего национального законодательства, и действовать в соответствии с ними.

### 11.2.8. Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)

Наличие остаточных количеств полициклических ароматических углеводородов – сокращенно ПАУ (англ. PAH – *Polycyclic Aromatic Hydrocarbon*) в парах битума вызывает опасения относительно потенциального воздействия на здоровье работников, подвергающихся действию битума или паров битума. Было установлено, что некоторые полициклические ароматические углеводороды имеют канцерогенные свойства. Американское Агентство охраны окружающей среды составило перечень пятнадцати углеводородов, которые считаются ядовитыми. Среди этих углеводородов наиболее канцерогенным является бензо(а)пирен. Это соединение имеет канцерогенное действие, если его содержание в вяжущем превышает 50 мг/кг. В это же время, максимальное содержание бензо(а)пирена в битуме составляет 4 мг/кг, а суммарное содержание ПАУ не превышает 40 мг/кг [2].

«ORLEN Asphalt» дополнительно тестирует экологические и токсикологические аспекты своей продукции. В последние годы компания провела ряд исследований на содержание полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) в мг/кг в образцах популярного дорожного битума 35/50, с использованием технологии газовой хроматографии (ГХ). Во всех исследованных образцах содержание бензо(а)пирена не превышало 0,5 мг/кг, а сумма ПАУ составляла около 4,5 мг/кг.

Несмотря на наличие в битумах определенного количества ПАУ, нет отсутствующих доказательства того, что контакт с битумом или парами битума может повышать опасность возникновения рака легких.

### 11.3. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении мы хотим процитировать итоговый вывод детального совместного реферата «Контрольное клиническое исследование случаев рака легких среди работников сектора производства асфальта в Европе». Заключительный отчет, датированный июлем 2009 г., к отчету, опубликованному в 2009 году Международным агентством исследования раковых заболеваний. Реферат был подготовлен Институтом трудовой медицины им. проф. Й. Нофера в Лодзи, Польша [21]. В выводе было отмечено, что устойчивых доказательств, подтверждающих существование причинно-следственной связи между воздействием (вследствие вдыхания и действия на кожу) битума и опасностью заболевания раком легких обнаружено не было. Выявленную в ходе исследования группы повышенную заболеваемость опухолями легких среди работников, подверженных воздействию битума, можно отнести, скорее, к интенсивности курения сигарет и возможному воздействию угольной смолы. В то же время, прочие исследуемые профессиональные факторы не играли существенной роли в формировании опасности возникновения рака легких.

Следует также учитывать, что битум, содержащийся в асфальтобетонной смеси, образующей асфальтовое покрытие (дорога, аэродром или другая поверхность), находится в твердом состоянии, и не создает опасности для здоровья или природной среды. Более того, битум является одним из немногочисленных материалов для дорожного строительства, который считается экологически чистым, ввиду возможности 100% повторной переработки и укладки на дорожное покрытие.

## БИТУМНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ ГРУППЫ КОМПАНИЙ «ORLEN»

### 12.1. ВВЕДЕНИЕ

Никого не нужно убеждать в том, что эффективная, хорошо организованная и надежная лаборатория имеет просто огромное значение. Текущий лабораторный контроль позволяет полностью контролировать правильность реализуемых производственных процессов, а также эффективно реагировать в случае возникновения проблем.

В Группе компаний «ORLEN» контрольные испытания продукции и часть исследовательских работ проводятся в «ORLEN Laboratorium» (Польша), а также в центре Unipetrol Centre of Research and Education (UniCRE) (Чехия).

Компания «ORLEN Laboratorium» работает на польском рынке уже почти 15 лет. Центральный офис компании и Центральная лаборатория расположены на территории нефтеперерабатывающего завода «PKN ORLEN» в г. Плоцк.

Химическая лаборатория Unipetrol Centre of Research and Education (UniCRE) расположена в Литвинове в Чехии, на территории нефтеперерабатывающего завода Česká Rafinářská, также принадлежащего Группе компаний «ORLEN».

Лаборатории Группы компаний «ORLEN» – это организации, осуществляющие преимущественно аналитическую деятельность. Они концентрируются, в первую очередь, на текущем лабораторном контроле процессов, выполняемых на производственном оборудовании. Вторым направлением деятельности являются работы в области исследований и развития, а также внедрения новых решений, для всей Группы компаний «ORLEN».

### 12.2. «ORLEN LABORATORIUM»

#### 12.2.1. Общие сведения

«ORLEN Laboratorium»- это компания, входящая в Группу компаний «ORLEN», один из лидеров среди польских организаций, проводящих анализ топлива, нефтепродуктов (в том числе битумных вяжущих), воды, стоков, почвы, воздуха, удобрений и полимерных материалов.

Выходя навстречу потребностям наших Клиентов, и подтверждая высокий уровень предоставляемых услуг, компания «ORLEN Laboratorium» работает по системе, отвечающей требованиям международного стандарта EN ISO/IEC 17025:2005. Этот стандарт содержит указания, касающиеся управления качеством в лаборатории, а также технические требования, влияющие на правильное проведение испытаний.

Подтверждением правильности работы системы и технической компетентности работников компании является положительный результат оценки, проводившейся независимыми аудиторами Польского центра аккредитации, и получение Сертификата аккредитации №AB 484 9 апреля 2004 г.

Качество и надежность услуг, предоставляемых компанией «ORLEN Laboratorium», подтверждает также внедренная и постоянно совершенствуемая Интегрированная система управления, включающая:

управление качеством (по стандарту EN ISO/IEC 17025:2005), экологический менеджмент (по стандарту EN ISO 14001:2005), управление техникой безопасности и охраной труда (по стандарту EN 18001:2004) и управление безопасностью информации (по стандарту PN-ISO/IEC 27001:2014-12). Таким образом, эта система охватывает все сферы деятельности компании, влияющие на качество предоставляемых услуг, и позволяет гарантировать строгое соблюдение требований Клиентов в области качества и экологичности работ, а также полное соответствие техники безопасности и охраны труда действующим требованиям законодательства.

Благодаря применению актуальных и современных технологий и методов исследования, а также благодаря непрерывным инвестициям в самое современное лабораторное оборудование, «ORLEN Laboratorium» проводит анализы в соответствии с польскими, европейскими и американскими стандартами.

### 12.2.2. Центральная лаборатория компании «ORLEN Laboratorium»

До 2015 года на территории нефтеперерабатывающего завода «PKN ORLEN» в г. Плоцк находилось 8 лабораторий, обслуживающих производственные процессы Главного предприятия.

В рамках программы «*Строительство и развитие технологического и научно-исследовательского компонента Плоцкого промышленно-технологического парка, для обеспечения межрегиональной инвестиционной деятельности*» было принято решение о централизации лабораторных услуг на территории нефтеперерабатывающего завода. Благодаря инвестициям Плоцкого промышленно-технологического парка и привлечению финансирования из средств Европейского фонда регионального развития, в 2015 году была запущена работа **Центральной лаборатории** – одного из самых современных лабораторных объектов в Польше.



Рис. 12.1. Центральная лаборатория, вид снаружи (фото предоставлено ПП-ТП)

Шесть лабораторий компании «ORLEN Laboratorium», ранее располагавшиеся на территории нефтеперерабатывающего завода в Плоцке, были перенесены в Центральную лабораторию. Основной целью инвестиционного проекта была оптимизация аналитических процессов, более эффективное использование лабораторного оборудования, а также улучшение логистики путем концентрации аналитики для разных объектов исследований в одном месте.

В Центральной лаборатории проводятся аналитические исследования для мониторинга производственных процессов, а также работы в сфере развития и внедрения новых решений. Комплекс состоит из 45 залов, в которых располагается более 1100 рабочих мест для испытаний. Здесь же располагается и Отдел логистики, отвечающий за специализированный отбор и транспортировку образцов.

В Центральной лаборатории проводятся все исследования, проводившихся в перенесенных сюда лабораториях, а именно: анализ топлива, нефтепродуктов и нефтехимических продуктов, сырья, межоперационных потоков, битумного вяжущего, сточных вод, осадка.

Таким образом, «ORLEN Laboratorium» предоставляет очень широкий спектр услуг, включающий, в частности:

- лабораторные услуги по определению качества исследуемой продукции,
- лабораторные услуги по контролю качества топлива, продаваемого на заправочных станциях и на складских базах,
- лабораторные услуги по профессиональному отбору образцов топлива, нефтепродуктов, вод, сточных вод, осадка и прочих сред,
- физико-химические анализы топлива, биотоплива, газа LPG, моторных масел и нефти,
- испытания битумных вяжущих,
- испытания отработавшего масла,
- испытания биокomпонентов,
- микробиологические анализы топлива,
- лабораторные услуги по физико-химическим анализам загрязненной маслами почвы,
- физико-химические исследования удобрений,
- физико-химические и механические исследования полимерных материалов,
- исследования коррозионных процессов,
- изменение концентраций и интенсивности вредных для здоровья факторов, присутствующих на рабочих местах,
- оценка подверженности действию неблагоприятных факторов на рабочем месте, необходимая для оценки профессионального риска,
- анализы в области здравоохранения,
- отбор и анализ образцов, отобранных из наблюдательных отверстий (пьезометров),
- мониторинг и анализ вод, сточных вод, осадка и почвы,
- предоставление услуг в области технического и технологического консалтинга.

Запуск данного объекта был для «ORLEN Laboratorium» масштабным предприятием, требовавшим координации во многих областях и многих месяцев напряженной работы. Работники компании в текущем режиме участвовали в проектных работах по разработке технологий и рабочих мест.



Рис. 12.2 Измерительная аппаратура – общий вид (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»)

Ниже приведены некоторые характеристики, которыми, несомненно, выделяется Центральная лаборатория в Плоцке:

- очень высокая насыщенность инфраструктурой систем и оборудования,
- системы пожарной сигнализации и оповещения о локальных химических угрозах,
- наружный и внутренний мониторинг,
- оборудование лабораторных залов специальной лабораторной мебелью – например, вытяжные шкафы, работающие в автоматическом режиме с функцией электрического поднятия стекла и системой закрывания с управлением от датчика движения, с большой рабочей камерой, обеспечивающие безопасность при низком притоке воздуха,
- полностью управляемая и сбалансированная система вытяжки и нагнетания воздуха (VAV), энергосберегающая система с адекватным соотношением эффективности, функциональности и соответствия требованиям проводящихся химических анализов, в автоматическом или ручном режиме реагирующая в случае опасности, превышения концентрации вредных или легковоспламеняющихся веществ и т.д.

Центральная лаборатория, входящая в состав компании «ORLEN Laboratorium», является самым большим химико-аналитическим объектом в Польше и шестой по величине среди отраслевых лабораторий в Европе.

### 12.2.3. Лаборатория нефтепереработки

Лаборатория нефтепереработки, обслуживающая установку производства битумов, работает в структуре «ORLEN Laboratorium» с 2003 г. С июля 2015 г. она работает в составе Лаборатории НПЗ, которая располагается в Центральной лаборатории.

Основная задача лаборатории – это аналитический контроль реализуемых нефтеперерабатывающих процессов, в том числе производства топлива, масел, смазок, битумных вяжущих и других продуктов переработки нефти.

На фотографиях ниже представлен пример современной исследовательской аппаратуры, используемой для анализа битумных вяжущих.



Рис. 12.3. Реометр динамического сдвига DSR (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»)



Рис. 12.4. Флюоресцентный микроскоп с ультрафиолетовой лампой для исследования микроструктуры битума (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное ООО «ORLEN Laboratorium Sp. z o.o.»)

Лабораторный контроль процесса производства битумов проводится непрерывно (24/7), а анализы выполняются согласно разработанному и утвержденному Графику анализов, соответствующему требованиям Внутреннего производственного контроля на предприятии. Методика испытаний битумных вяжущих содержит анализы, выполняемые по стандартам EN, ASTM, а также по собственной методике. Большинство проводимых анализов включено в свидетельство аккредитации АВ 484. Во всех проводящихся исследованиях используются высокотехнологичные инструментальные анализы, позволяющие точно охарактеризовать физико-химические и реологические параметры, а также классические методы анализа. Лаборатория нефтепереработки имеет очень обширную и современную измерительную базу, позволяющую получать результаты выполняемых исследований с очень высокой чувствительностью и точностью.

Лаборатория нефтепереработки, занимающаяся анализом битумных вяжущих, начиная с 2004 года непрерывно получает от национального аккредитационного органа – Польского центра Аккредитации, подтверждения о наличии компетенций для проведения исследований в рамках Области аккредитации АВ 484, с подтверждением соответствия требованиям стандарта EN ISO/IEC 17025:2005, Система управления качеством в исследовательской лаборатории.

Отдел исследований и развития компании «ORLEN Asphalt» сотрудничает с «ORLEN Laboratorium» с самого начала своей деятельности.

### **12.3. UNIPETROL CENTRE OF RESEARCH AND EDUCATION – UNICRE, (ПО-ЧЕШСКИ: UNIPETROL VÝZKUMNĚ VZDĚLÁVACÍ CENTRUM, A.S.)**

#### **12.3.1 Общие сведения**

Вторым аналитическим и исследовательским центром, работающим в структуре Группы компаний «ORLEN», является лаборатория Unipetrol Centre of Research and Education (UniCRE), расположенная в Литвинове в Чехии, на территории нефтеперерабатывающего завода Česka Rafinerska.

Химическая лаборатория в Чехии была основана в 1952 году. Изначально она работала как лаборатория, основным направлением деятельности которой были анализы в области аналитической и неорганической химии. В настоящее время лаборатория осуществляет также исследовательскую деятельность в области органической химии, концентрируясь преимущественно на вопросах, связанных с контролем нефтехимических процессов и процессов нефтепереработки.

Благодаря привлечению финансирования из средств Европейского Союза в 2010-2015 годах, лаборатория прошла полную модернизацию. На данный момент UniCRE является самым большим и лучше всех оборудованным центром исследований и развития в Чехии. Основной областью деятельности лаборатории является текущий лабораторный контроль производственных процессов на установках. Кроме того, исследовательский центр UniCRE участвует и координирует ряд исследовательских программ, а также сотрудничает с многочисленными престижными исследовательскими организациями в области науки и образования.

В настоящее время техническая и кадровая база лаборатории обеспечивает возможность сотрудничества с партнерами и клиентами в следующих областях:

- оптимизация производственных процессов
- анализ технологий синтеза основных и/или специальных неорганических соединений,
- анализ технологии производства удобрений,



- обезвреживание твердых, жидких и газообразных отходов
- синтез катализаторов с оптимизацией каталитических процессов,
- технологии переработки нефти – контроль производства и качества, в том числе топлива, масел и битума.

Химическая лаборатория UniCRE имеет внедренную систему управления качеством, отвечающую международному стандарту ISO 9001:2008. Подтверждением правильно работающей системы и компетентности технических специалистов Компании является позитивный результат оценки, проводившейся независимыми аудиторами Bureau Veritas Certification.

Исследовательский центр UniCRE предлагает своим клиентам широкий спектр аккредитованных методов и собственных методов, включающих химический и физико-химический анализ нефтяной, нефтехимической и прочей продукции.

### 12.3.2. Испытательно-аналитическая лаборатория битумных вяжущих

Аналитическая лаборатория битумных вяжущих была основана в 1993 году. Изначально объем испытаний, проводившихся в данной лаборатории, включал только классический анализ с целью оценки соответствия производимых битумов на основе чешских и европейских стандартов.

В 2006 году было начато внедрение современных методов исследований на основе американской системы *Superpave*, что позволило начать проведение функционального анализа битумных вяжущих.

В 2010-2015 годах аналитическая лаборатория битумных вяжущих прошла полную модернизацию. В настоящее время там установлено современное лабораторное оборудование, позволяющее проводиться исследования на самом высоком уровне.

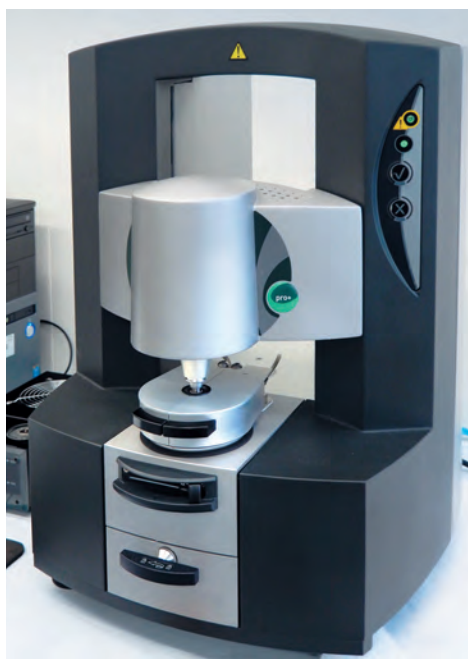


Рис. 12.5. Реометр динамического сдвига DSR (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное UniCRE)



Рис. 12.6. Газовые хроматографы, общий вид (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное UniCRE)

Аналитический контроль процесса производства битумов осуществляется в текущем режиме, для обеспечения соответствующего качества конечного продукта. Методика испытаний битумных вяжущих основывается на требованиях европейских стандартов, на основании которых выдаются документы, подтверждающие характеристики произведенных битумов, а также на требованиях и указаниях, содержащихся в американских стандартах ASTM или AASHTO.

Лаборатория занимается также реологическими исследованиями битумов, влиянием различных факторов на конечные характеристики битумных вяжущих, а также исследованиями в области оптимизации производственных процессов. В лабораториях установлены также тестовые системы, используемые, в частности, для проведения испытаний с использованием новых полимеров, новых катализаторов в лабораторных масштабах. После проведения необходимых испытаний полученные технологии могут внедряться в промышленном масштабе.

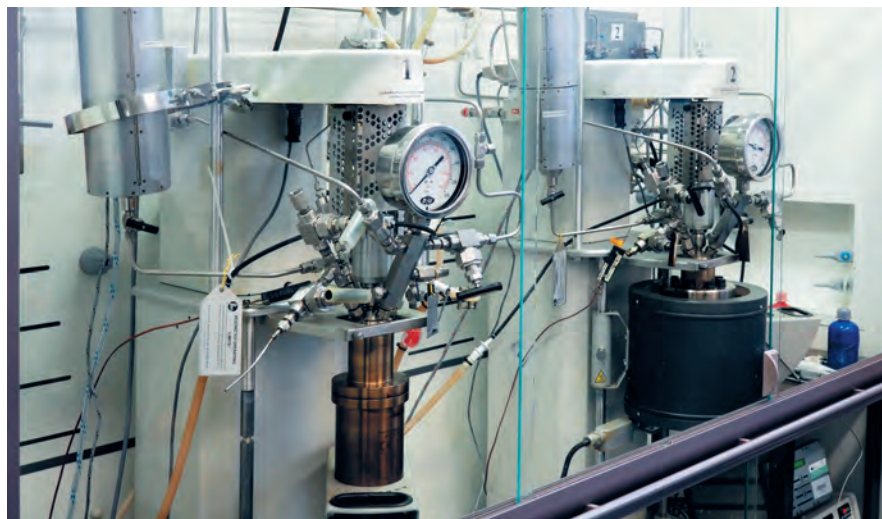


Рис. 12.7. Тестовая система для проведения производственных испытаний в лабораторном масштабе, общий вид (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное UniCRE)

Работники исследовательского центра UniCRE сотрудничают с многочисленными научными организациями в Чехии, участвуют в реализации проектов в сфере внедрения новых технологий, а также исследований и развития. Кроме того, они активно занимаются научной и образовательной деятельностью, и публикуют результаты своей работы в многочисленных престижных отраслевых изданиях.

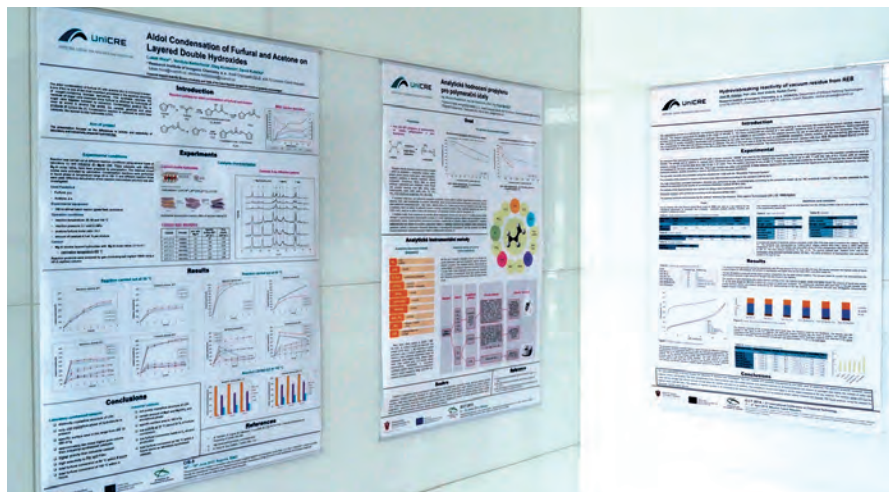


Рис. 12.8. Примеры публикаций сотрудников Лаборатории UniCRE – плакаты с публикациями (фото «ORLEN Asphalt», предоставленное UniCRE)

Отдел исследований и развития компании «ORLEN Asphalt» сотрудничает с Unipetrol Centre of Research and Education с 2009 года.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Anderson R. M.; Walker D. E. ; Turner P. A. Low-temperature evaluation of Kentucky performance-graded 70-22 asphalt binders. Annual Meeting of the Transportation Research Board No78 (01/1999) 1999, No 1661 pp. 69-74
- [2] Bahia H.U. et al. Characterization of Modified Asphalt Binders in *Superpave* Mix Design. National Cooperative Highway Research Program 2001. REPORT 459. ISBN 0-309-06707-3
- [3] Bahia, H.U., and D.I. Hanson. "Survey Report of Modified Asphalt Binder Users, Producers, and Researchers," Project NCHRP 9-10 (*Superpave* Protocols for Modified Asphalt Binders), prepared for the National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C. (February 1997)
- [4] Błażejowski K., Styk S. Technologia warstw asfaltowych (Bituminous course technology). WKŁ 2004
- [5] Wymagania Techniczne GDDKiA „Nawierzchnie Asfaltowe na drogach krajowych. WT-2 2014 – część I Mieszanki mineralno-asfaltowe” (GDDKiA Technical Requirements. Bituminous pavements on national roads. WT-2 2014 – part I Mineral-bituminous mixtures)
- [6] CONCAWE: Chemical Safety Report. Part B. "Bitumen" and "Oxidized Asphalt"
- [7] Development in Asphalt Binder Specifications. Transportation Research Circular E-C147. Transportation Research Board, December 2010, ISSN 0097-8515, pp. 39-40
- [8] Encyklopedia fizyki (Encyclopedia of Physics). Państwowe Wydawnictwo Naukowe. 1972
- [9] Gawel I., Kalabińska M., Piłat J. Asfalty drogowe (Paving-grade bitumens). Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, edition 2, 2014
- [10] Gust J., Pawłowski K. Systemy oceny zgodności wyrobów budowlanych. Kryteria dobor systemu. (Construction product conformity assessment systems. System selection criteria) Warszawa-Miedzeszyn 2003
- [11] <http://pl.wikipedia.org>
- [12] <http://www.eurobitume.eu/hse>
- [13] [http://www.orlen-asfalt.pl/informacje\\_techiczne.php](http://www.orlen-asfalt.pl/informacje_techiczne.php)
- [14] Kossowicz L., Polskie asfalty naftowe (Polish petroleum-based bitumens), Kraków 1968, Zjednoczenie Przemysłu Rafinerii Nafty
- [15] Habib N.Z., Kamaruddin I., Napiah M., Tan I.M., Effect of thermoplastic copolymers on microstructure and viscoelastic behavior of bitumen. Proceeding of Malaysian Universities Transportation Research Forum and Conferences 2010 (MUTRFC2010), 21 December 2010, Universiti Tenaga Nasional. ISBN 978-967-5770-08-1
- [16] Physical differentiation between air-rectified and oxidised bitumens. Technical Committee Task Force. Eurobitume, 15.04.2011
- [17] Pośniak M., Makhniashvili I., Kowalska J. (2000), Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w procesach stosowania asfaltów (Polycyclic aromatic hydrocarbons in bitumen application processes), "Bezpieczeństwo pracy nauka i praktyka" 7-8/2000, Centralny Instytut Ochrony Pracy.
- [18] Chemical Safety Report by CONCAWE. Part B. "Oxidised bitumen" and "Distilled bitumen"
- [19] Regulation of the Minister of Labour and Social Policy of 06 June 2014 on maximum permitted concentrations and rates of agents harmful to health in work environments
- [20] Schramm G.: "Reologia. Podstawy i zastosowania" (Reology. Fundamentals and applications), Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 1998
- [21] Szadkowska-Stańczyk I., Analiza wyników badań epidemiologicznych dotyczących ryzyka nowotworowego u pracowników branży asfaltowej i przygotowanie opracowania uwzględniającego opublikowane w 2009 roku przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC) wyniki badań w zakresie tej problematyki (Analysis of epidemiological tests on cancer risk for bitumen industry workers and development of a study considering the related test results published by the International Agency for Research on Cancer in 2009), Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2010
- [22] Szydłowski C., Judycki J., Badania odporności na pękanie mieszanek mineralno-asfaltowych na próbkach półwałcowych (Testing the resistance to cracking of mineral/bituminous mixtures on semi-cylindrical samples), Drogownictwo 10/2015, pp. 348-353.
- [23] West R.C., Watson D.E., Turner P.A., Casola J.R. Mixing and Compaction Temperatures of Asphalt Binders in Hot-Mix Asphalt. NCHRP Report 648. Transportation Research Board. 2010

- [24] Soenen H., Ekblad J., Lu X., Redelius P., Isothermal Hardening in Bitumen and in Asphalt Mixes, Proceedings of the 3rd Euroasphalt and Eurobitume Congress, Vienna, May, 2004, vol. 2, pp. 1364-1375
- [25] Hesp S.A.M., Genin S.N., Scafe D., Shurvell H.F., Subramani S., Five Years Performance Review of a Northern Ontario Pavement Trial: Validation of Ontario's Double-Edge-Notched Tension (DENT) and Extended Bending Beam Rheometer (BBR) Test Methods, Proceedings of the Canadian Technical Asphalt Association, Vol. 54, 2009, pp. 99-126
- [26] Zhao M.O., Hesp S.A.M., Performance Grading of the Lamont, Alberta C-SHRP Pavement Trial Binders, International Journal of Pavement Engineering, Vol. 7, No. 3, September, 2006, pp. 199-211
- [27] Lu X., Isacson U., Laboratory Study on the Low Temperature Physical Hardening of Conventional and Polymer Modified Bitumens, Construction and Building Materials, No. 14, 2000, pp. 79-88
- [28] Błazejowski K., Olszacki J., Peciakowski H. The influence of functional binder properties on asphalt mixtures performance, XIV-th Romanian National Congress of Roads and Bridges, 2014
- [29] LS-308 – „Method of test for determination of performance grade of physically aged asphalt cement using extended beam rheometer (BBR) method”
- [30] Baglieria O., Dalmazzoa D., Baraziaa M., Tabatabaeeb H.A., Bahia H.A., Influence of Physical Hardening on the Low-Temperature Properties of Bitumen and Asphalt Mixtures, SIV – 5th International Congress – Sustainability of Road Infrastructures, 2012
- [31] Judycki J. Twardnienie fizyczne asfaltów i mieszanek mineralno-asfaltowych oraz jego wpływ na spękania niskotemperaturowe (Physical Hardening of Bitumen and Mineral/Bituminous Mixtures and Its Effect on Cracking in Low-Temperatures), Drogownictwo 12/2013, pp. 368-373.
- [32] AASHTO TP 70: Standard Method of Test for Multiple Stress Creep Recovery (MSCR) Test of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)
- [33] Anderson R. M. (2011), „Understanding the MSCR Test and its Use in the PG Asphalt Binder Specification”, Asphalt Institute
- [34] Kluttz R., Willis R., Molenaar A., Scarpas T., Scholten E., Fatigue Performance of Highly Modified Asphalt Mixtures in Laboratory and Field Environment, 7th RILEM International Conference on Cracking in Pavements, 2012
- [35] Kluttz, R. Q., Molenaar A., Van de Ven M. F. C., Poot M.R., Liu X., Scarpas A., Scholten E.J., Modified Base Courses for Reduced Pavement Thickness and Improved Longevity. Proceedings of the International Conference on Perpetual Pavement, October, 2009, Columbus, OH.
- [36] Kluttz R. Q., Jellema E., Woldekidan M.F., Huurman M., Highly Modified Bitumen for Prevention of Winter Damage in OGFCs, Am Soc. Civil E., 2013.
- [37] Timm, D., Robbins M., Kluttz R., Full-Scale Structural Characterization of a Highly Polymer-Modified Asphalt Pavement, Proceedings of the 90th Annual Transportation Research Board, Washington, D.C., 2011.
- [38] Timm D.H., Robbins M.M., Willis J.R., Tran N., Taylor A.J., Field and Laboratory Study of High-Polymer Mixtures at the NCAT Test Track. Draft Report, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, 2013.
- [39] Timm D., Powell R., Willis J., Kluttz R., Pavement Rehabilitation Using High Polymer Asphalt Mix, submitted for the Proc. 91st Annual Transp. Res. Board, Washington D.C., 2012.
- [40] West R., Timm D., Willis R., Powell B., Tran N., Watson D., Brown R., Robbins M., Vargas-Nordbeck A., Nelson J., Phase IV NCAT Pavement Test Track Findings, Draft Report, National Center for Asphalt Technology, Auburn University, February 2012.
- [41] Willis J., Timm D., Kluttz R., Taylor A., Tran, N. Laboratory Evaluation of a High Polymer Plant-Produced Mixture, submitted for the Assoc. Asphalt Paving Technology, Annual Meeting, Austin, TX, 2012.
- [42] Paczusi M., Przedlacki M., Lorek A. Technologia produktów naftowych (Technology of Petroleum-Based Products), Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2015
- [43] Cortioza M.S., Larsenb D.O., Bianchettob H., Alessandrini J.L., Effect of the thermal degradation of SBS copolymers during the ageing of modified asphalts, Polymer Degradation and Stability, Volume 86, Issue 2, November 2004, pp. 275-282

## АВТОРЫ БИТУМНОГО СПРАВОЧНИКА



**доктор инженер Кшиштоф Блажеевский (PhD Civ. Eng.)**

Выпускник факультета сухопутной инженерии Варшавского политехнического университета (1992). Автор многочисленных научных статей в области битумных вяжущих и битумных покрытий. Директор по технологиям, исследованиям и развитию в «ORLEN Asphalt». В 2011-2015 гг. член секции инженерии строительных материалов Польской Академии Наук. Эксперт Ассоциации инженеров и техников транспорта РП в области дорожных покрытий. Директор Отдела исследований и развития в компании «ORLEN Asphalt».



**Магистр инженер Марта Вуйчик-Вишневская (MSc Chem. Eng.)**

Выпускник Химического факультета Силезского политехнического университета в г. Гливице (2011). Специализируется на вопросах, связанных с методами исследования битумных вяжущих веществ. Дополнительная сфера интересов – исследования в области реологии и низкотемпературных свойств битумов. Сотрудник Отдела исследований и развития компании «ORLEN Asphalt».

## Соавторы предыдущего издания Битумного справочника



**доктор инженер Яцек Ольшацкий (PhD Civ. Eng.)**

Выпускник факультета строительства, архитектуры и инженерии окружающей среды Лодзинского политехнического университета (2000). Автор многочисленных статей в области покрытий из пористого асфальтобетона и шумопоглощающих покрытий. Занимается также реологией битумных вяжущих, в том числе испытаниями в реометре DSR. Сотрудник Отдела технологий, исследований и развития компании «ORLEN Asphalt» в 2006-2014 годах. В настоящее время – сотрудник компании «PKN ORLEN S.A.».



**Магистр инженер Хуберт Печаковский (MSc Chem. Eng.)**

Выпускник факультета строительства, механики и нефтехимии Варшавского политехнического университета (2003). Специализируется в области испытаний битумных вяжущих, а также в сфере производственных процессов. Дополнительная область интересов – это влияние свойств материалов на качество конечных продуктов. Сотрудник Отдела технологий, исследований и развития компании «ORLEN Asphalt» в 2008-2014 годах. В настоящее время – сотрудник компании «PKN ORLEN S.A.».

## ОТДЕЛ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗВИТИЯ (GT)

Организационное подразделение компании «ORLEN Asphalt». Существует с начала работы компании, т. е. с 2003 г. Занимается исследованиями и разработками в области битумных вяжущих и асфальтобетонных смесей, а также техническим маркетингом и созданием новых продуктов. Клиентам фирмы отдел оказывает также услуги технического консалтинга по применению битумных вяжущих, производимых компанией.

К достижениям отдела относятся патентные заявки, золотая медаль на Международной выставке изобретений IWIS 2007, за multigrade bitumens BITREX, а также премия польского министра науки и высшего образования за достижения в сфере изобретений (2007). В 2016 г. компания «ORLEN Asphalt» была награждена премией «Лидер инноваций» в конкурсе «Бриллианты польской инфраструктуры», за высокомодифицированный битум ORBITON HiMA, разработанный Отделом исследований и развития.

Технические консультации для клиентов доступны по электронному адресу:  
[technology@orlen-asfalt.pl](mailto:technology@orlen-asfalt.pl).

