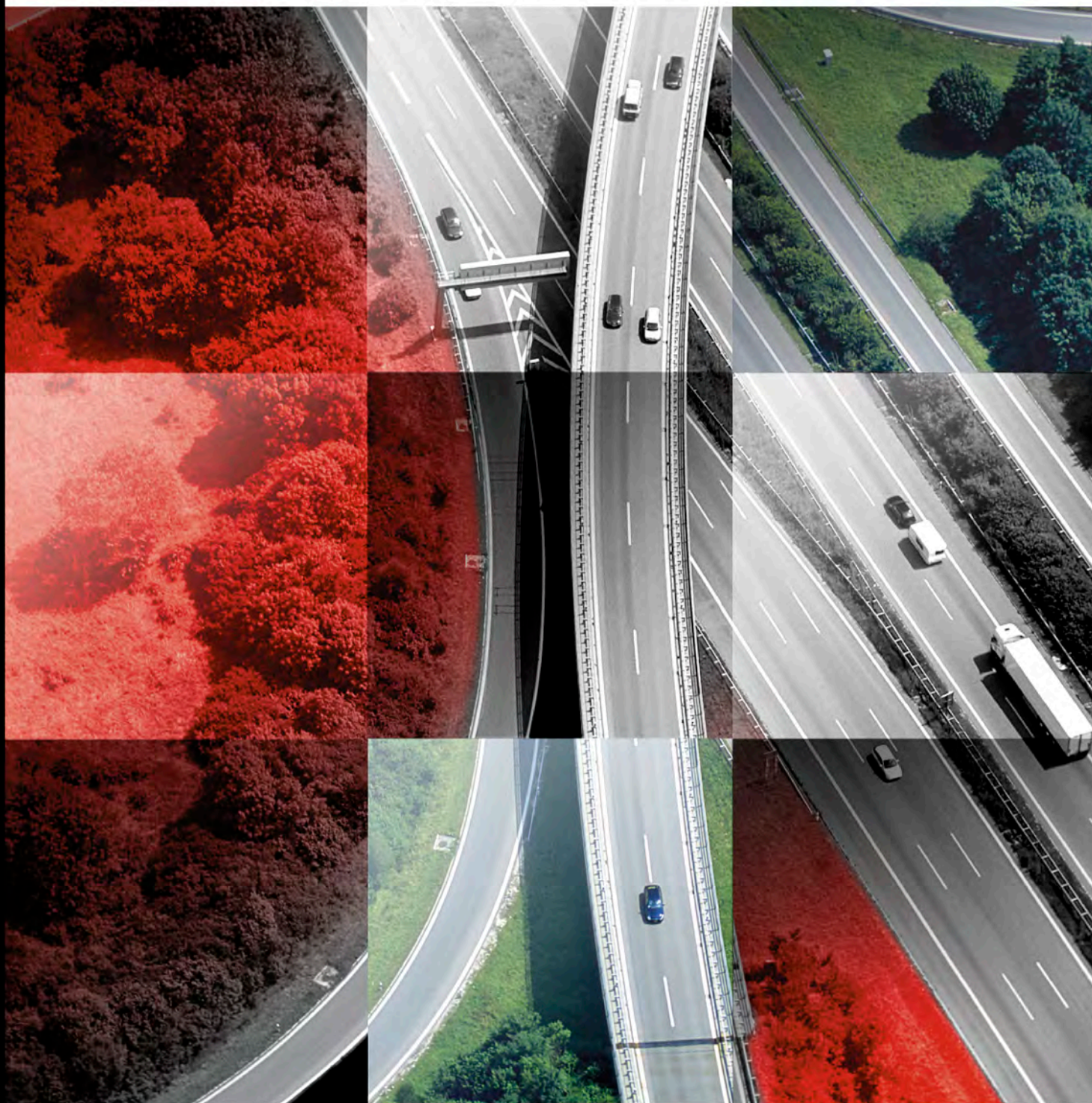


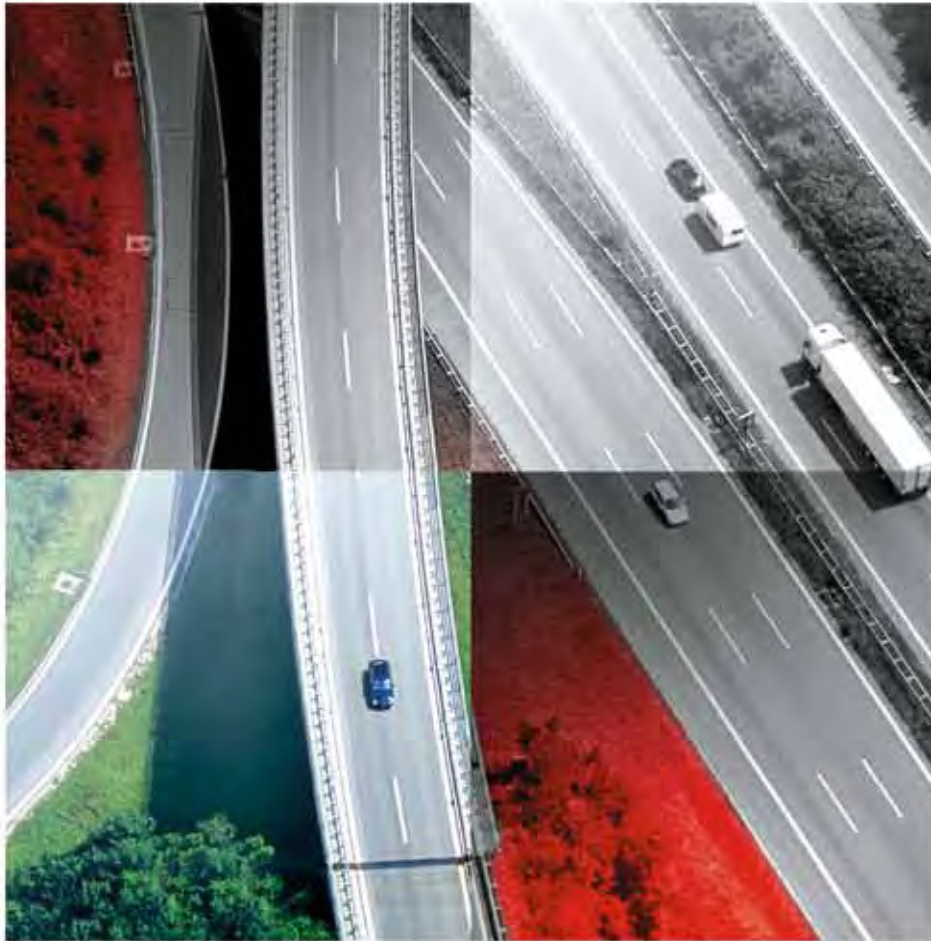
2014

БИТУМНЫЙ СПРАВОЧНИК





БИТУМНЫЙ СПРАВОЧНИК



Кшиштоф Блажеёвский
Яцек Ольшацкий
Хуберт Печаковский

2014

Битумный справочник

Авторы:

Кшиштоф Блажеёвский

Яцек Ольшацкий

Хуберт Печаковский

Copyright by ORLEN Asfalt sp. z o.o.

ul. Chemików 7

09-411 Plock, Poland

www.orlen-asfalt.pl

2014

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

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
О КОМПАНИИ «ОРЛЕН Асфальт».....	7
1. ПРОИЗВОДСТВО БИТУМОВ	10
1.1. Технологии производства битумов в «ОРЛЕН Асфальт»	11
1.1.1. Производство дорожного и универсального (multigrade) битумов.....	11
1.1.2. Модификация битума полимерами.....	12
2. ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМА.....	14
2.1. Введение.....	14
2.2. Основные характеристики	14
2.2.1. Пенетрация при 25°C.....	14
2.2.2. Температура размягчения	15
2.2.3. Температура хрупкости, метод Фрааса.....	16
2.2.4. Температура вспышки, метод Кливленда	18
2.2.5. Растворимость	19
2.2.6. Диапазон пластичности.....	20
2.2.7. Индекс пенетрации ИП.....	20
2.2.8. Вязкость.....	21
2.2.9. Плотность	29
2.2.10. Технологическое старение RTFOT.....	29
2.2.11. Характеристики после RTFOT	30
2.3. Дополнительные характеристики полимер-модифицированного битума.....	31
2.3.1. Упругое восстановление.....	31
2.3.2. Упругое восстановление при 25°C после старения RTFOT	33
2.3.3. Сила растяжения (когезия).....	33
2.3.4. Устойчивость модифицированного битума при хранении	35
2.3.5. Микроструктура модифицированного битума.....	36
2.4. Остальные характеристики битума	36
2.4.1. Содержание компонентов, нерастворимых в н-гептане	36
2.4.2. Содержание парафина	36
2.4.3. Адгезия битума к минеральным наполнителям.....	37
2.4.4. Метод старения PAV	39
2.4.5. Метод BBR.....	39
2.4.6. Метод DSR	41
2.4.7. Метод MSCR.....	43
3. ОБЗОР СТАНДАРТОВ EN 12591 И EN 14023.....	46
3.1. Введение.....	46
3.2. Систематика обозначения битумных вяжущих	47
3.3. Требования стандартов EN 12591 и EN 14023	47
3.4. Национальные аппликационные документы	48
3.5. Оценка соответствия стандартам EN 12591 и EN 14023.....	50

4. ДОРОЖНЫЙ БИТУМ СОГЛАСНО EN 12591	52
4.1. Общее описание дорожного битума	52
4.2. Характеристики	53
4.2.1. Дорожный битум 20/30	53
4.2.2. Дорожный битум 35/50	56
4.2.3. Дорожный битум 50/70	59
4.2.4. Дорожный битум 70/100	62
4.2.5. Дорожный битум 100/150	65
4.2.6. Дорожный битум 160/220	67
5. ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИТУМ ORBITON СОГЛАСНО EN 14023	69
5.1. Общее описание	69
5.2. Предназначение	70
5.3. Характеристики	70
5.3.1. ORBITON PMB 10/40-65	70
5.3.2. ORBITON PMB 25/55-60	74
5.3.3. ORBITON PMB 45/80-55	77
5.3.4. ORBITON PMB 45/80-55 EXP	80
5.3.5. ORBITON PMB 45/80-65	83
5.3.6. ORBITON PMB 65/105-60	86
5.4. Остальные характеристики модифицированного битума ORBITON	89
6. ВЫСОКОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИТУМ ORBITON HiMA	91
6.1. Введение	91
6.2. Принцип действия высокомодифицированного битума HiMA	91
6.3. Семейство изделий ORBITON HiMA	93
6.4. Результаты испытаний ORBITON HiMA	93
6.5. Экспериментальный участок в Польше	96
6.6. Завершение	96
7. РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМА В БИТУМНЫХ СМЕСЯХ	97
7.1. Введение	97
7.2. Испытание на устойчивость к колееобразованию	97
7.2.1. Сравнительные испытания всех вяжущих на AC 16S	98
7.2.2. Сравнительные испытания отдельных вяжущих	99
7.3. Испытания на устойчивость к низкотемпературному трещинообразованию	106
7.3.1. Метод Thermal Stress Restrained Specimen Test (TSRST, термически индуцированное напряжение)	106
7.3.2. Сравнительные испытания всех вяжущих на AC 16S	106
7.4. Подведение итогов	108
8. СВОЙСТВА БИТУМОВ ПО SUPERPAVE	110
8.1. Superpave	110
8.2. Испытания низкотемпературных свойств	112
8.3. Испытание свойств вяжущего при высоких и средних температурах	113
8.4. Корректировка системы PG – испытание MSCR	116
8.5. Классификация битума «ОРЛЕН Асфальт» по PG System	118

9. ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИТУМА.....	121
9.1. Лабораторные указания.....	121
9.1.1. Определение технологических температур.....	121
9.1.2. Образцы битума в лаборатории.....	123
9.1.3. Сцепление битума с минеральными заполнителями.....	124
9.2. Хранение битума	124
9.3. Производство битумной смеси.....	126
9.4. Транспорт для перевозки битумной смеси	127
9.5. Укладка.....	128
9.6. Подготовка основания – сорбенты для сбора разлива масла.....	129
9.7. Технологические температуры.....	130
10. ДРУГИЕ СВОЙСТВА БИТУМОВ	131
10.1. Плотность битумов	131
10.2. Растворимость битумов	132
10.3. Данные для проектирования состава асфальтобетона механическими методами	132
11. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОСТАВОК БИТУМОВ ПО EN ISO 4259	133
11.1. Правила приемки поставки по качеству в соответствии с EN ISO 4259.....	133
11.2. Определение требований.....	133
11.3. Оценка изделия получателем битума.....	134
11.4. Спорные случаи	135
11.5. Пример с температурой хрупкости	136
11.6. Избранные значения воспроизводимости для избранных свойств битумов.....	136
12. БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА.....	137
12.1. Введение	137
12.2. Ожоги битумами (попадание на кожу, в глаза)	138
12.3. Пожар.....	139
12.4. Вспенивание при контакте с водой	139
12.5. Пары битума (битумный туман, битумные газы)	140
12.5.1. Сероводород.....	140
БИБЛИОГРАФИЯ.....	141
АВТОРЫ «БИТУМНОГО СПРАВОЧНИКА»	142



ВВЕДЕНИЕ

Уважаемые господа,

Мы рады предложить вам техническое издание «Битумный справочник 2014», подготовленный и изданный на русском/английском языках компанией «ОРЛЕН Асфальт». Это шестое издание нашей книги серии «Битумный справочник». До сих пор изданы четыре публикации на польском языке в 2007, 2009, 2011 и 2014 годах и одна публикация на румынском языке в 2013 году.

«Битумный справочник» является структурированным набором знаний о битумных вяжущих и информации об их эффективном использовании в практике. Это результат работы и опыта сотрудников Отдела технологий, исследований и развития нашей компании, разработан для людей, занимающихся проектированием, производством и укладкой дорожных покрытий из асфальтобетонных смесей. Учитывая его основное содержание и то, каким образом он был написан, это издание будет интересно также для тех, кто хочет познакомиться с текущей продукцией битумных вяжущих, предлагаемой компанией «ОРЛЕН Асфальт». В пособии представлено также актуальное состояние стандартизации в области битумных вяжущих, предназначенных для изготовления дорожных покрытий.

Мы желаем, чтобы настоящий справочник был ответом на растущую потребность в знаниях по использованию битумных вяжущих не только в Польше, но и в других странах центральной и восточной Европы. Мы надеемся, что он окажется полезным сборником знаний по битумным материалам для дорожного строительства. «ОРЛЕН Асфальт» заявляет о своей готовности к сотрудничеству и помощи в выборе продуктов, которые наилучшим образом будут соответствовать вашим требованиям.

Мы гордимся тем, что можем поделиться с вами таким ценным сборником информации.

О КОМПАНИИ «ОРЛЕН АСФАЛЬТ»

Кто мы

ООО «ОРЛЕН Асфальт» (ORLEN Asphalt Sp. z o. o.) входит в состав финансовой группы Польского нефтяного концерна АО «ОРЛЕН» (PKN ORLEN S.A.) и является одним из самых крупных предприятий в Польше по производству и продаже битума. Под названием «ОРЛЕН Асфальт» Компания была зарегистрирована 21 июля 2003 г. Акционерами компании являются Польский нефтяной концерн АО ОРЛЕН и Нефтеперерабатывающий завод Тшебиня (Rafineria Trzebinia).

«ОРЛЕН Асфальт» является владельцем чешской компании «ОРЛЕН Асфальт Чешская Республика» (ORLEN Asphalt Česká republika), созданной в результате покупки 100% акций компании «Парамо Асфальт» (Paramo Asphalt), занимающейся продажей битума, производимого нефтеперерабатывающими заводами в Литвинове и Пардубицах. 17 апреля 2013 года был официально зарегистрирован филиал в Румынии под наименованием ORLEN Asphalt Sp. z o.o. PLOCK – Sucursala Bucuresti, что позволило компании продолжить активную деятельность по развитию на южных рынках.

Деятельность нашей компании с самого начала сосредоточена на производстве и продаже дорожного битума, полимерами-модифицированного битума ORBITON, универсального битума Bitrex, а также промышленного битума. «ОРЛЕН Асфальт» является современной компанией и надежным производителем битума, подготовленной к реализации поставок для крупнейших дорожных проектов на основе современного эффективного оборудования и квалифицированного персонала.

Качество прежде всего

Нашим клиентам мы гарантируем высокое качество продукции и услуг. Наша продукция изготавливается в соответствии с требованиями европейских стандартов. «ОРЛЕН Асфальт» является отличным примером современной компании, для которой важным является не только контроль производственного процесса и совершенствование качества продукции, но и которая придает большое значение также качеству обслуживания клиентов.

Именно в интересах наших клиентов, а также отвечая за качество битумного покрытия, мы предлагаем нашим клиентам технологический консалтинг в области битумных вяжущих: их подбора, характеристик и применения.

Мы стараемся, чтобы наш лозунг «Битум – качество в каждой детали» касался всех аспектов нашей деятельности. Нашим клиентам мы поставляем продукцию наивысшего качества, а также гарантируем самые высокие стандарты обслуживания.

Будучи компанией с открытой политикой, все наши действия мы проводим с соблюдением правил корпоративного управления Финансовой группы Польского нефтяного концерна АО «ОРЛЕН», а также правил корпоративной социальной ответственности бизнеса, 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.

Марка признана на рынке

Высокое качество продукции, предлагаемой компанией «ОРЛЕН Асфальт», подтверждено многочисленными наградами и отличиями, присвоенными престижными учреждениями и отраслевыми СМИ. В самом начале списка находится присужденное в 2004 году отличие за эластомерный битум ORBITON в конкурсе на EBPO-ПРОДУКТ, организованным под патронажем польского министра экономики и Польского агентства развития предпринимательства. Полимер-модифицированный битум ORBITON удостоен 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 «ОРЛЕН Асфальт» была награждена Золотой эмблемой QI за высочайшее качество предлагаемой продукции в рамках программы, осуществляемой 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, награждена золотой медалью на Международной выставке изобретений IWIS 2007.

Наша продукция

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



Битумные продукты согласно месту изготовления:

Вид битума	Плоцк	Тшебиня	Литвинов	Пардубице	Мажейкай
Дорожные битумы	20/30 35/50 50/70 70/100 100/150 160/220	20/30 35/50 50/70 70/100 100/150 160/220	50/70 70/100 160/220	20/30 30/45 35/50 50/70 70/100 160/220	35/50 50/70 70/100 100/150 160/220
Полимер-модифицированные битумы	ORBITON 10/40-65 ORBITON 25/55-55 EXP ORBITON 25/55-60 ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-55 EXP ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60	ORBITON 10/40-65 ORBITON 25/55-60 ORBITON 25/55-60 EXP ORBITON 25/55-65 EXP ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-55 EXP ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60	—	—	—
Универсальные битумы	BITREX 20/30 BITREX 35/50 BITREX 50/70	BITREX 35/50 BITREX 50/70	—	VMT 25 VMT 45 VMT 65	—
Твердые дорожные битумы	—	—	—	AP 15 (10/20) AP 25 (20/30)	—
Окисленные битумы	80/15 95/35	95/35	—	85/15 85/25 85/40 95/35 105/15	Special Bitumen BNK 40/180

Глава 1

ПРОИЗВОДСТВО БИТУМОВ

Компания «ОРЛЕН Асфальт» является производителем ряда битумных вяжущих: дорожного битума, модифицированного битума ORBITON, универсального битума BITREX, а также окисленного битума. Производство битума осуществляется в нескольких производственных центрах:

- в Польше: Плоцк и Тшебиня,
- в Литве: Мажейкяй,

в которых внедрена Интегрированная система менеджмента в соответствии со стандартами ISO 9001, ISO 14001 и OHSAS 18001.



Рис. 1.1. Сертификаты ISO для «ОРЛЕН Асфальт» и «ОРЛЕН Литва»

В соответствии с европейскими требованиями в «ОРЛЕН Асфальт» и «ОРЛЕН Литва» внедрена система Заводского производственного контроля (ЗПК), а все производственные предприятия (Плоцк, Тшебиня и Мажейкяй) имеют сертификаты ЗПК на производимые дорожные битумные вяжущие (таблица 1.1).

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

Вид битума	FPC Certificate Number				
	Предприятие Плоцк	Предприятие Тшебиня	Предприятие Мажейки	Предприятие Пардубице	Предприятие Литвинов
Дорожный битум EN 12591	1434-CPD-0107 ¹⁾	1434-CPD-0108 ¹⁾	1567-CPD-0064 ¹⁾	1020-CPD-090027697 ¹⁾	1023-CPD-0233F
Полимер-модифицированный битум EN 14023	1434-CPD-0133 ¹⁾	1434-CPD-0134 ¹⁾	—	—	—
Универсальный битум ²⁾ (Национальный сертификат или EN 13924-2 от 2014 г.)	F-013-BG-015	F-013-BG-026	—	13 0720 SV/AO	—

1) Обозначение сертификата с CPD на CPR может измениться после следующего обновления.
2) Национальный сертификат в Польше и Чехии (отсутствие EN для этого битума, европейский стандарт для этого типа битума EN 13924-2 будет доступен, по всей вероятности, в 2014 году).

Битум от «ОРЛЕН Асфальт» производится из обычных источников сырья, а именно остаточных продуктов нефтепереработки. Это вакуумный остаток, полученный из трубчато-колонных установок для перегонки нефти.

1.1. Технологии производства битумов в «ОРЛЕН Асфальт»

1.1.1. Производство дорожного и универсального (muligrade) битумов

Дорожный битум и универсальный (multigrade) битум BITREX производятся компанией «ОРЛЕН Асфальт» на установках для окисления вакуумного остатка нефтепереработки. Они принадлежат к группе битумных вяжущих типа semi-blown или air-rectified.

Окисление битума является очень сложным химическим и физическим процессом. Химический процесс составляют интенсивные процессы полимеризации и конденсации, ведущие к росту частиц. Одновременно происходят химические реакции, заключающиеся в образовании кислородсодержащих соединений в сопровождении дегидрирующей конденсации, приводящей к образованию С-С-связей (углерод-углерод). Это приводит к образованию смол и асфальтенов за счет нафтено-ароматических углеводородов, при чем вид и механизм реакции являются функцией температуры реакции. О физическом характере процесса свидетельствует стриппинг легких углеводородов из жидкой в газовую фазу путем паровой дистилляции. Это экзотермический процесс, т. е. реакция сопровождается выделением тепловой энергии в виде теплоты реакции.

1.1.1.1. Установка непрерывного окисления вакуумного остатка согласно технологии Biturox

В «ОРЛЕН Асфальт» дорожный битум и универсальный битум BITREX производятся в основном в системе непрерывного окисления по технологии BITUROX® на лицензии австрийского предприятия Rörner. Процесс заключается в постоянном, непрерывном снабжении реакторов сырьем и постоянном приеме продуктов в резервуары для хранения. Гомогенность (однородность) продукта обеспечена непрерывностью процесса. Кроме того, процесс характеризуется оптимальным использованием кислорода для окисления и очень хорошей гидродинамикой реакции.

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. Воздух в виде больших пузырей перемещается вверх внутри цилиндра, собирается на двух уровнях посредством коалесценционных вкладышей и разбивается турбинами мешалки на более мелкие пузырьки. Благодаря этому происходит обновление поверхности реакции, реакция окисления происходит интенсивно во всем объеме, при меньшем расходе воздуха и более коротком времени. Поток воздуха подбирается таким образом, чтобы количество кислорода в отходящих газах составляло от 2 до 5% (v/v). 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. Возникший водяной пар помогает удалить из битумной массы нежелательные побочные продукты: газы и легкий окисленный дистиллят, а также увеличивает безопасность производства. Битум выводится из внешнего пространства цилиндра реактора, с уровня выше входа сырья, и поддается охлаждению в охладителях. Далее направляется в резервуары складирования битума, где выравнивается (перемешивается) и поддается качественной оценке. Дистрибуция в автомобильные и железнодорожные цистерны происходит на герметизированных наливочных постах. Управление технологическим процессом осуществляется с помощью распределенной системы PCS.

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



Рис. 1.2. Установка непрерывного окисления – реакторы Biturox® (фот. «ОРЛЕН Асфальт»)

1.1.1.2. Установка периодического окисления вакуумных остатков – оксидаторы

Установка периодического окисления в «ОРЛЕН Асфальт» используется в основном для производства промышленного битума (типа oxidised bitumens) и специального битума, но может быть также использована для производства дорожного и универсального битума.

В отличие от окисления в реакторе Biturox®, производство в оксидаторах осуществляется в системе пакетной обработки (англ. batch process), которая состоит из заполнения оксидатора сырьем, окисления содержания и экструзии продукта. Оксидатор является оборудованием, менее продвинутым технологически, чем реактор Biturox®.

1.1.2. Модификация битума полимерами

Целью модификации битума является расширение диапазона температур, в котором вяжущее будет проявлять вязкоупругие свойства. «ОРЛЕН Асфальт» использует физический метод, основанный на взаимном механическом смешивании битума с полимером с возможным использованием связующих агентов (англ. *crosslinkers*).

1.1.2.1. Установка модификации битума полимерами

Основным сырьем для производства модифицированного битума в «ОРЛЕН Асфальт» является специально подготовленный битум, так называемый базовый битум, отличающийся свойствами, пригодными для модификации СБС-эластомерами. Модификатор, добавляемый в процессе производства битума, это, как правило, стирол-бутадиен-стирол, сокращенно СБС, поэтому эти вяжущие называются также эластомерным битумом.

Производство битума, модифицированного полимерами, заключается в соответствующем введении полимера в горячий битум, измельчении смеси в мельнице высокой мощности и ее окончательном растворении и гомогенизации.

Технология производства была разработана и контролируется Отделом технологии, исследований и развития «ОРЛЕН Асфальт», который занимается также разработкой рецептур для новых продуктов.

«ОРЛЕН Асфальт» располагает двумя установками для производства полимер-модифицированного битума – в Плоцке (открытая в 2006 году) и Тшебине. На рисунке 1.3. изображена схема установки для модификации битума в Плоцке.

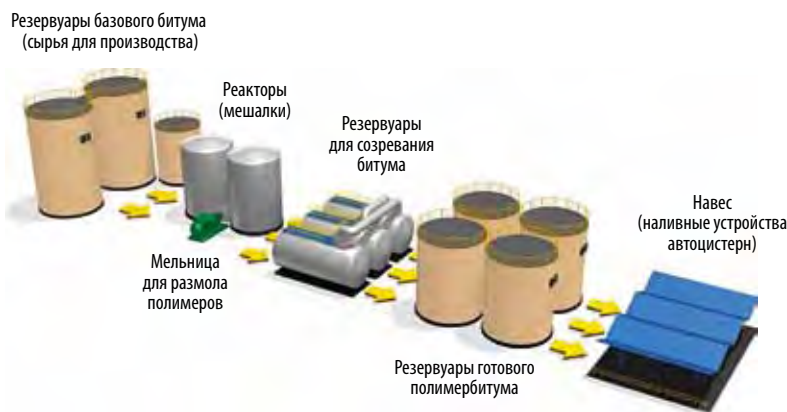


Рис. 1.3. Схема установки для модификации битумов в Плоцке

Обе установки, в Плоцке и Тшебине, управляются автоматически. В Плоцке вся установка подключена к компьютерной системе PCY («DCS») (рис. 1.4.), что позволяет полностью контролировать процесс производства, а также делает возможным чтение исторических процессных данных.



Рис. 1.4. Компьютерная система «DCS» для управления производством модифицированного битума ORBITON на установке в Плоцке (фот. «ОРЛЕН Асфальт»)

Благодаря применению в процессе производства битума модификатора (эластомера) достигаются значительные преимущества в свойствах вяжущего как при высоких, так и при низких температурах. Полимер-модифицированный битум используется для укладки асфальтобетонных дорожных покрытий, подвергающихся интенсивному автомобильному движению, для особых участков дорог, например покрытий мостов, а также в производстве специальных асфальтобетонных смесей, например пористого асфальта. Во всех этих случаях применение модифицированного битума намного более эффективно, чем использование дорожного битума.

Подробная информация находится в главах:

- модифицированный битум ORBITON (глава 5);
- результаты испытаний асфальтобетонных смесей (глава 7);
- результаты исследований согласно методу Superpave (глава 8).

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМА

2.1. Введение

Настоящая глава содержит собрание и краткое изложение наиболее важных характеристик и методов испытаний, используемых для описания битумных вяжущих. Согласно намерениям авторов опубликованная информация должна оказать читателю помощь в анализе нормативных и технических документов.

Находящиеся в этой главе фотографии были сделаны в аккредитованной лаборатории, принадлежащей ООО «ОРЛЕН Лаборатория» (ORLEN Laboratorium sp. z o.o.), осуществляющей мониторинг производства битума на установке в Плоцке.

2.2. Основные характеристики

2.2.1. Пенетрация при 25°C

В европейской стандартизации уже много лет основным критерием классификации битумных вяжущих является измерение пенетрации при 25°C.

Испытание состоит в измерении консистенции битума, условно выраженной как глубина проникновения нормированной стальной иглы, проникающей вертикально в образец битума при установленной температуре. Нагрузка иглы составляет 100 г, а время нагрузки – 5 секунд. Единицей пенетрации является [0,1 мм], т. е. глубина проникновения иглы в образец битума. Интерпретация результатов несложна: мы знаем, например, что битум пенетрацией 200 [0,1 мм] мягче битума пенетрацией 100 [0,1 мм], так как первая игла опустилась до 20 мм, а вторая – до 10 мм. В общем, чем больше пенетрация, тем мягче битум.

Тест можно проводить при различных температурах, хотя для целей классификации битума принято 25°C.

Испытание на пенетрацию проводится в соответствии со стандартом PN-EN 1426 «Битум и битумные продукты. Определение пенетрации иглой».

На рис. 2.1. указан принцип измерения пенетрации.

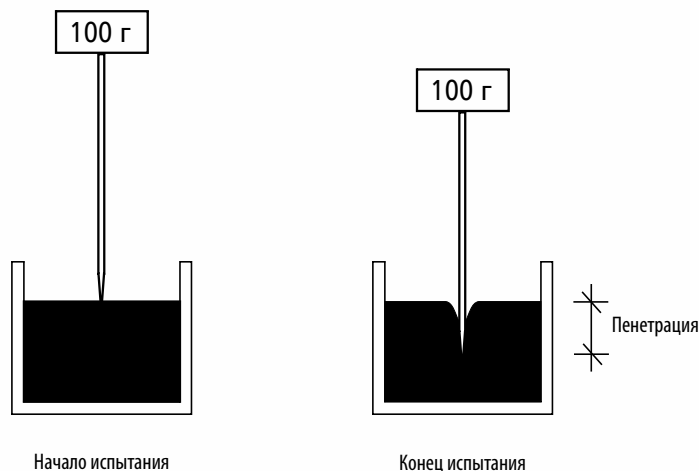


Рис. 2.1.
Принцип проведения испытания на пенетрацию



Рис. 2.2. Общий вид аппаратуры для испытания на пенетрацию с размещенным образцом битума (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

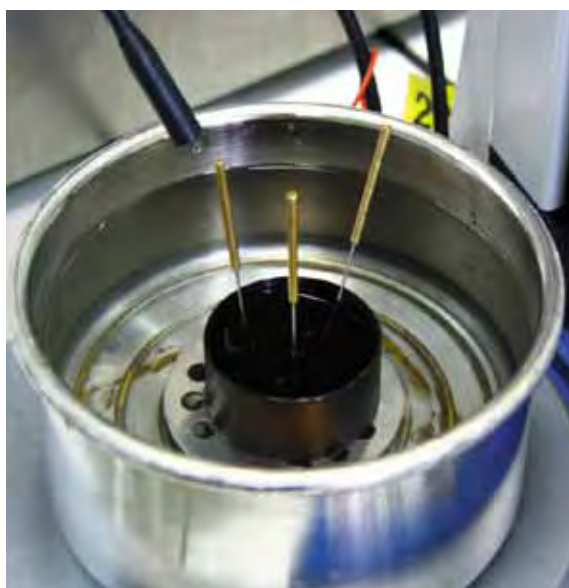


Рис. 2.3. Вид образца битума после проведения испытания (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

2.2.2. Температура размягчения

Температура размягчения определяет свойства битума при так называемой высокой температуре эксплуатации и составляет, примерно, условный верхний предел вязкоупругого состояния.

Суть испытания заключается в определении «договорной» температуры, при которой битум достигает определенной консистенции. Определение температуры размягчения битума чаще всего выполняется по методу «Кольца и Шара», сокращенно КиШ.

Два образца битума, помещенные в металлические кольца, нагреваются контролируемым образом в жидкости (дистиллированная вода для предполагаемого КиШ от 28 до 80°C, глицерин для КиШ от 80° до 150°C), находящейся в склянке, где каждое, заполненное битумом кольцо поддерживает стальной шарик. Температурой размягчения считается средняя температура, при которой оба битумные кольца размягчаются так, что каждый шарик, окруженный битумом, преодолевая сопротивление битума, преодолевает расстояние $25,0 \text{ мм} \pm 0,4 \text{ мм}$. Единицей результата испытания на температуру размягчения является [°C].

Испытание на температуру размягчения КиШ (читай: по методу «Кольца и Шара»), проводится в соответствии со стандартом PN-EN 1427 «Битумы и битумные вяжущие. Определение температуры размягчения. Метод «Кольца и Шара».

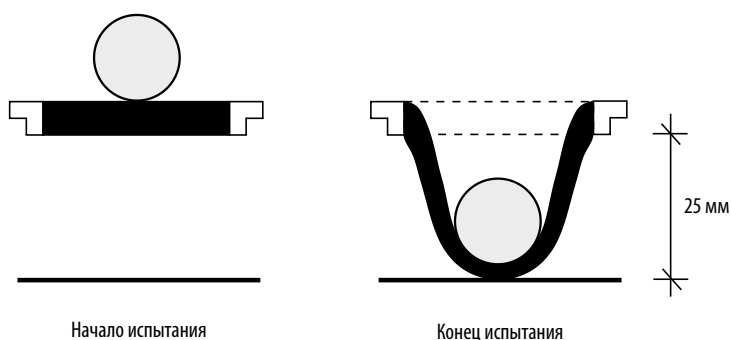
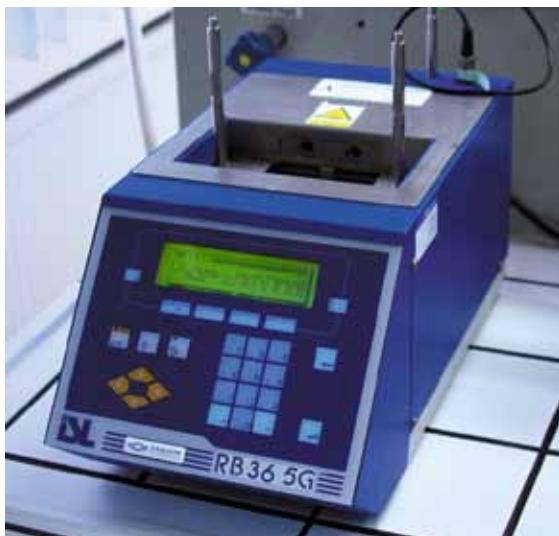


Рис. 2.4. Принцип проведения испытания на температуру размягчения КиШ

A



B

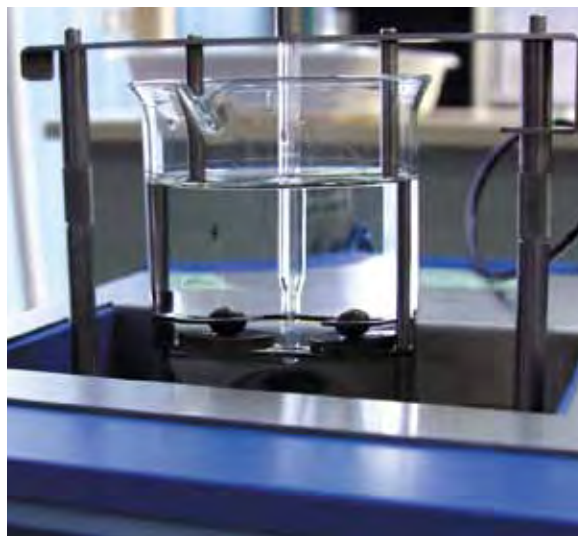


Рис. 2.5. Общий вид аппарата для испытания на температуру размягчения КиШ автоматическим методом с размещенным образцом битума (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

A



B



Рис. 2.6. Вид образца битума после проведения испытания (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

2.2.3. Температура хрупкости, метод Фрааса

Температура хрупкости определяет низкотемпературные характеристики битума, а также, примерно, условный нижний предел вязкоупругого состояния.

Испытание на температуру хрупкости проводится в соответствии со стандартом PN-EN 12593 «Битум и битумные вяжущие. Определение температуры хрупкости по Фраасу». Проведение испытания по методу, предложенному А. Фраасом, состоит в определении температуры, при которой появится трещина в тонком слое битума толщиной 0,5 мм, размещенном на тонкой стальной пластине размером 20x41 мм, находящейся в описанном выше аппарате.

Образец битума на пластине помещается в аппарат и подвергается циклическому механическому изгибанию и отжигу. Процесс изгибания происходит после каждого 1°C в течение равномерного снижения температуры воздуха вокруг образца, составляющего 1°C/мин. После каждого изгибания пластины наблюдается слой битума на образце и регистрируется возможное возникновение трещин. Испытание заканчивается, когда видна первая трещина на образце. Единицей результата испытания на температуру хрупкости по Фраасу является [°C].

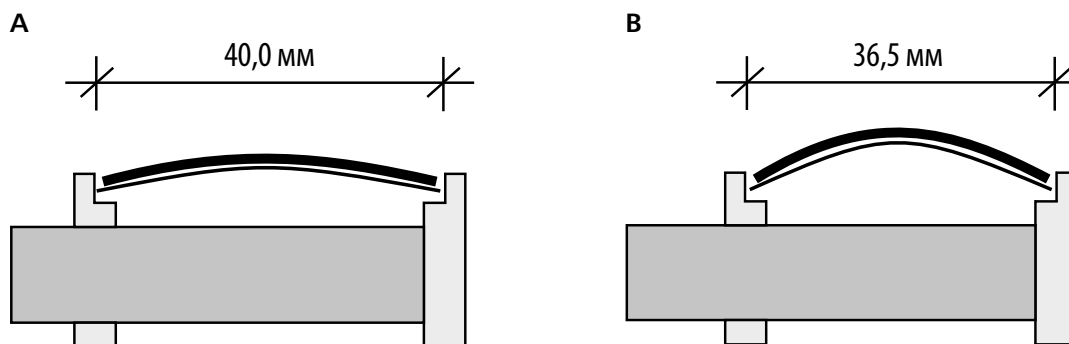


Рис. 2.7. Принцип проведения испытания на температуру хрупкости по Фраасу, А) пластина со слоем битума до изгиба В) пластина со слоем битума после изгиба – момент проверки, появились ли трещины в слое битума

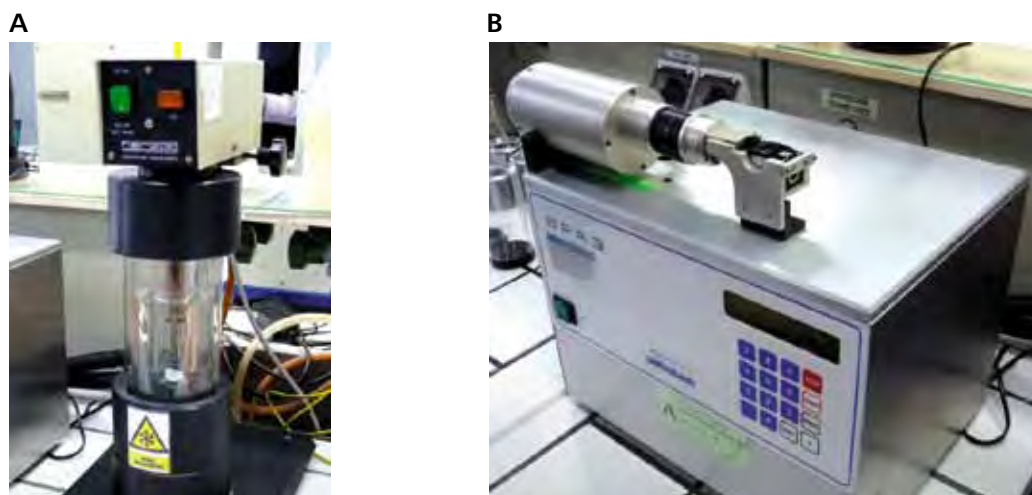


Рис. 2.8. Общий вид аппаратуры для испытания на температуру хрупкости по Фраасу с размещенным образцом битума, а) полуавтоматический аппарат, б) автоматический аппарат (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)



Рис. 2.9. Вид образцов битума на пластине, размещенных в полуавтоматическом аппарате, до и после проведения испытания – видна трещина в слое битума (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Уже много лет пригодность метода Фрааса ставится под сомнение как, не имеющего отношения к реальному поведению битумного покрытия в зимний период. Поэтому во многих странах, таких как США, в настоящее время используется метод BBR (см. п. 2.4.5.) или разрабатываются новые методы для испытания низкотемпературных свойств вяжущих (метод ABCD и др.).

2.2.4. Температура вспышки, метод Кливленда

Определение температуры вспышки принадлежит к группе испытаний, связанных с безопасностью использования битумных вяжущих. Благодаря этому методу можно проверить вяжущее на содержание воспламеняемых летучих веществ.

Определение температуры вспышки проводится в соответствии со стандартом PN-EN ISO 2592 «Определение температуры вспышки и горения. Метод открытого тигля Кливленда». Суть испытания заключается в определении температуры, при которой произойдет временная вспышка пар образца битума в открытом сосуде (тигле).

Перед началом испытания записывается значение окружающего атмосферного давления, указанного на лабораторном барометре. Тигель с образцом битума предварительно нагревается со скоростью роста температуры $14 \div 17^\circ\text{C}/\text{мин}$. Когда температура образца составит около 56°C ниже, чем ожидаемая температура вспышки, температура нагрева битума снижается, чтобы прирост температуры в последних 23°C составлял от 5° до $6^\circ\text{C}/\text{мин}$. В это время начинается движение испытательного пламени над поверхностью битума в тигле и продолжается, пока приложение пламени не приведет к вспышке паров и распространению пламени над поверхностью битума. Температура вспышки, выраженная в $[\text{C}]$, обозначенная под атмосферным давлением окружения, корректируется до стандартного атмосферного давления с использованием соответствующей математической формулы.

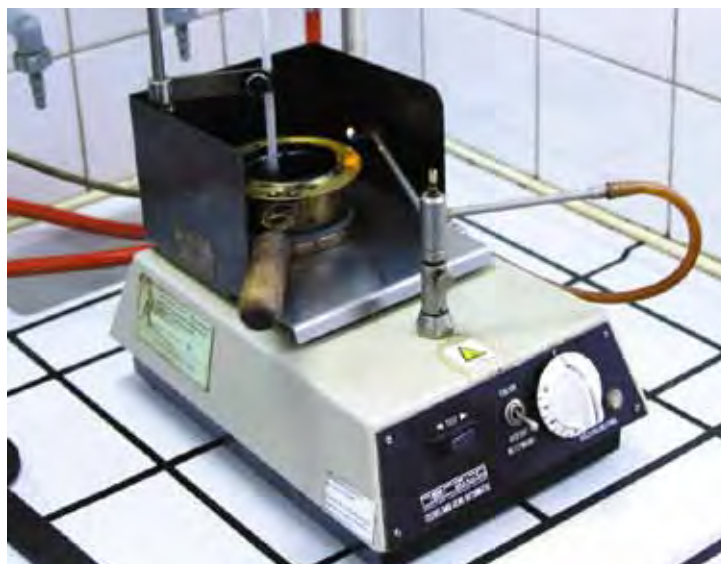


Рис. 2.10. Общий вид аппарата для испытания на температуру вспышки по методу открытого тигля Кливленда (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Существует один метод определения температуры вспышки в т. наз. закрытом тигле по методу Пенски-Мартенса [PN-EN ISO 2719:2007]. Результаты, полученные по этому методу, обычно ниже результатов, полученных по методу тестирования в открытом тигле Кливленда.

2.2.5. Растворимость

С помощью этого испытания проводится анализ содержания твердых загрязнений в вяжущем.

Испытание на растворимость проводится в соответствии со стандартом PN-EN 12592 «Битум и битумные вяжущие. Определение растворимости». Сутью проведения испытания является определение в процентах (в соотношении к целому образцу битума) той части битумной массы, которая растворится в данном растворителе.

Образец битума растворяется в растворителе и фильтруется через слой стеклянного порошка в тигле. Нерастворимый остаток битума промывается, сушится и взвешивается. Затем рассчитывается результат растворимости как процент от массы растворенной части битума по отношению к массе целого образца [% м/м].

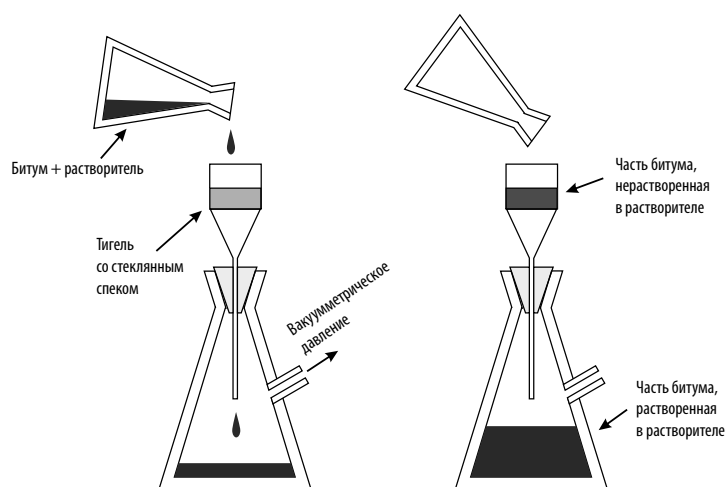


Рис. 2.11. Принцип проведения испытания на растворимость



Рис. 2.12. Общий вид оборудования для испытания на растворимость (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)



Рис. 2.13. Вид образца битума до и после проведения испытания (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Данные о растворимости битума могут быть использованы для оценки загрязнения битума твердыми веществами, напр. коксом, а также для определения значения T согласно пункту А.4., т. е. для вычисления содержания растворимого битума после экстрагирования асфальтобетонной смеси в соответствии с PN-EN 12697-1 «Асфальтобетонные смеси. Методы испытаний асфальтобетонных смесей горячим способом. Часть 1: Содержание растворимого вяжущего».

Результаты испытаний битума на растворимость приведены в главе 9.

2.2.6. Диапазон пластичности

Диапазон пластичности (или интервал пластичности) определяется разницей между температурой размягчения и температурой хрупкости по Фраасу [°C]. По определению, интервал пластичности является диапазоном температур, в котором битумное вяжущее сохраняет свои вязкоупругие свойства.

С точки зрения пользователя вяжущего, классическая теория битума подчеркивает наибольшее значение этого диапазона – т. е. минимальное возможное значение температуры хрупкости и наивысшую температуру размягчения. В современных исследованиях полезность температуры хрупкости и температуры размягчения часто ставится под сомнение. Вместо этих показателей указываются, например, испытания в реометре DSR и реометре с изгибающейся балкой BBR, как более адекватные для описания свойств вяжущих (см. п. 2.4.5-2.4.6).

Итак:

$$\text{Интервал пластичности} = T_{\text{КиШ}} - T_{\text{Фраас}}$$

Указание интервала пластичности требуется в спецификации для полимер-модифицированного битума, национальное приложение NA к стандарту PN-EN 14023:2011.

2.2.7. Индекс пенетрации ИП

Индекс пенетрации ИП является мерой тепловой чувствительности битума и определяется с помощью формулы, основанной на известном значении пенетрации при 25°C (100 г, 5 с), вычисленной в соответствии с PN-EN 1426, и температуры размягчения, вычисленной в соответствии с PN-EN 1427. Индекс пенетрации – это безразмерный параметр [-]. Чем ниже индекс пенетрации, тем быстрее вяжущее меняет свою консистенцию вместе с изменениями температуры (характеризуется более высокой тепловой чувствительностью).

Определение индекса пенетрации согласно PN-EN 12591 основано на предположении, что пенетрация битума при температуре размягчения КиШ составляет 800 [0,1 мм].

ИП вычисляется по формуле, приведенной в Приложении А к стандарту PN-EN 12591.

$$ИП = \frac{20 \times t_{\text{КиШ}} + 500 \times \lg П - 1952}{t_{\text{КиШ}} - 50 \times \lg П + 120}$$

$t_{\text{КиШ}}$ – температура размягчения КиШ в градусах Цельсия;

$\lg П$ – десятичный логарифм величины пенетрации при 25°C [0,1 мм].

2.2.8. Вязкость

Вязкость битума является одним из наиболее важных технологических и потребительских свойств. Существует много определений вязкости и методов ее испытания. В этом пункте представлено в структурированном виде краткое описание явления вязкости, необходимые определения и коэффициенты пересчета, а также приведены различные методы испытаний.

Битум принадлежит к реологически сложным видам жидкостей. Их вязкость может изменяться в зависимости от:

- изменения температуры;
- скорости сдвига;
- продолжительности испытания;
- типа метода;
- измерительной системы, используемой в методе.

Иначе говоря, это означает, что сопоставимость результатов вязкости, полученных разными методами, может быть достигнута только при условии соблюдения конкретных условий измерений (одинаковая температура, правильно выбранные системы измерения, скорость сдвига, время испытания). В других случаях сравнение и заменительное использование результатов вязкости является некорректным и может привести к неправильным выводам.

Сопротивление жидкости любым необратимым изменениям в положении ее объемных элементов называется вязкостью [19]. По отношению к битуму термин «вязкость» может быть определен как внутреннее трение между частицами во время движения одного слоя битума относительно другого. Чем выше температура битума, тем ниже его вязкость [4]. Эта зависимость позволяет определить температуры перекачивания битума, обкатывания ним наполнителя и уплотнения поверхности. На рисунке 2.14. схематически указана зависимость вязкости битума от температуры.

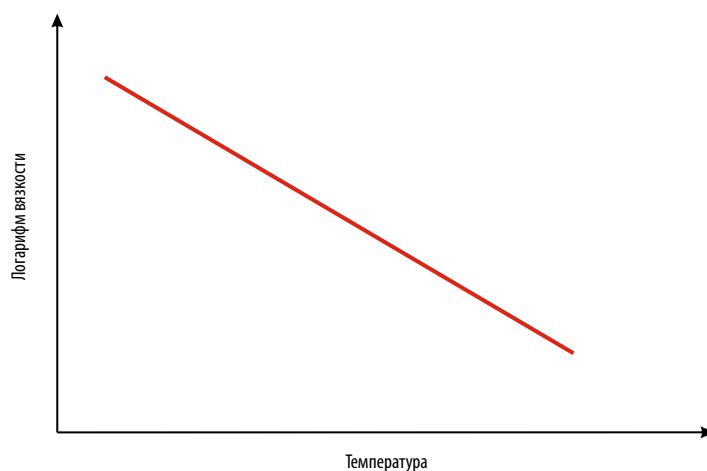


Рис. 2.14. Зависимость вязкости битума от температуры

2.2.8.1. Принцип измерения вязкости

Исаак Ньютон впервые сформулировал основной принцип, называемый законом вязкости Ньютона, который выражается следующей формулой [19]:

$$\tau = \eta \cdot \gamma$$

напряжение сдвига = вязкость • скорость сдвига

Модель вращающегося шпинделя, погруженного в контейнер с образцом битума, указанная на рисунке 2.15., позволяет определить как напряжение сдвига, так и скорость сдвига.

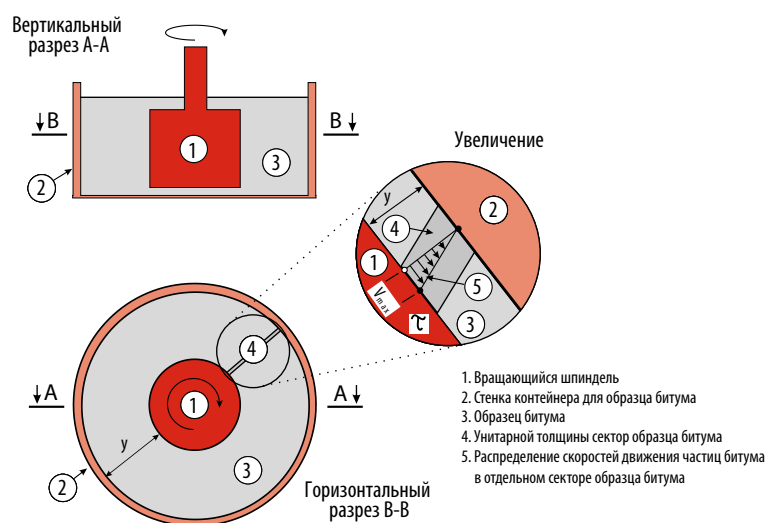


Рис. 2.15. Модель вращающегося шпинделя, погруженного в контейнер с образцом битума

$$\text{напряжение сдвига} \Rightarrow \tau = \frac{F}{A} = \left[\frac{N}{m^2} \right] = \text{Па} [\text{паскаль}]$$

$$\text{скорость сдвига} \Rightarrow \gamma = \frac{V_{\max}}{y} [s^{-1}]$$

2.2.8.2. Виды вязкостей и отношения между ними

Динамическая вязкость – это отношение напряжения сдвига к скорости сдвига. Динамическая вязкость является мерой сопротивления потока жидкости и обычно называется вязкостью жидкости [PN-EN 12596 «Битум и битумные вяжущие. Определение динамической вязкости методом вакуумных капилляров»].

$$\text{динамическая вязкость} \Rightarrow \eta = \frac{\tau}{\gamma} = \left[\frac{N}{m^2} \cdot s \right] = [\text{Па} \cdot \text{с}]$$

Единицей динамической вязкости в системе СИ является паскаль-секунда [Па·с]. Часто употребляется также единица миллипаскаль-секунда [мПа·с] [1]

$$1 \text{ Па} \cdot \text{сек} = 1000 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

Ранее употреблялись единицы динамической вязкости в системе СГС, *пуазы* (фр. poise) [П], названные так в честь французского физика *Жана М. Пуазейля* [10]:

$$1 \text{ Па} \cdot \text{с} = 10 \text{ П}$$

Употреблялись также *сантипуазы* [сП]:

$$1 \text{ П} = 100 \text{ сП}$$

Кинематическая вязкость, называемая также кинетической, – это отношение динамической вязкости к плотности жидкости. Кинематическая вязкость является мерой сопротивления потока жидкости течению под влиянием гравитации [PN-EN 12595 «*Битум и битумные вяжущие. Определение кинематической вязкости*». Следовательно, кинематическая и динамическая вязкости связаны друг с другом.

$$\begin{aligned} \text{кинematическая вязкость} &=> \nu = \frac{\eta}{\rho} = \left[\frac{m^2}{s} \right] \\ \text{плотность} &=> \rho = \frac{kg}{m^3} = \left[\frac{N \cdot s^2}{m^4} \right] \end{aligned}$$

Кинематическая вязкость измеряется в метрах квадратных в секунду [m^2/c]. Часто измеряется и в *миллиметрах квадратных в секунду* [mm^2/c]:

$$1 m^2 / \text{сек} = 1\,000\,000 \text{ мм}^2 / \text{с}$$

Ранее как единицы динамической вязкости употреблялись *стоксы* [Ст] или *сантискоры* [сСт], названные так в честь ирландского физика Джорджа Габриеля Стокса [19]:

$$1 \text{ Ст} = 100 \text{ сСт} \text{ и } 1 \text{ Ст} = 1 \frac{cm^2}{c}$$

сантискор равен 1 квадратному миллиметру в секунду

$$1 \text{ мм}^2 / \text{с} = 1 \text{ сСт}$$

2.2.8.3. Методы определения вязкости

Определение вязкости проводится различными методами и инструментами, часто также при разных температурах. Чаще всего тестирование битума выполняется при 60°, 90° и 135°C, что должно соответствовать определенной технологической температуре (эксплуатации, укатки и накачивания). В «ОРЛЕН Асфальт» испытание часто проводится также при 160°C или 180°C, если оно относится к модифицированному битуму.

Ниже приведены характеристики испытательной аппаратуры и принцип определения кинематической и динамической вязкостей по некоторым из популярных методов:

- определение кинематической вязкости с использованием вискозиметра типа BS/IP/RF;
- определение динамической вязкости по методу вакуумных капилляров Кэннон-Мэннинга;
- определение динамической вязкости по методу конус-плоскость с помощью реометра;
- определение динамической вязкости с помощью ротационного вискозиметра Брукфилда

Определение кинематической вязкости с использованием вискозиметра типа BS/IP/RF

Общий вид капиллярного вискозиметра типа BS/IP/RF и аппаратуры, в которой проводится испытание, приведен на рисунке 2.16.



Рис. 2.16 Вид капиллярного вискозиметра типа BS/IP/RF и аппаратуры, в которой проводится испытание на кинематическую вязкость (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Испытание на кинематическую вязкость с помощью вискозиметра BS/IP/RF проводится в соответствии со стандартом PN-EN 12595 «Битум и битумные вяжущие. Определение кинематической вязкости». Суть тестирования заключается в определении времени протекания определенного объема жидкости через стеклянный капилляр калиброванного вискозиметра при известной температуре измерения (время истечения) [EN 12595]. Принцип определения времени измерения приведен на рисунке 2.17.

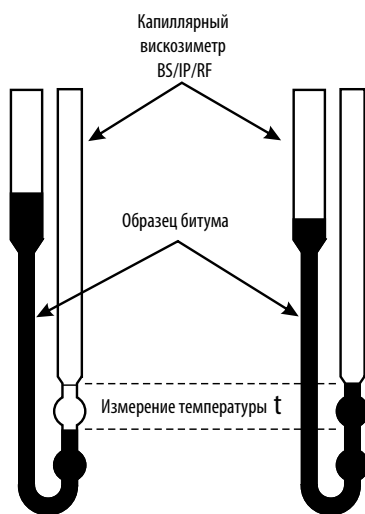


Рис. 2.17. Принцип определения времени измерения в капиллярном вискозиметре типа BS/IP/RF

Кинематическая вязкость определяется как произведение времени истечения, выраженного в секундах, на постоянную калиброванного вискозиметра согласно следующей формуле [EN 12595]:

$$v = C \cdot t \text{ [мм}^2/\text{с]}$$

где:

C – калибровочная постоянная вискозиметра в [мм²/с²];

t – время истечения, выраженное в [с].

Испытание на динамическую вязкость с использованием вакуумного вискозиметра Кэннон-Мэннинга

Определение динамической вязкости проводится в соответствии со стандартом PN-EN 12596 «Битум и битумные вяжущие. Вычисление динамической вязкости по методу вакуумных капилляров». Вычисление динамической вязкости по методу вакуумных капилляров согласно PN-EN 12596 основано на использовании явления разницы во времени протекания битума разной вязкости через капилляр в определенных условиях вакуумметрического давления и температуры. Зная время протекания определенного объема битума и коэффициент калибровки вискозиметра, можно определить динамическую вязкость с помощью соответствующих формул. Общий вид вакуумного вискозиметра Кэннон-Мэннинга и аппарата, в котором проводится испытание, приведен на рисунке 2.18.

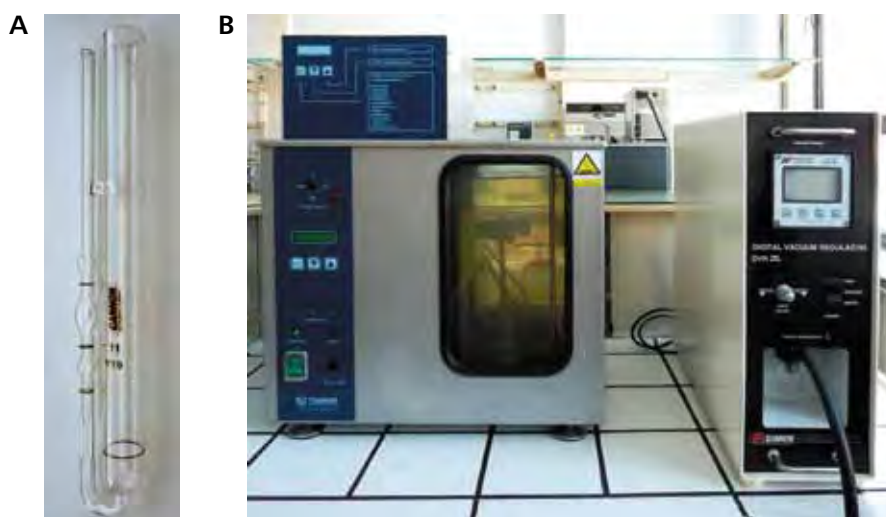


Рис. 2.18. Общий вид вакуумного вискозиметра Кэннон-Мэннинга и аппаратуры, в которой проводится испытание на динамическую вязкость (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Суть тестирования заключается в определении времени протекания t_1 и t_2 определенного объема жидкости вакуумным методом через капилляр в определенных условиях вакуумметрического давления и температуры [PN-EN 12596]. Принцип определения времени измерения приведен на рисунке 2.19.

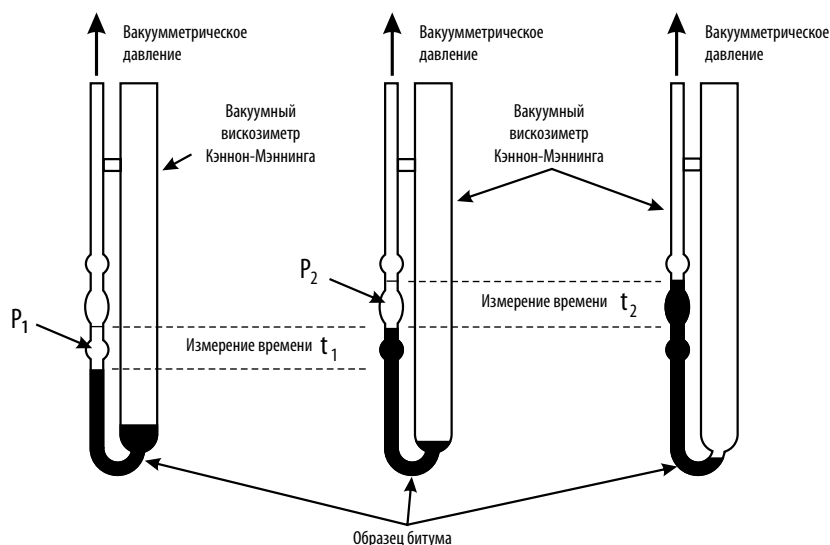


Рис. 2.19. Принцип определения времени измерения в вакуумном вискозиметре Кэннон-Мэннинга

Динамическая вязкость вычисляется как среднее арифметическое произведений времени протекания, в секундах t_1 и t_2 и соответствующих коэффициентов калибровки вискозиметра по следующей формуле [PN-EN 12596]:

$$\eta_1 = K_1 \cdot t_1 \text{ [Па}\cdot\text{с]}$$

$$\eta_2 = K_2 \cdot t_2 \text{ [Па}\cdot\text{с]}$$

$$\eta = \frac{\eta_1 + \eta_2}{2} \text{ [Па}\cdot\text{с]}$$

где:

η_1, η_2 – значения динамической вязкости, вычисленные на основании времени протекания через резервуары P_1 и P_2 ;

K_1, K_2 – избранные коэффициенты калибровки резервуаров P_1 и P_2 , выраженные в паскалях [Па];

t_1, t_2 – время протекания через резервуары P_1 и P_2 , выраженное в [с];

η – динамическая вязкость, вычисленная в вакуумном вискозиметре Кэннон-Мэннинга

Испытание на динамическую вязкость по методу конус-плоскость с помощью реометра

Испытание на динамическую вязкость по методу конус-плоскость с помощью реометра проводится в соответствии со стандартом PN-EN 13702-1 «Битум и битумные вяжущие. Определение динамической вязкости модифицированного битума. Часть 1: Метод конус-плоскость». Общий вид реометра для испытания на мин. динамическую вязкость по методу конус-плоскость приведен на рисунке 2.20.

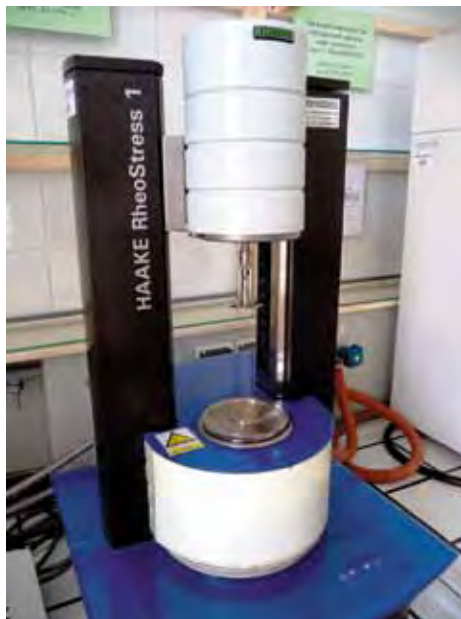


Рис. 2.20. Общий вид реометра для испытания на мин. динамическую вязкость по методу конус-плоскость (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Суть испытания заключается в определении вращающегося момента для установленной, заранее определенной скорости сдвига [PN-EN 13702-1]. Схема измерительной системы и общий вид составляющих ее компонентов приведены на рисунке 2.21.

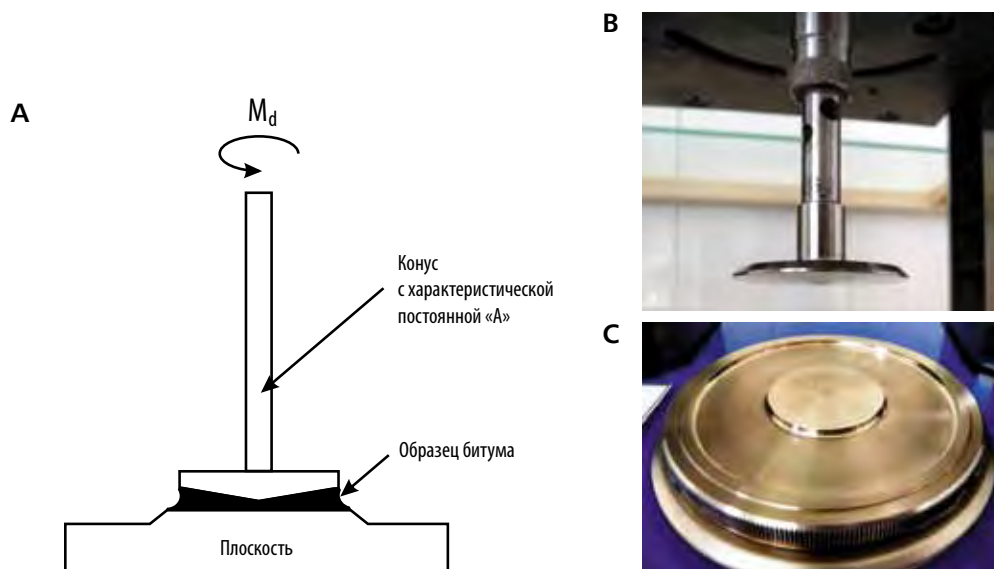


Рис. 2.21. Схема измерительной системы с помещенным образцом битума во время испытания (А) и общий вид составляющих ее компонентов – конуса (В) и плоскости (С)

На основании известной величины вращающегося момента и коэффициента конуса измерительная аппаратура вычисляет результат измерения вязкости по следующей формуле [PN-EN 13702-1]:

$$\eta = \frac{A \cdot M_d}{\gamma} [\text{Па} \cdot \text{с}]$$

где:

A – коэффициент конуса, выраженный в [м⁻³]

M_d – вращающийся момент, выраженный в [Н·м]

γ – скорость сдвига, выраженная в [с⁻¹]

Окончательный результат динамической вязкости, выраженный в [Па · с] или [МПа · с], вычисляется как среднее арифметическое значение двух определений и указывается с соответствующей скоростью сдвига и температурой испытания [PN-EN 13702-1].

Испытание на динамическую вязкость с помощью ротационного вискозиметра Брукфилда

Испытание на динамическую вязкость проводится в соответствии со стандартом PN-EN 13302 «Битум и битумные вяжущие. Определение вязкости битума с помощью ротационного вискозиметра» или в соответствии со стандартом ASTM D 4402 *Standard Test Method for Viscosity Determination of Asphalt at Elevated Temperatures Using a Rotational Viscometer*. Испытание на динамическую вязкость по методу Брукфилда основано на использовании явления разницы в сопротивлении вращающегося стержня, погруженного в битум разной вязкости. Сопротивление будет тем больше, чем больше будет вязкость битума при сохранении крутящего момента при фиксированном соответствующем диапазоне. Величина динамической вязкости тестируемого битума считается в аналоговом или цифровом виде непосредственно по показаниям вискозиметра. Общий вид вискозиметра Брукфилда для определения динамической вязкости, а также измерительной системы приведен на рисунке 2.22.

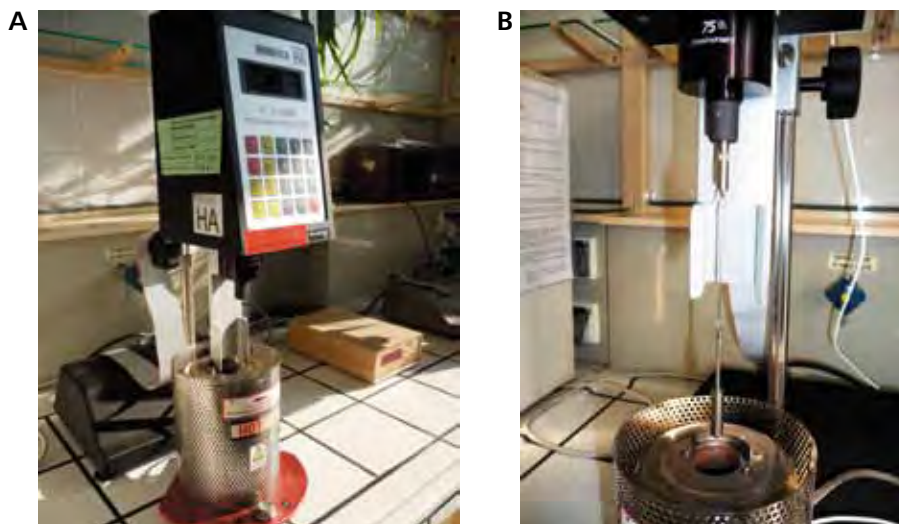


Рис. 2.22. Общий вид вискозиметра Брукфилда (А), а также приближение шпинделя и термостатированного контейнера для образца битума (В) (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Суть испытания на динамическую вязкость заключается в определении зависимости относительного сопротивления вращающегося стержня в специальной емкости, содержащей тестируемый образец, при установленной скорости вращения стержня. Величина динамической вязкости тестируемой жидкости считывается непосредственно по показаниям вискозиметра, для которого крутящий момент шпинделя должен находиться в фиксированном соответствующем диапазоне. В случае невыполнения этого условия тип шпинделя заменяется другим, имеющим другой характерный коэффициент формы [PN-EN 13302].

Схема вискозиметра Брукфилда и общий вид шпинделей с различными коэффициентами формы приведены на рисунке 2.23. Форму использованного шпинделя (обычно приводятся номера шпинделей) следует указать вместе с результатом определения вязкости в аппарате Брукфилда.

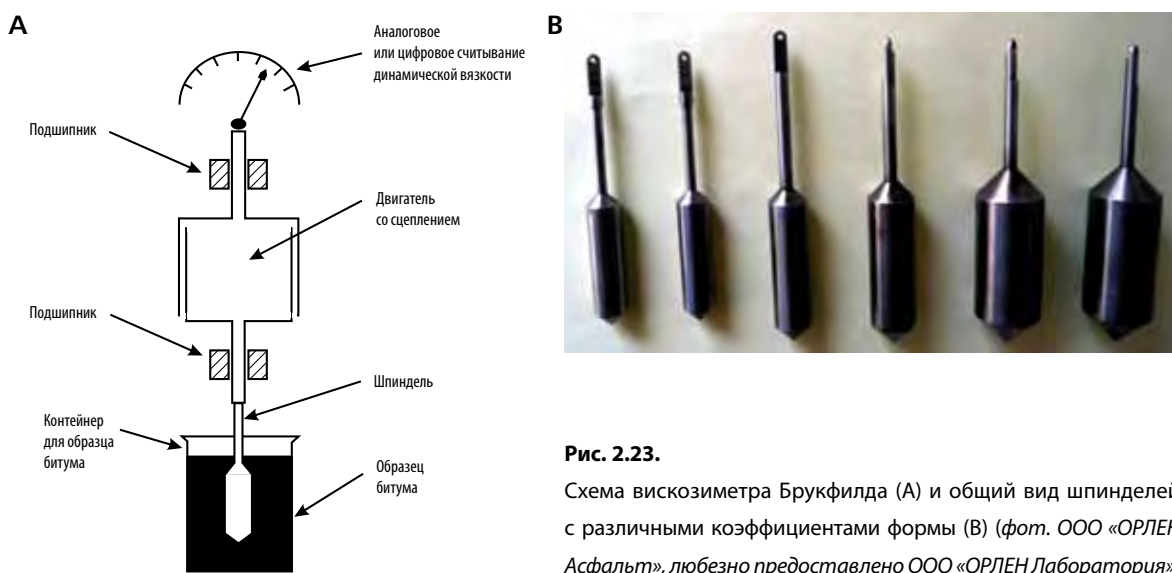


Рис. 2.23. Схема вискозиметра Брукфилда (А) и общий вид шпинделей с различными коэффициентами формы (В) (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Окончательный результат измерения динамической вязкости, выраженный в [Па·с], [МПа·с] [PN-EN 13302] или [сПа] [ASTM D 4402], вычисляется как среднее арифметическое значение трех определений.

Результаты тестирования вязкости дорожного и модифицированного битума приведены в главах 4 и 5.

2.2.9. Плотность

Испытание битума на плотность проводится в соответствии со стандартом PN-EN 15326 «*Битум и битумные вяжущие. Измерение плотности и относительной плотности. Метод с использованием пикнометра с капиллярной пробкой*». Суть тестирования заключается в определении соотношения плотности тестируемого битумного вяжущего к плотности тестовой жидкости, определенных в одинаковых температурных условиях.

Образец битума с точно определенным объемом помещается в пикнометр при температуре 25°C. По достижении температурного равновесия образец взвешивается с соответствующей точностью. Затем процесс с тестовой жидкостью повторяется, т. е. взвешивается точно такой же объем тестовой жидкости (известной плотности), как объем битума. Плотность и удельный вес рассчитываются по соответствующей формуле на основании разницы указанных масс. Единицей плотности является [кг/м³].

В более ранних версиях стандартов испытаний битума на плотность использовался стандарт PN-EN ISO 3838 «*Нефть и жидкие или твердые нефтепродукты. Определение плотности или относительной плотности. Методы с использованием пикнометра с капилляром в пробке и градуированного двухколенного пикнометра*».

Плотность битума необходима, в частности, для вычисления объемных характеристик асфальтобетонных смесей в соответствии с PN-EN 12697-8 «*Асфальтобетонные смеси. Методы испытаний горячих асфальтобетонных смесей. Часть 8: Определение содержания пустот*».

2.2.10. Технологическое старение RTFOT

Наиболее интенсивные процессы старения битума происходят во время его смешивания с горячим наполнителем в мешалке АБЗ. В таком случае температура самая высокая, а слой битума на наполнителе – очень тонкий. В это время испарение легких фракций и окисление битума является самым быстрым и наиболее интенсивным, а битум интенсивно затвердевает (стареет). Этот процесс назван **технологическим или краткосрочным старением**. Следующий этап – это эксплуатационное (долгосрочное) старение, происходящее в течение многих лет эксплуатации дорожного покрытия (см. испытание по методу PAV, приведенное в п. 2.4.4.).

Из-за старения битум затвердевает (увеличивает свою жесткость), а это означает, что, в частности:

- снижается его пенетрация;
- повышается температура размягчения;
- увеличивается температура хрупкости;
- увеличивается вязкость.

В наших рассуждениях о битуме как строительном материале невозможно недооценить значимость старения битума. Следует помнить, что битум, встроенный в дорожное покрытие, – это уже битум после технологического старения. Поэтому не без оснований изучается восприимчивость битума к старению. Основным является старение технологическое (при высоких температурах).

С точки зрения качества покрытия требуется проверить, каким изменениям после технологического старения подверглись как минимум основные свойства битума – пенетрация, температура размягчения, вязкость и упругое восстановление (для модифицированного битума). Поэтому был разработан ряд методов испытаний, заданием которых является симуляция процесса старения и в конечном итоге предоставление образцов битумного вяжущего «после старения», предназначенных для дальнейших испытаний.

Одним из наиболее широко используемых тестов является метод технологического старения RTFOT (от англ. *Rolling Thin Film Oven Test*), проводимый в соответствии со стандартом PN-EN 12607-1 «*Битум и битумные вяжущие. Определение стойкости к старению под воздействием тепла и воздуха. Часть 1: Метод RTFOT*». Согласно этому методу тонкий слой битумного вяжущего подвергается воздействию горячего воздуха в течение определенного периода времени.

Образцы битума помещаются в предварительно взвешенные стеклянные контейнеры, установленные на специальном вращающемся диске внутри печи, для проведения теста RTFOT при температуре 163°C с включенным наддувом воздуха. По истечении установленного времени образцы в стеклянных контейнерах вынимаются из печи и охлаждаются до комнатной температуры. Вяжущее, содержащееся в стеклянной таре, прошло тестирование, симулирующее процесс технологического старения, и может быть использовано для дальнейших испытаний.



Рис. 2.24. Общий вид аппаратуры для проведения тестирования технологического старения RTFOT (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

А



В



Рис. 2.25. Стеклянные контейнеры для образцов битума (А) и емкости, размещенные в печи, для проведения теста RTFOT (В) (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

2.2.11. Характеристики после RTFOT

Испытание RTFOT позволяет получить определенное количество состаренного битума. В дальнейшем проводятся испытания, целью которых является изучение, как изменились характеристики вяжущего из-за технологического старения.

2.2.11.1. Остаточная пенетрация после старения

В результате процесса технологического старения пенетрация битума уменьшается. Полученный после испытания RTFOT образец битума подвергается испытанию на пенетрацию при 25°C в соответствии со стандартом PN-EN 1426. Затем вычисляется результат остаточной пенетрации после старения в [%], как процентное соотношение к начальной пенетрации битума до старения RTFOT (принимая пенетрацию свежего битума за 100%).

2.2.11.2. Рост и падение температуры размягчения после старения

После технологического старения температура размягчения битума обычно растет. Для полученного образца битума (после испытания RTFOT) проводится тестирование температуры размягчения в соответствии со стандартом PN-EN 1427. Затем вычисляется результат роста температуры размягчения после старения в [°C], как разница результата температуры размягчения, полученной на образце после старения RTFOT, и результата температуры размягчения несостаренного битума. Требование, ограничивающее повышение температуры размягчения после старения, относится к любому типу битума, используемого в горячих технологиях: дорожного, модифицированного и универсального.

Иногда температура размягчения после испытания RTFOT бывает ниже для некоторого модифицированного битума. Это зависит от используемого модификатора и технологии модификации. Поэтому в спецификации для битума, модифицированного согласно PN-EN 14023, находится дополнительное, необязательное требование определения этой характеристики. Такое требование находится, например, в польском национальном приложении NA к стандарту PN-EN 14023:2011.

2.2.11.3. Изменение массы после старения (абсолютное значение)

В результате процесса технологического старения масса битума может изменяться (расти или падать). Изменение массы после старения определяется в соответствии со стандартом PN-EN 12607-1 (RTFOT). Это изменение составляет разницу массы образца свежего битума и того же образца после теста RTFOT. Окончательный результат является абсолютным значением процентной разницы масс образца до и после испытания на старение.

2.3. Дополнительные характеристики полимер-модифицированного битума

В дальнейшем описаны испытания, которые были специально созданы для полимер-модифицированного битума.

2.3.1. Упругое восстановление

Ни одно традиционное испытание полимер-модифицированного битума не отражает упругих свойств этого материала. Поэтому разработано испытание, для которого частично адаптировано тест на растяжимость. Это испытание на упругое восстановление.

Испытание на упругое восстановление проводится в соответствии со стандартом PN-EN 13398 «*Битум и битумные вяжущие. Определение упругого восстановления модифицированного битума*». Суть испытания заключается в определении условной упругости битума в виде измерения расстояния между концами растянутого и разрезанного образца в определенных условиях.

Образец битума растягивается при установленной температуре (обычно 25°C или 10°C) и при постоянной скорости 50 мм/мин. до растяжения 200 мм. Созданная таким образом битумная нитка разрезается посередине, чтобы получить две части. Через 30 минут измеряется расстояние между двумя концами разрезанного образца. Затем вычисляется результат упругого восстановления, выраженного как процент по отношению к величине удлинения [%].

Определение упругого восстановления (RE) осуществляется по формуле:

$$R_E = \frac{d}{L} 100 \quad [\%]$$

где:

d – расстояние между концами разрезанного образца [мм];

L – растяжение образца, обычно 200 мм (длина может быть меньше, в случае преждевременного разрыва образца) [мм].

Упругое восстановление выражается в процентах, где 0% означает отсутствие упругости, а 100% – полное возвращение к первоначальной форме. В эластомер-модифицированном битуме (в зависимости от количества эластомера) достигается упругое восстановление величиной более 50%, что является основным тестом действия (и наличия) эластомера. Результат испытания указывается с точностью до 1%.

В случае если образец невозможно растянуть до 200 мм (преждевременный разрыв нити), результат определяется для меньшего удлинения, а к результату испытания дается соответствующий комментарий. Согласно стандарту этот результат также можно считать достоверным.

Внимание: форма для образцов, испытываемых на упругое восстановление, отличается от формы для тестирования силы растяжения (смотрите п. 2.3.3.).

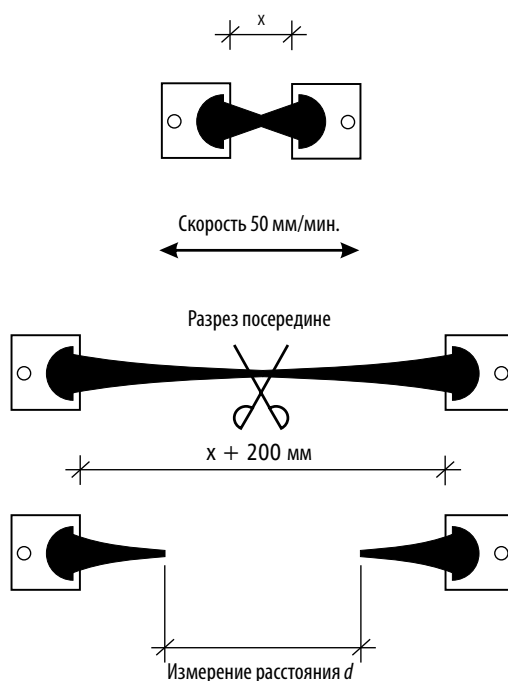


Рис. 2.26. Принцип проведения испытания на упругое восстановление



Рис. 2.27. Общий вид аппаратуры для испытаний на упругое восстановление (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

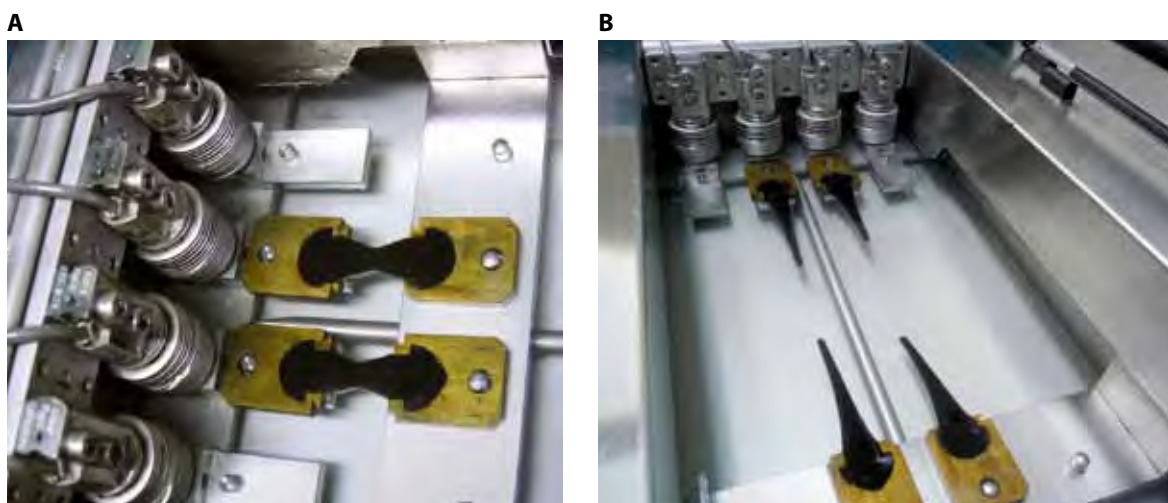


Рис. 2.28. Вид образца битума до (А) и в момент возвращения образца после разреза (В) (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

2.3.2. Упругое восстановление при 25°C после старения RTFOT

Испытание битума на упругое восстановление после старения RTFOT согласно PN-EN 12607-1 проводится в соответствии со стандартом PN-EN 13398, а способ проведения тестирования не отличается от способа тестирования несостаренного битума, приведенного в пункте 2.3.1. Результат испытания отвечает на вопрос, насколько действие полимера (эластомера) останется эффективным после старения, т. е. насколько будет эффективным в реальных условиях работы дорожных покрытий.

2.3.3. Сила растяжения (когезия)

Достаточно высокая когезия битума позволяет ему воспринимать растягивающие нагрузки в покрытии. Предполагается, что благодаря этому покрытие более устойчиво к трещинообразованию.

Испытание на растяжимость (при низкой скорости растяжения) проводится в соответствии со стандартом PN-EN 13589 «Битум и битумные вяжущие. Определение растяжимости модифицированного битума, метод с дуктилометром». Суть испытания заключается в обозначении силы, требуемой для растяжения образца (до соответствующего удлинения) при определенной температуре.

Соответственно сформированный испытуемый образец помещается в водяную баню дуктилометра при соответствующей (определенной для каждого вида модифицированного битума) температуре. Затем образец подвергается равномерному растяжению со скоростью 50 мм/мин. до тех пор, пока удлинение не достигнет, по меньшей мере, 1333% (400 мм). Датчики регистрируют приложенную силу в течение всего процесса растяжения. Окончательный результат вычисляется в соответствии со стандартом PN-EN 13703 «Битум и битумные вяжущие. Определение энергии деформации на основе данных, считанных с устройства». Единицей когезии модифицированного битума является [Дж/см²].

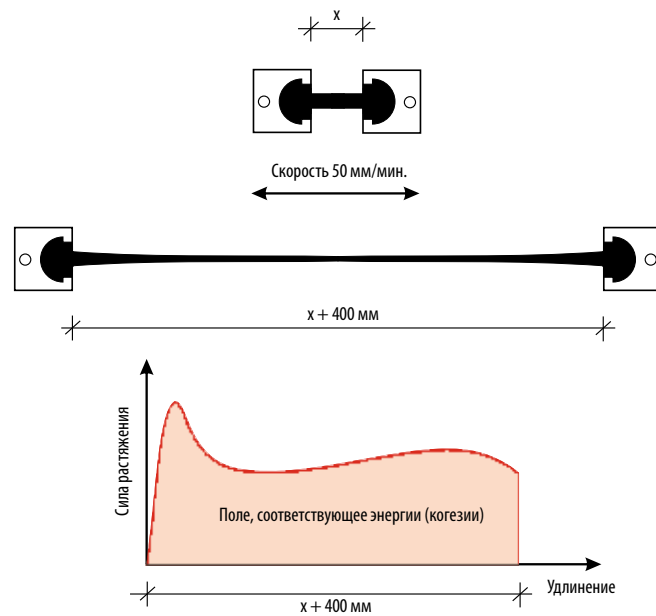


Рис. 2.29. Принцип проведения испытания на растяжение – график зависимости энергии от удлинения

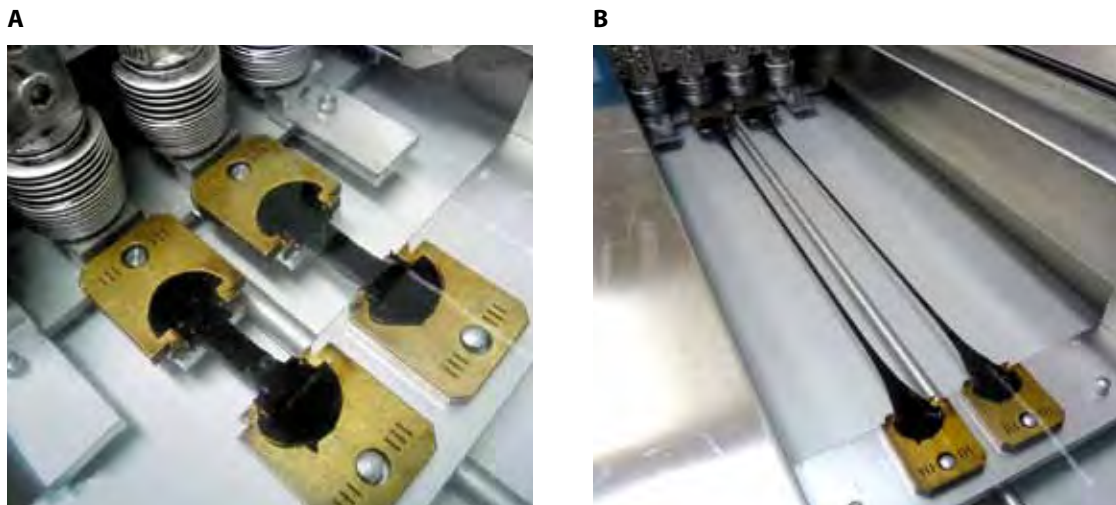


Рис. 2.30. Вид образца битума до (А) и после испытания (удлинен до 400 мм) в аппарате для испытания на растяжение (В) (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

2.3.4. Устойчивость модифицированного битума при хранении

Это испытание принадлежит к группе производственных характеристик и имеет значение для определения времени пригодности модифицированного битума к использованию. Как описано выше, технология производства полимер-модифицированного битума заключается во введении в битум подходящего соответствующего полимера и достижении желаемых характеристик продукта с помощью соответствующей технологии. Несмотря на то что приведенное описание процесса значительно упрощено, производители модифицированного битума сталкиваются с различными трудностями, в том числе несовместимостью битума и полимера, что может привести к отслоению полимера от битума после некоторого времени с момента производства.

Целью испытания на устойчивость является проверка, подвержен ли модифицированный битум риску отслоения полимера от битума. Испытание на устойчивость во время хранения модифицированного битума проводится в соответствии со стандартом PN-EN 13399 «Битум и битумные вяжущие. Определение стабильности при хранении модифицированного битума». Популярно это испытание называется тестом «проверки в трубке», поскольку образцы вяжущего наливаются в металлические трубки.

Помещенный в алюминиевую трубку образец модифицированного битума подвергается нагреву в вертикальном положении при температуре 180°C в течение 72 часов. После этого времени трубке дают остыть. После охлаждения алюминиевую оболочку трубки удаляют, а трубку разрезают на три, приблизительно равные, части. Центральная часть образца выбрасывается. Для верхней и нижней части образца проводится испытание на определение температуры размягчения в соответствии с PN-EN 1427 и, возможно, испытание на пенетрацию при температуре 25°C согласно PN-EN 1426. Результат испытаний устойчивости определяется как разница значений температур размягчения (либо пенетрации при 25°C), полученных для верхней и нижней частей образца модифицированного битума.



Рис. 2.31. Общий вид наполненной и закрытой трубки для проведения «проверки в трубке» и разрезанного на 3 части образца модифицированного битума (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

2.3.5. Микроструктура модифицированного битума

Испытание проводится в соответствии со стандартом PN-EN 13632 «Битум и битумные вяжущие. Визуальная оценка полимерной дисперсии в полимер-модифицированном битуме». Целью испытания является получение информации о том, каким образом дисперсирован полимер в битуме. Испытание проводится на свежем разломе замороженного образца модифицированного битума под флуоресцентным микроскопом с УФ-лампой путем анализа отраженного светового изображения.

Результат, согласно стандарту, определяется как набор буквенных кодов:

Продолжительность фазы:	P: Непрерывная полимерная фаза
	B: Непрерывная битумная фаза
	X: Непрерывность обеих фаз (взаимное пересечение)
Описание фазы:	H: Однородная
	I: Неоднородная
Описание размера:	S: Маленький (< 10 μm)
	M: Средний (от 10 μm до 100 μm)
	L: Большой (> 100 μm)
Описание формы:	r: Круглый, овальный
	s: Продолговатый
	o: Другое

Характеристика модифицированного битума ORBITON в отношении полимерной дисперсии приведена в таблице 5.14 в главе 5.

2.4. Остальные характеристики битума

2.4.1. Содержание компонентов, нерастворимых в н-гептане

Испытание на содержание компонентов нерастворимых в н-гептане проводится в соответствии со стандартом ASTM D 4124 *Standard Test Method for Separation of Asphalt into Four Fractions*. Суть тестирования заключается в определении процентного содержания нерастворимых компонентов в битуме под воздействием растворителя (в этом случае н-гептана). Считается, что полученный результат определяет содержание асфальтенов в вяжущем.

Образец битумного вяжущего подвергается растворению в растворителе (н-гептане). Полученный таким образом раствор фильтруется через слой стеклянного порошка (полученного из стеклянного агломерата) в тигле. Затем нерастворимый материал промывается, сушится и взвешивается. Результат содержания нерастворимых компонентов в н-гептане вычисляется в процентах [% м/м] по отношению к образцу до подвержения действию растворителя.

В настоящее время это требование встречается очень редко.

2.4.2. Содержание парафина

Испытание на определение содержания парафина в битуме можно провести в соответствии со стандартом PN-EN 12606-1 «Битум и битумные вяжущие. Определение содержания парафина. Часть 1: Метод перегонки». Суть испытания заключается в определении процентного содержания парафина в дистилляте битума, полученного в строго определенном процессе перегонки.

Образец битума предварительно нагревается в фарфоровой емкости и помещается в перегонную колбу. Затем битум в колбе подвергается определенным условиям перегонки в процессе нагрева. Полученный путем перегонки дистиллят охлаждается до комнатной температуры и взвешивается. Затем дистиллят растворяется в смеси эфира и этанола, смешанных в соответствующих пропорциях. Полученная смесь охлаждается до температуры -20°C , из нее в процессе фильтрации получаем парафин. Парафин вымывается, экстрагируется и взвешивается, а на основе полученной информации вычисляется содержание парафина в битуме, выраженное в процентном соотношении к массе образца битума [% м/м].

Существует еще один метод определения содержания парафина в битуме, используемый реже – PN-EN 12606-2 «Битум и битумные вяжущие. Определение содержания парафина. Часть 2: Метод экстракции». Результаты, полученные по этому методу обычно выше, чем полученные по методу перегонки.

Следует отметить, что уже несколько лет европейский стандарт PN-EN 12591, а также остальные стандарты, PN-EN 14023 и PN-EN 13924, не содержат требований относительно содержания парафина.

2.4.3. Адгезия битума к минеральным наполнителям

Адгезия (или прилегание) «является формированием связи между поверхностными слоями двух тел (твердых или жидких), приведенных в контакт [4]».

Хорошая адгезия битума к поверхности наполнителя является одним из факторов, влияющих на прочность слоев дорожного покрытия.

К факторам, влияющим на адгезию, можно отнести:

- степень влажности наполнителя;
- запыленность наполнителя;
- микротекстуру зерен наполнителя;
- зернистость минеральной смеси;
- степень кислотности зерен наполнителя;
- физико-химические свойства битума.

Также, в дополнение к вышеупомянутым факторам, для надежной адгезии необходимо, чтобы битум отличался достаточно низкой вязкостью, то есть чтобы был достаточно жидким для покрытия наполнителя. Испытания, проведенные компанией «ОРЛЕН Асфальт», показали также, что адгезия улучшается в зависимости от продолжительности времени хранения горячей асфальтобетонной смеси в складском бункере, т. е. после старения битум лучше прилипает к поверхности зерен наполнителя.

Испытание битума на адгезию к поверхности минерального наполнителя можно провести в соответствии со стандартом PN-EN 12697-11 «Асфальтобетонные смеси. Методы испытаний горячих асфальтобетонных смесей. Часть 11: Определение совместимости между наполнителем и битумом».

Согласно этому стандарту совместимость между наполнителем и битумом определяется как визуально определенная степень покрытия вяжущим зерен незагустевшей асфальтобетонной смеси, подвергнутой процедуре:

- смешивания в воде в прокатываемых бутылках в определенный период времени (метод А);
- погружения в воду в течение 48 часов (метод В);
- использования кислоты (HCl или HF) и раствора фенолфталеина в качестве индикатора и кипячения в воде в течение 10 минут (метод С).

Для испытания используется наполнитель соответствующей фракции. Наполнитель промывается, сушится и смешивается с вяжущим, чтобы получить равномерное покрытие. Процедуру определяет стандарт в зависимости от того, какой метод использован для проведения испытания.



Рис. 2.32. Буылки для испытания отмытия вяжущего от наполнителя по методу А в аппарате для обкатки согласно PN-EN 12697-11 (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт»)



Рис. 2.33. Образцы минерального наполнителя после проведения испытания по методу А согласно PN-EN 12697-11 (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт»)

Тесты, проверяющие адгезию вяжущего к наполнителю, в испытаниях асфальтобетонных смесей

Кроме непосредственного тестирования прочности прилегания битума к наполнителю, как в выше изложенных методах, проводятся различные методы испытания образцов битума на водо- и морозостойкость, которые косвенно отвечают на вопрос, касающийся прочности соединения битум-наполнитель. Испытанием, проводимым в Польше, является метод согласно PN-EN 12697-12 «Асфальтобетонные смеси. Методы испытаний горячих асфальтобетонных смесей. Часть 12: Определение водостойкости битумных образцов», т. е. уход за образцами асфальтобетонных смесей, изготовленных по методу вдавливания (так называемые образцы Маршалла) и подвергнутых расщеплению. Полученное таким образом значение ITSR является мерой водо- и морозостойкости асфальтобетонной смеси (если используется цикл охлаждения). Аналогичным методом, хотя и не идентичным, является американский метод по AASHTO T 283, т. наз. *modified Lottman test*.

2.4.4. Метод старения PAV

В пункте 2.2.10., касающемся технологического краткосрочного старения, описан метод RTFOT. Было также отмечено, что существует еще один вид старения, которым является **эксплуатационное старение**. Оно происходит во время эксплуатации асфальтобетонных покрытий и заключается в воздействии на вяжущее кислорода, ультрафиолетовых лучей, веществ, содержащихся в дождевых водах, химических веществ, используемых для борьбы с обледенением и т. п. Эксплуатационное старение приводит к постепенному изменению свойств битума в течение многих лет использования дорожного покрытия. В результате этого происходит постепенное, хотя и медленное, отверждение битума.

Для испытаний вяжущего на восприимчивость к эксплуатационному старению создан аппарат PAV Pressure Aging Vessel (PAV) – камера старения под давлением. Испытание в PAV можно выполнить согласно ASTM D6521/AASHTO R28 *Standard Practice for Accelerated Aging of Asphalt Binder Using a Pressurized Aging Vessel (PAV)*, либо согласно PN-EN 14769 «*Битум и битумные вяжущие. Ускоренное долгосрочное старение в камере старения под давлением (PAV)*».

Битум, подвергаемый испытаниям PAV, в первую очередь подвергается тесту RTFOT и, таким образом, сначала мы имеем технологическое старение (как на АБЗ), а потом эксплуатационное (на дороге). Контейнер с битумом подвергается давлению 2.1 МПа в течение 20 часов и температуре, зависимой от типа PG¹ (90°C, 100°C или 110°C). Весь процесс должен симулировать период 7–10 лет старения битума в дорожном покрытии.

Образцы состаренного в PAV битума используются для изучения характеристик битума при низких температурах (трещинообразование) и промежуточных температурах (усталость) в соответствии с методикой Supergrave. В европейские стандарты, содержащие требования для дорожных вяжущих, до сих пор не введены требования, связанные с испытанием в PAV.

2.4.5. Метод BBR

Для определения низкотемпературных свойств битума используется в США (как часть системы Performance Grade), а также в Европе, в качестве дополнительного метода метод реометра с изгибающейся балкой (англ. *BBR – Bending Beam Rheometer*).

Метод был стандартизирован в США как ASTM D6648 *Standard Test Method for Determining the Flexural Creep Stiffness of Asphalt Binder Using the Bending Beam Rheometer (BBR)* и в Европе как PN-EN 14771 «*Битум и битумные вяжущие. Определение сопротивления ползучей жесткости при изгибе. Реометр с изгибающейся балкой (BBR)*».

Испытание BBR проводится в полностью автоматическом режиме в установленных температурных циклах, напр. -10°, -16°, -22°, -28°, -34°C. Соответственно сформированная битумная балочка, размером поперечного сечения (12,70 ± 0,05 мм высота, 6,35 ± 0,5 мм ширина), свободно подпертая (расстояние между опорами 127 ± 0,02 мм), подвергается постоянной вертикальной нагрузке в половине расстояния между опорами. В результате действия постоянной силы происходит ее постепенная деформация (изгиб). На основании прочностной зависимости аппарат вычисляет в функции времени так наз. «*ползучую жесткость*» $S(t)$ и так наз. параметр «*t*», определяющий, как меняется жесткость в период нагрузки. Данные для вычислений используются с 60-ой секунды процесса нагрузки в каждом температурном цикле. Характер кривой деформации образца и момент чтения данных для вычислений приведены на рисунке 2.34.

1) Описание американской системы PG (Performance Grade) содержит глава 7.

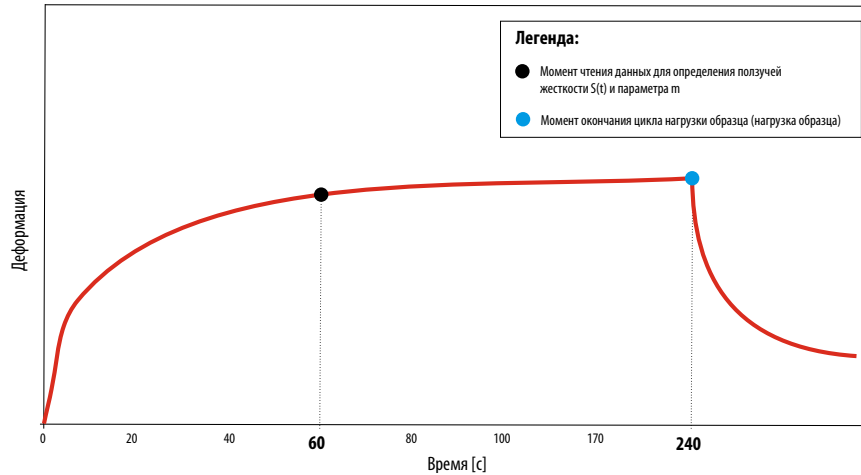


Рис. 2.34. Характер кривой деформации образца и момент чтения данных для вычислений ползучей жесткости $S(t)$ и параметра « m » в единичном температурном цикле процесса нагрузки

Располагая набором результатов вычислений (ползучая жесткость и параметр m) в анализируемых температурных циклах, напр. -10° , -16° , -22° , -28° , -34°C , определяем так наз. «нижние критические температуры» $T(S)_{60}^2$ и $T(m)_{60}^3$ и ползучую жесткость в температуре -16°C , $S(T)_{-16}$. Способ определения критических температур $T(S)_{60}$, $T(m)_{60}$ и ползучей жесткости $S(T)_{-16}$ приведен на рисунке 2.35.

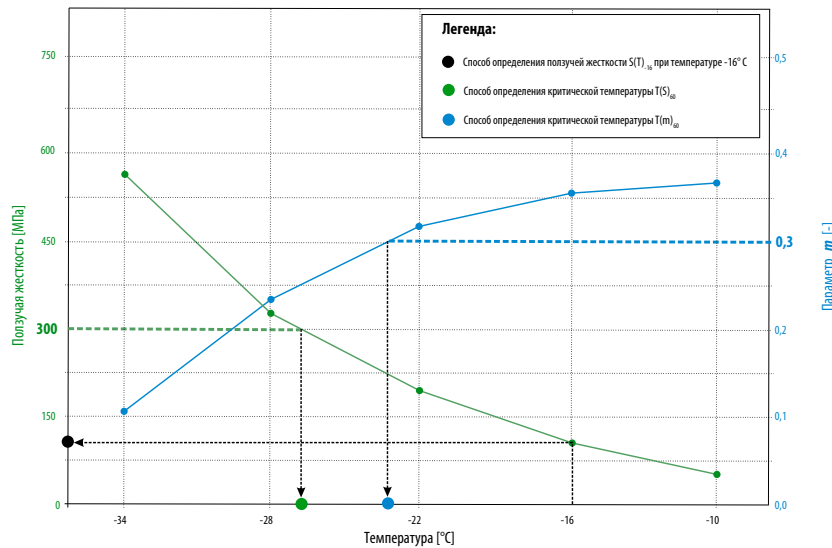


Рис. 2.35. Способ определения критических температур $T(S)_{60}$, $T(m)_{60}$ и ползучей жесткости $S(T)_{-16}$ на основе данных, полученных в температурных циклах -10° , -16° , -22° , -28° и -34°C

Результаты тестирования битума в BBR ($T(S)_{60}$, $T(m)_{60}$ и ползучей жесткости $S(T)_{-16}$) для вяжущих, производимых компанией «ОРЛЕН Асфальт», приведены в главах 4 и 5.

- 2) Критическая температура $T(S)_{60}$ определяется при предположении, что ползучая жесткость $S(60)$ должна быть ≤ 300 МПа, что должно обеспечить устойчивость асфальтобетонной смеси, изготовленной из испытуемого битума, к трещинообразованию, следовательно, $T(S)$ – это температура, при которой жесткость вяжущего составляет ровно 300 Мпа [4].
- 3) Критическая температура $T(m)_{60}$ определяется при предположении, что значение параметра $m(60)$ должно быть $\geq 0,3$, что связано с тем, что в битумах, отличающихся высоким параметром m ($\geq 0,3$), более эффективно происходит релаксация напряжений, возникающих в вяжущем во время падения температуры [4]. Следовательно, $T(m)_{60}$ является температурой, при которой параметр m равен 0,3.

2.4.6. Метод DSR

Определение сложных реологических свойств битума теперь возможно в реометре динамического сдвига (англ. *DSR Dynamic Shear Rheometer*), рис. 2.36. Среди параметров, наиболее часто изучаемых в этом устройстве, находятся модуль жесткости битума и угол сдвига фаз, испытываемые в различных диапазонах температур и частот.

Испытание нормализовано как AASHTO T 315 (*Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR)*), а также PN-EN 14470 «Битум и битумные вяжущие. Определение комплексного модуля сдвига и угла сдвига фаз в реометре динамического сдвига (DSR)».

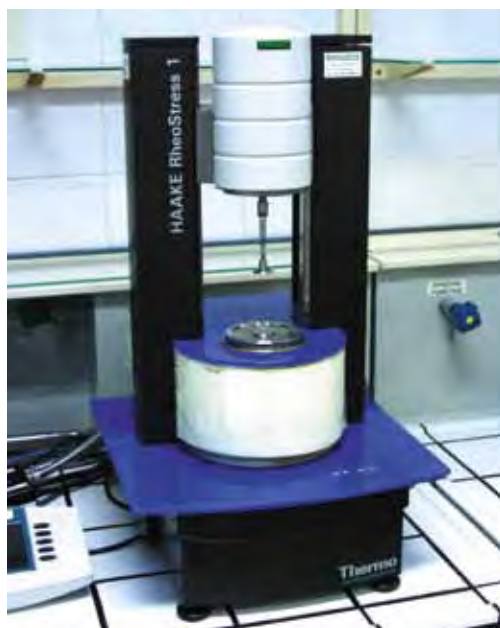


Рис. 2.36. Общий вид реометра DSR (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт», любезно предоставлено ООО «ОРЛЕН Лаборатория»)

Испытание модуля жесткости⁴ (G^*) и угла сдвига фаз (δ) в DSR проводится (аналогичным образом, как и BBR) в полностью автоматическом режиме в определенных температурных циклах, напр. от 10° до 82°C, с шагом, напр., каждые 6°C. Соответственно сформированный битумный «цилиндр» размерами, соответственно:

- 8 мм диаметром и 2 мм высотой – для испытаний при температуре 10 ÷ 46°C,
- 25 мм диаметром и 1 мм высотой – для испытаний при температуре 46 ÷ 82°C.

подвергается в реометре динамического сдвига DSR осцилляционному сдвигу с частотой 10 рад/с (1,59 Гц). Используя теорию вязкоупругих тел, которая предполагает, что модуль жесткости состоит из «вязкой» и «эластичной» составляющих, а между ними возникают зависимости, как показано на рисунке 2.36, испытательная аппаратура вычисляет следующие зависимости:

- $G^*/\sin\delta$ для испытываемого образца несостаренного битума;
- $G^*/\sin\delta$ для испытываемого образца битума, состаренного по методу RTFOT;
- $G^*\cdot\sin\delta$ для испытываемого образца битума, состаренного по методам RTFOT+PAV.

4) Комплексный модуль сдвига G^* .

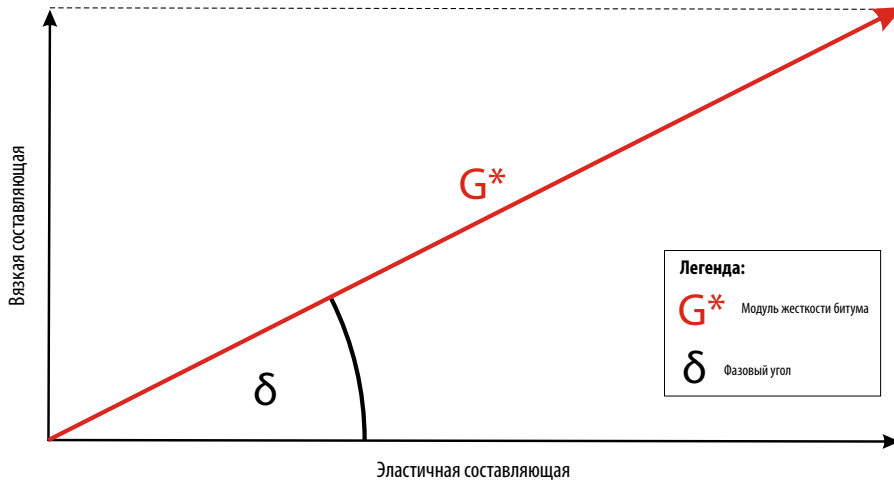


Рис. 2.37. «Вязкая» и «эластичная» составляющие битума и система зависимостей между ними

Располагая набором вычислительных данных ($G^*/\sin\delta$ и $G^*\sin\delta$ для битума, не состаренного по методам RTFOT и RTFOT+PAV), в анализируемых температурных циклах, напр. от 10° до 82°C, с шагом, напр., каждые 6°C, определяются т. наз. «верхние критические температуры» т. е.:

- Ткрит. (для несостаренного битума, при которой температура $G^*/\sin\delta = 1,0$ кПа)⁵;
- Ткрит. (для битума, состаренного по методу RTFOT, при которой температура $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа)⁶;
- Ткрит. (для битума, состаренного по методам RTFOT+PAV, при которой температура $G^*\sin\delta = 5000$ кПа)⁷.

Способ определения критической температуры Ткрит. (для несостаренного битума, после RTFOT и после RTFOT+PAV) приведен на рисунке 2.38.

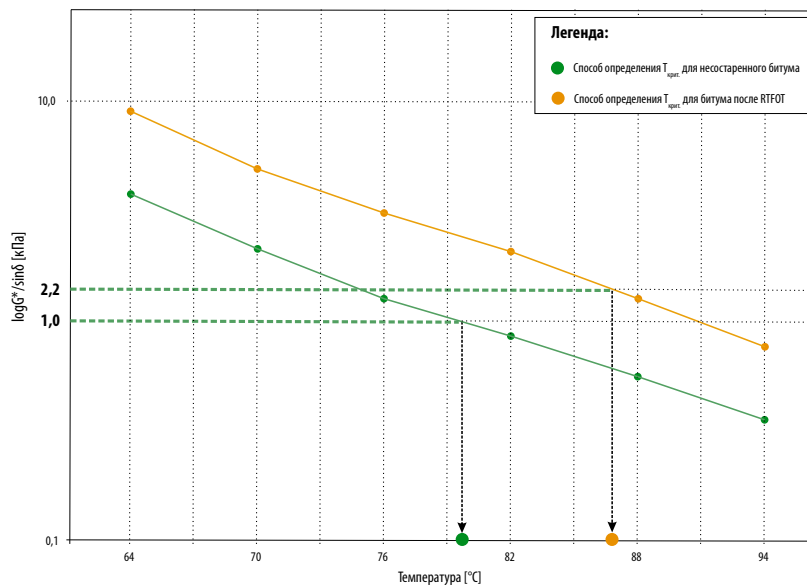


Рис. 2.38. Способ определения критической температуры Ткрит. для несостаренного битума и после RTFOT на основании данных, полученных в температурных циклах, напр. от 10° до 82°C, с шагом, напр., каждые 6°C

- 5) Для того чтобы асфальтобетонная смесь отличалась стойкостью к колееобразованию, установлено, что значение $G^*/\sin\delta$ для свежего битума не должно быть ниже, чем 1,0 кПа [www.pavementinteractive.org].
- 6) Для того чтобы асфальтобетонная смесь отличалась стойкостью к колееобразованию, установлено, что значение $G^*/\sin\delta$ для битума после старения по методу RTFOT не должно быть ниже, чем 2,2 кПа [www.pavementinteractive.org].
- 7) Для того чтобы асфальтобетонная смесь отличалась стойкостью к усталостному трещинообразованию, установлено, что значение $G^*\sin\delta$ для битума после старения по методам RTFOT+PAV не должно превышать 5000 кПа [www.pavementinteractive.org], тогда как, согласно новейшим решениям в США, дороги, загруженные наиболее интенсивным движением, требуют 6000 кПа.

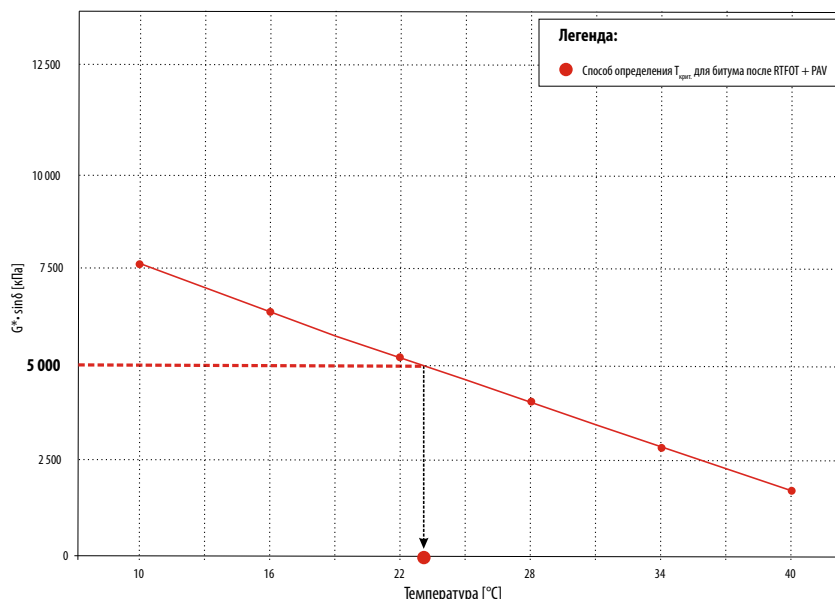


Рис. 2.39. Способ определения критической температуры $T_{крит}$ для битума после RTFOT на основании данных, полученных в температурных циклах, напр. от 10° до 82°C, с шагом, напр., каждые 6°C

Результаты испытаний битума в DSR ($T_{крит}$ для несостаренного битума, после RTFOT и после RTFOT+PAV) приведены в главах 4 и 5.

2.4.7. Метод MSCR

Суть тестирования в **MSCR** (*Multiple Stress Creep Recovery test*) (Тест многочисленных напряжений, ползучести и восстановления) заключается в измерении некоторых характеристик вяжущего для определения влияния вяжущего на стойкость ММА к остаточной деформации (колеобразование), а также оценку степени и эффективности модифицирования полимерами. Испытание проводится на соответственно настроенном реометре DSR, который изображен на рисунке 2.34.

Испытание MSCR проводится 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)* и ASTM D7405: *Standard Test Method for Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR) of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*.

Образец битума в форме цилиндра высотой 1 мм и диаметром 25 мм помещается между ротором и термостатированным основанием реометра динамического сдвига DSR, а затем подвергается действию цикла приложения напряжения в течение 1 секунды и восстановления в течение 9 секунд. Количество циклов приложения напряжения и восстановления составляет в целом 10. В общем, можно сказать, что в течение всего процесса испытания анализируются 2 механизма:

- **механизм «изгиба» (ползучести) образца вяжущего** – на протяжении 1 секунды приложения напряжения;
- **механизм «восстановления» образца вяжущего** – на протяжении 9 секунд отжига (после устранения приложенного напряжения).

Характер кривой деформации образца во время испытания MSCR (10 циклов напряжения и восстановления) приведен на рисунке 2.40.

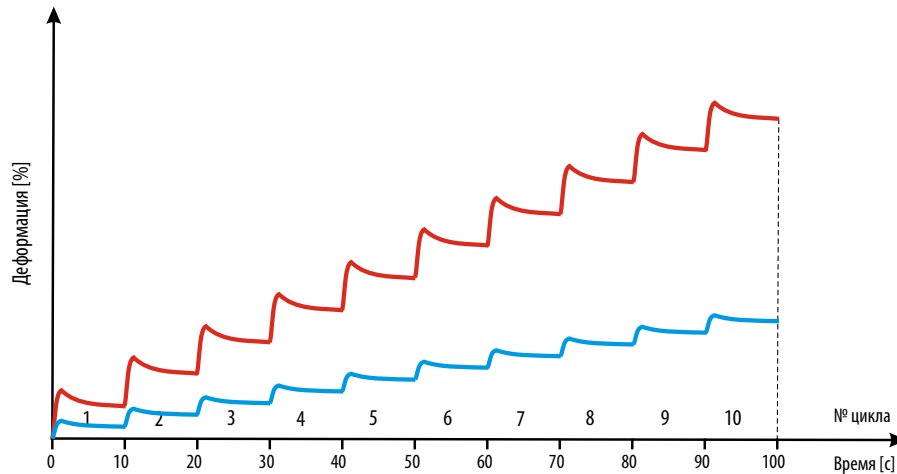


Рис. 2.40. Характер кривой деформации во время испытания MSCR (напр. при напряжении 0,1 или 3,2 кПа) для двух разных образцов битума. Характер деформации позволяет быстро сравнить характеристики битумов: на рисунке битум, выделенный синим цветом, отличается лучшими характеристиками, чем битум, выделенный красным цветом (разная восприимчивость к деформации).

Испытание выполняется на вяжущем после старения RTFOT при двух значениях напряжения, напр. 0,1 кПа и 3,2 кПа (значения, указанные в ASTM D 7405), при самой высокой температуре, при которой покрытие, изготовленное из ММА с помощью этого вяжущего, должно эксплуатироваться. В результате испытания получаем две пары результатов: «безвозвратную часть модуля уязвимости⁸», т. е. т. наз. параметр J_{nr} в $[кПа^{-1}]$ и «упругую деформацию⁹» R [%] при двух значениях приложенного напряжения в 0,1 кПа и 3,2 кПа. Обе характеристики определяются после каждого из 10 циклов. Конечный результат представляет собой пару параметров J_{nr} и R , вычисленных как среднее арифметическое значение результатов, полученных в 10 циклах. Суть характеристик J_{nr} и R в течение одного цикла приведена на рисунке 2.41.

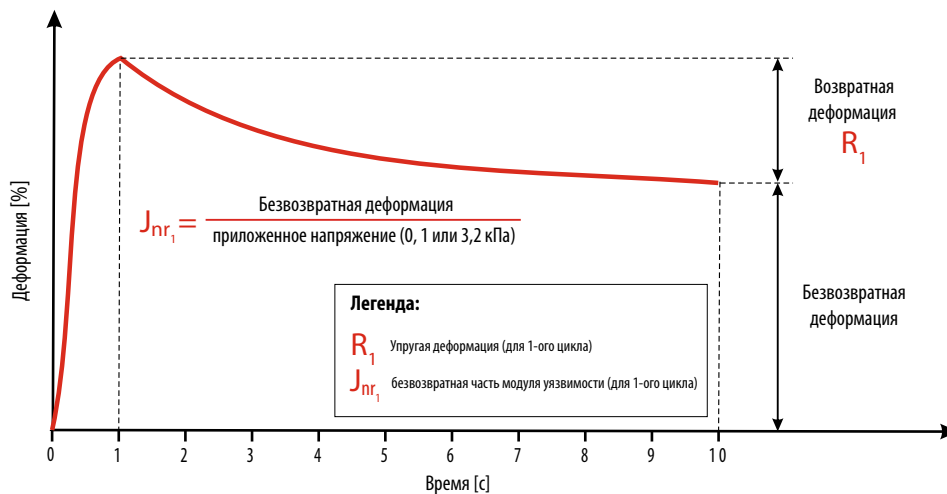


Figure 2.41. Суть характеристик J_{nr} и R в течение одного цикла напряжения и восстановления

8) От англ. *Non-recoverable creep compliance*.
9) От англ. *Recovery*.

Кроме того, на основе испытуемых значений J_{nr} и R при двух приложенных напряжениях от 0,1 кПа до 3,2 кПа определяются еще дополнительные параметры, такие как $J_{nr\ diff}$ и R_{diff} , составляющие меру чувствительности вяжущего к изменениям приложенного напряжения.

Результаты испытаний битума по методу MSCR (J_{nr} и R в 0,1 кПа, J_{nr} и R в 3,2 кПа, а также $J_{nr\ diff}$ и R_{diff}) приведены в главах 4 и 5.



Глава 3

ОБЗОР СТАНДАРТОВ EN 12591 И EN 14023

3.1. Введение

Стандарты EN 12591 и EN 14023 входят в состав пакета европейских стандартов для битумных вяжущих. Первый из них касается дорожного битума с датой последнего обновления в 2009 году (EN 12591:2009), а второй – модифицированного битума, последнее обновление которого было выполнено в 2010 году (EN 14023:2010).

Стандарты EN 12591:2009 и EN 14023:2010 являются мандатными (т. е. разработанными на основе мандатов, т. е. поручений Европейской комиссии). Первоначально эти стандарты поддерживали основные требования директивы ЕС Строительные материалы 89/106/ЕЭС (*EU Construction Products Directive (89/106/EEC)*), отмененной с 30.06.2013 регламентом Европейского парламента и Совета № 305/2011. С 07.01.2013 строительные материалы (в том числе битумные вяжущие) подлежат новому постановлению № 305/2011.

На рисунке 3.1. приведено состояние вышеупомянутых стандартов (текущее и целевое состояние в 2014 году) в системе европейских стандартов для битумных вяжущих.

Рис. 3.1. Присвоение европейских стандартов различным типам вяжущих. (А) Текущее состояние – до публикации стандарта EN 13924-2. (В) Целевое состояние (2014) – после публикации стандарта EN 13924-2 и изменения стандарта EN 13924 на EN 13924-1. Стандарты, указываемые в данной главе, выделены цветным фоном.

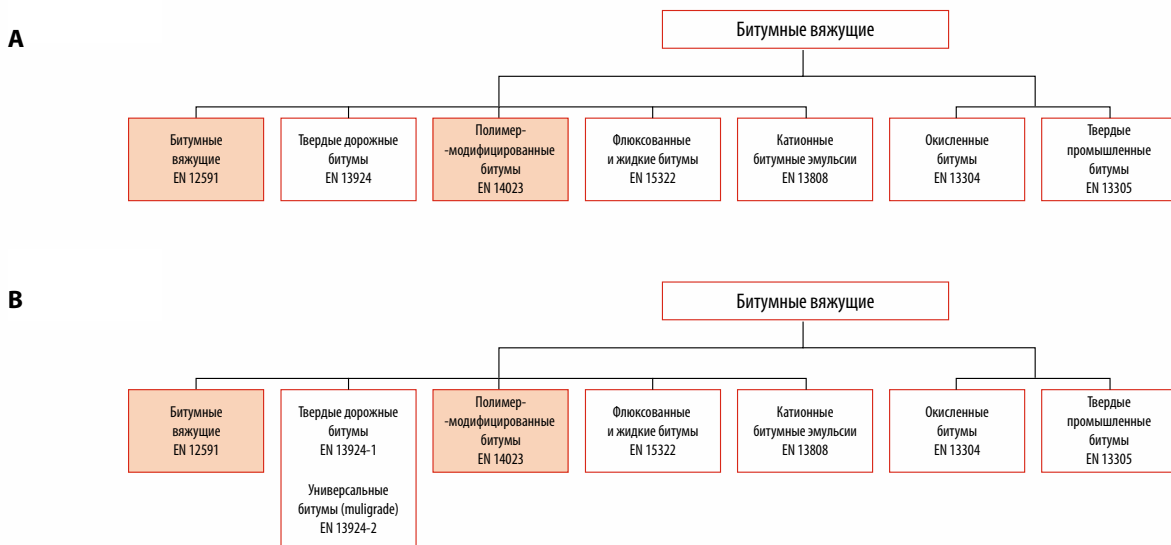


Рис. 3.1. Присвоение европейских стандартов различным типам вяжущих. (А) Текущее состояние – до публикации стандарта EN 13924-2. (В) Целевое состояние (2014) – после публикации стандарта EN 13924-2 и изменения стандарта EN 13924 на EN 13924-1. Стандарты, указываемые в данной главе, выделены цветным фоном.

3.2. Систематика обозначения битумных вяжущих

В таблице 3.1. приведена систематика маркировки битумных вяжущих, которые производятся в соответствии с европейскими стандартами EN 12591 и EN 14023.

Таблица 3.1. Систематика маркировки битумных вяжущих, которые производятся в соответствии с европейскими стандартами EN 12591 и EN 14023

Битумное вяжущее	Дорожный битум	Модифицированный битум
Справочный документ	EN 12591:2009	EN 14023:2010
Нормативная маркировка битумного вяжущего	XX/YY	РМВ XX/YY-Z
Сорт битумного вяжущего, производимого компанией «ОРЛЕН Асфальт»	20/30 35/50 50/70 70/100 100/150 160/220	ORBITON 10/40-65 ORBITON 25/55-55 EXP ¹⁾ ORBITON 25/55-60 ORBITON 25/55-60 EXP ²⁾ ORBITON 25/55-65 EXP ³⁾ ORBITON 45/80-55 ORBITON 45/80-55 EXP ⁴⁾ ORBITON 45/80-65 ORBITON 65/105-60
<p>1) Сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенного для немецкого рынка. 2) Сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенного для чешского рынка. 3) Сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенного для чешского, венгерского, румынского и словацкого рынков. 4) Сорт модифицированного битума ORBITON, предназначенного для литовского, латвийского и эстонского рынков.</p> <p>Объяснения обозначений:</p> <p>XX – нижний предел пенетрации при 25° С данного сорта битума [0,1 мм]; YY – верхний предел пенетрации при 25° С данного сорта битума [0,1 мм]; Z – нижний предел температуры размягчения (КиШ) [° С] согласно EN 1427; РМВ – аббревиатура происходит от «polymer modified bitumen» (обычно заменяется торговым названием производителя).</p>		

3.3. Требования стандартов EN 12591 и EN 14023

Стандарты EN 12591 и EN 14023 содержат правила выбора характеристик и соответствующих им методов испытаний, а также требований к битуму, предназначенному для строительства и содержания дорог, аэродромов и других поверхностей, предназначенных для движения транспортных средств.

Стандарт EN 12591:2009 «*Битум и битумные вяжущие. Требования к дорожным битумам*» является стандартом, подлежащим частичной классификации, т. е. оставляет странам-членам ЕКС (European Committee for Standardization (Европейский комитет по стандартизации)) выбор в указании некоторых комбинаций требований, при чем большинство требований является постоянными.

Стандарт EN 14023:2010 «*Битум и битумные вяжущие. Принципы классификации битума, модифицированного полимерами*» не устанавливает жестких требований для отдельных марок битума (как напр. большинство записей в EN 12591:2009), но является стандартом классификационным, т. е. содержащим набор характеристик и присвоенный им ряд различных уровней требований (называемых классами).

3.4. Национальные аппликационные документы

Европейские стандарты EN 12591 и EN 14023 предполагают, что каждая страна-член ЕКС предпримет выбор характеристик и присвоенных им уровней требований в виде так называемых Аппликационных документов к обсуждаемым стандартам. Страны-члены должны разработать такие документы, например в виде «Национальных приложений» к стандартам или в виде информации с указанными требованиями, помещенной в общих отдельных документах, касающихся материалов и технологий изготовления асфальтобетонных покрытий. Такая процедура позволяет каждой стране определить свои собственные требования, которыми должны отличаться битумные вяжущие, используемые на ее территории. Причиной этого являются разные климатические условия в разных частях Европы, а также многие другие технологические факторы. «Национальные приложения» и документы, относящиеся к материалам и технологиям изготовления асфальтобетонных покрытий, содержащие требования, касающиеся битума, называются далее национальными требованиями.

В таблицах 3.2 и 3.3 **красным** цветом, выделены, к примеру, требования к дорожному битуму 35/50. Аналогичным образом созданы спецификации для остального дорожного битума (т. наз. Национальные приложения) для использования их на территориях определенной страны.

Таблица 3.2. Требования к дорожному битуму с пенетрацией от 20×0,1 мм до 220×0,1 мм согласно стандарту EN 12591:2009 (характеристики всего дорожного битума, перечисленного в этой таблице). Пример выбора характеристики для дорожного битума 35/50.

Показатель	Метод испытания	Единица	Сорт дорожного битума					
			20/30	35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Пенетрация при 25°C	PN-EN 1426	0,1 мм	20-30	35-50	50-70	70-100	100-150	160-220
Температура размягчения	PN-EN 1427	°C	55-63	50-58	46-54	43-51	39-47	35-43
Устойчивость к старению 163°C	PN-EN 12607-1 (метод RTFOT)	%						
Остаточная пенетрация			≥ 55	≥ 53	≥ 50	≥ 46	≥ 43	≥ 37
Повышение температуры размягчения – вариант 1 или			≤ 8	≤ 8	≤ 9	≤ 9	≤ 10	≤ 11
Повышение температуры размягчения – вариант 2 ^a			или ≤ 10	или ≤ 11	или ≤ 11	или ≤ 11	или ≤ 12	или ≤ 12
Изменение массы ^b (абсолютное число)		%	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 0,8	≤ 0,8	≤ 1,0
Температура вспышки	PN-EN ISO 2592	°C	≥ 240	≥ 240	≥ 230	≥ 230	≥ 230	≥ 220
Растворимость	PN-EN 12592	%	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0	≥ 99,0
<small>a – в случае выбора варианта 2 следует его связать с требованиями, касающимися температуры хрупкости по Фраусу, или индекса пенетрации, или этими двумя показателями, определенными для вяжущего после процесса старения. b – изменение массы может принимать значение отрицательное или положительное.</small>								

Таблица 3.3. Требования к дорожному битуму с пенетрацией от 20×0,1 мм до 220×0,1 мм согласно стандарту EN 12591:2009 (характеристики, соответствующие законодательству или другим национальным условиям). Пример выбора характеристики для дорожного битума 35/50 (продолжение)

Показатель	Метод испытания	Единица	Сорт дорожного битума					
				35/50	50/70	70/100	100/150	160/220
Индекс пенетрации	PN-EN 12591 Приложение А	–	-1.5 to +0.7	-1.5 to +0.7	-1.5 to +0.7	-1.5 to +0.7	-1.5 to +0.7	-1.5 to +0.7
			или NR ^b	или NR^b	или NR ^b	или NR ^b	или NR ^b	или NR ^b
Динамическая вязкость при 60°C	PN-EN 12596	Па · с	≥ 440	≥ 225	≥ 145	≥ 90	≥ 55	≥ 30
			или NR ^b	или NR ^b	или NR ^b	или NR ^b	или NR ^b	или NR ^b

Температура хрупкости по Фраасу ^a	PN-EN 12593	°C	NR ^b	≤ -5 или NR ^b	≤ -8 или NR ^b	≤ -10 или NR ^b	≤ -12 или NR ^b	≤ -15 или NR ^b
Кинематическая вязкость при 135°C	PN-EN 12595	мм ² /с	≥ 530 или NR ^b	≥ 370 или NR ^b	≥ 295 или NR ^b	≥ 230 или NR ^b	≥ 175 или NR ^b	≥ 135 или NR ^b
<p>a – в случае выбора варианта 2 следует его связать с требованиями, касающимися температуры хрупкости по Фраасу, или индекса пенетрации, или этими двумя показателями, определенными для вяжущего после процесса старения.</p> <p>b – NR – нет требований, можно применять тогда, когда для данного показателя нет национальных требований на месте планируемого применения.</p>								

Подобным образом создаются национальные спецификации для полимер-модифицированного битума в соответствии со стандартом EN 14023. При этом количество свойств и количество доступных классов (уровней требований) намного выше, чем в EN 12591.

В таблицах 3.4, 3.5 и 3.6 рамками **красного** цвета выделены, к примеру, основные и дополнительные требования к модифицированному битуму ORBITON PMB 45/80-55 EXP. Аналогичным образом созданы спецификации для остального полимер-модифицированного битума.

Таблица 3.4. Правила классификации полимер-модифицированного битума – характеристики, применяемые ко всему полимер-модифицированному битуму (стандарт EN 14023:2010). Пример выбора характеристик для модифицированного битума ORBITON 45/80-55 EXP

Показатель	Метод испытания	Единица	Классы требований для всего полимер-модифицированного битума										
			2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	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 ^a	Сила растяжения по методу с дуктилометром ^a (растяжение 50 мм/мин.) или	EN 13589 после EN 13703	Дж/см ²	≥ 3 at 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 5°C	≥ 2 при 15°C	≥ 0.5 при 20°C	≥ 0.5 при 25°C
	Непосредственное растяжение ^a (растяжение 100 мм/мин.) или	EN 13587 после EN 13703	Дж/см ²	≥ 3 при 5°C	≥ 2 при 5°C	≥ 1 при 5°C	≥ 3 при 0°C	≥ 3 при 10°C					
	Маятниковый прибор Виалит (Vialit) ^a (ударный метод)	EN 13588	Дж/см ²	≥ 0.7									
Устойчивость к старению ^b	Остаточная 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 ^c		°C	≤ 0.3	≤ 0.5	≤ 0.8	≤ 1.0						
Температура вспышки	EN ISO 2592	%	≥ 250	≥ 235	≥ 220								
<p>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.</p> <p>b) Основным методом испытания является RTFOT при 163°C. Для некоторого полимер-модифицированного битума, вязкость которого слишком большая 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.</p> <p>c) Изменение массы может принимать значение отрицательное или положительное.</p>													

Таблица 3.5. 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 ^a	TBR ^b	≤ 0	≤ -5	≤ -7	≤ -10	≤ -12	≤ -15	≤ -18	≤ -20	≤ -22
Упругое восстановление	при 25°C или ^c	EN 13398	%	NR ^a	TBR ^b	≥ 80	≥ 70	≥ 60	≥ 50				
	при 10°C	EN 13398	%	NR ^a	TBR ^b	≥ 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 3.6. 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 ^a	TBR	≥ 85	≥ 80	≥ 75	≥ 70	≥ 65	≥ 60
Понижение температуры размягчения после старения EN 12607-1	EN 1427	°C	NR ^a	TBR	≤ 2	≤ 5				
Упругое восстановление при 25°C после испытания согласно EN 12607-1	EN 13398	%	NR ^a	TBR	≥ 70	≥ 60	≥ 50			
Упругое восстановление при 10°C после испытания согласно EN 12607-1	EN 13398	%	NR ^a	TBR	≥ 50					
Устойчивость при хранении ^b Разница температуры размягчения	EN 13399 EN 1427	°C	NR ^a	TBR ^b	≤ 5					
Устойчивость при хранении ^b Разница пенетрации	EN 13399 EN 1426	0.1 мм	NR ^a	TBR ^b	≤ 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. Тенденция полимер-модифицированного битума к разделению компонентов может оцениваться с помощью показателя устойчивости при хранении (смотри 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.

3.5. Оценка соответствия стандартам EN 12591 и EN 14023

В приложениях ZA к стандартам EN 12591:2009 и EN 14023:2010 установлены условия маркировки CE. Приложения ZA содержат дополнительно процедуру оценки соответствия битумных вяжущих и разделение заданий между производителем и уполномоченным органом, раздел, касающийся сертификата и декларации потребительских характеристик (ранее – декларации о соответствии¹⁾), а также маркировки CE и этикетирования.

Битумные вяжущие для строительства дорог и поверхностных укреплений включены в систему оценки соответствия «2+». Согласно этой системе, производитель должен установить, задокументировать и поддерживать систему Заводского производственного контроля (от англ. Factory Production Control), подтвержденную сертификатом ЗПК (выданным уполномоченным органом). Кроме того, производитель должен иметь план испытаний образцов и провести испытания такого типа для каждого изделия. Система ЗПК должна состоять из процедур, регулярных проверок и испытаний и/или оценок, а результаты должны


1) Действующий в настоящее время регламент Европейского парламента и Совета № 305/2011, который отменил Директиву 89/106/ЕЭС Строительные материалы, изменил название «декларации о соответствии» на «декларацию потребительских свойств» вместе с необходимой информацией, которая должна в ней содержаться.

быть использованы для оценки качества готового изделия. Номера сертификатов ЗПК для производственных подразделений Группы «ОРЛЕН Асфальт» приведены в главе 1.

Оценка соответствия характеристик битумных вяжущих требованиям оговариваемых стандартов, с указанными в них значениями (в том числе сортов), должна быть продемонстрирована посредством:

- выполнения предварительного испытания каждого сорта битума;
- внедрения и функционирования производственного контроля (ЗПК).

На рисунке 3.2. приведен пример информации, прилагаемой к маркировке CE дорожного битума 50/70 производства «ОРЛЕН Асфальт» 2013 года.

 1434
ORLEN Asphalt sp. z o.o. PRODUKCJA PŁOCK PRODUCTION PŁOCK 09-411 Płock, ul. Chemików 7 Poland 13 3/CPR/2013
PN-EN 12591:2010 Дорожный битум: 50/70 Paving grade bitumen: 50/70 Пенетрация при 25°C <i>(Penetration at 25°C)</i>50-70 0,1 мм Температура размягчения <i>(Softening Point R&B)</i>46 – 54°C Устойчивость к старению при 163°C (EN 12607-1) <i>(Resistance to hardening at 163°C (EN 12607-1))</i> Остаточная пенетрация при 25°C после старения <i>(Retained penetration at 25°C after RTFOT)</i>50% Повышение температуры размягчения после старения <i>(Increasing of Softening Point R&B after RTFOT)</i>9°C Изменение массы после старения <i>(Change of mass after RTFOT)</i>0,5% Температура вспышки <i>(Flash point (COC))</i>230°C Содержание растворимых компонентов <i>(Solubility in toluene)</i>99,0% м/м Динамическая вязкость при 60°C <i>(Dynamic viscosity at 60°C)</i>≥ 145 Па·с Температура хрупкости <i>(Fraass breaking point)</i>-8°C Индекс пенетрации <i>(Penetration Index)</i>NR Кинематическая вязкость при 135°C <i>(Kinematic viscosity at 135°C)</i>NR

Маркировка соответствия CE, состоящая из символа «CE», указанного в директиве 93/68/ЕЭС

Идентификационный номер уполномоченного органа

Наименование или идентификационный знак и юридический адрес производителя

Две последние цифры года, в котором маркировка была помещена

Номер декларации потребительских свойств

Номер европейского стандарта

Описание изделия и информация о характеристиках, подлежащих контролю

Рис. 3.2. Маркировка CE дорожного битума 50/70 производства «ОРЛЕН Асфальт» 2013 года

ДОРОЖНЫЙ БИТУМ СОГЛАСНО EN 12591

4.1. Общее описание дорожного битума

Дорожный битум – это самое популярное дорожное вяжущее для асфальтобетонных смесей, предназначенное для укладки дорожных покрытий горячим способом. В апреле 2009 года ЕКС опубликовал последнюю версию стандарта EN 12591 (предыдущее издание 1999 г.), адаптированного к системе оценки соответствия 2+. С сентября 2010 года «ОРЛЕН Асфальт» производит дорожный битум в соответствии с требованиями стандарта EN 12591:2009, введенного в польскую стандартизацию как стандарт PN-EN 12591:2010 с Национальным приложением NA. Производимые в других странах битумные вяжущие соответствуют местным национальным требованиям аналогично.

В «ОРЛЕН Асфальт», на предприятии в Плоцке, дорожный битум производится в основном путем непрерывного окисления по технологии BITUROX®, по лицензии австрийской фирмы Röhner. В настоящее время это один из методов получения вяжущих из конечных продуктов нефтеперегонки (более подробная информация о методах производства битума находится в Главе 1).

«ОРЛЕН Асфальт» производит следующие сорта дорожного битума в соответствии с EN 12591:2009: 20/30, 35/50, 50/70, 70/100, 100/150 и 160/220. Все эти вяжущие можно зачислить к группе дорожного битума с пенетрацией в диапазоне 20÷220 [0,1 мм], определяемой при 25°C.

Битум 20/30 принадлежит к группе самого твердого битума согласно EN 12591. Битум 35/50, 50/70 и 70/100 – это битум большой и средней твердости, обычно используемый для целей дорожного строительства. Предлагается также группа мягкого битума 100/150 и 160/220.

Графическое сравнение основных характеристик битума для двух самых популярных показателей, характеризующих битумные вяжущие, – пенетрации при 25°C и температуры размягчения $T_{киш}$, приведено на рис. 4.1.

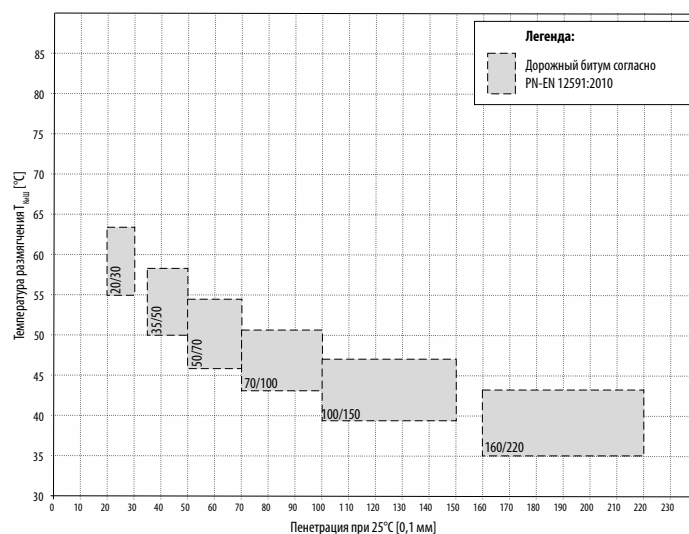


Рис. 4.1. Графическое сравнение дорожного битума согласно EN 12591:2009 в функции пенетрации при 25°C и температуры размягчения $T_{киш}$

4.2. Характеристики

В следующих частях главы приведен набор характеристик дорожного битума согласно EN 12591 вместе с дополнительной информацией, полученной по американскому методу *Superpave* (*Performance Grade system*). Приведена также информация об ориентировочных технологических температурах применения битума в асфальтобетонных смесях, а также данные, касающиеся вязкости и зависимости вязкости от температуры.

Классификация дорожного битума в зависимости от нагрузки дорожного движения в соответствии с результатами испытания MSCR, приведена далее в главе 4, подробно объясняется в главе 7.

4.2.1. Дорожный битум 20/30

Предназначение

Дорожный битум 20/30 является самым твердым дорожным битумом среди производимых в настоящее время компанией «ОРЛЕН Асфальт». 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. Не следует оставлять на зиму слой битума 20/30 без прикрытия следующим слоем.

Характеристики согласно EN 12591:2009

Таблица 4.1. Характеристики дорожного битума 20/30

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0.1 мм	20 – 30
Температура размягчения	EN 1427	°C	55 – 63
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	NR
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 240
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99.0
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 0.5
Остаточная пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 55
Увеличение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 8
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм ² /с	≥ 530
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	≥ 440

Температура хрупкости по Фраасу

В «ОРЛЕН Асфальт» принят принцип, согласно которому, несмотря на отсутствие нормативных требований, каждая производимая партия битума 20/30 будет испытана также на температуру хрупкости. В таблице 4.2 приведены статистические результаты контроля, проведенного в 2011–2013 годах. Учитывая, что обсуждается также введение требования, касающегося температуры хрупкости по Фраасу, испытанной на образце битума после старения RTFOT, в таблице 4.3. приведены результаты соответствующих испытаний.

Таблица 4.2. Результаты средних арифметических основных показателей битума 20/30: пенетрации при 25°C, температуры размягчения КиШ и температуры хрупкости по Фраасу в 2011–2013 годах

Показатель	Результаты среднего арифметического испытаний всех производственных партий (в скобках указаны стандартные отклонения)		
	2011	2012	2013
Пенетрация при 25°C, 0,1 мм согласно EN 1426	27,8 (1,5)	27,9 (1,7)	28,0 (1,2)
Температура размягчения КиШ, °C согласно EN 1427	61,8 (1,1)	62,4 (0,6)	62,0 (0,6)
Температура хрупкости по Фраасу*), °C EN 12593	-7,5 (1,8)	-7,5 (1,5)	-8,6 (2,3)

*) Показатель не является требуемым стандартом, испытывается дополнительно.

Таблица 4.3. Результаты средних арифметических основных показателей битума 20/30, полученных после старения RTFOT согласно EN 12607-1 для пенетрации при 25°C, температуры размягчения КиШ и температуры хрупкости по Фраасу. Данные 2013 года

Показатель	Результаты среднего арифметического испытаний, проводимых один раз в месяц (в скобках указаны стандартные отклонения)
	2013
Пенетрация при 25°C, 0,1 мм согласно EN 1426 после старения RTFOT	19,8 (1,7)
Температура размягчения КиШ, °C согласно EN 1427 после старения RTFOT	68,8 (1,5)
Температура хрупкости по Фраасу, °C EN 12593 после старения RTFOT *)	-7,1 (2,1)

*) Показатель не является требуемым стандартом, испытывается дополнительно.

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума 20/30 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009–2012 годах).

- классификация согласно 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 $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -14,7^\circ\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -8,1^\circ\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 370,5$ МПа

- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7, Таблица 7.5):

Температура	64°C
J_{nr} 0,1 кПа	0,169
J_{nr} 3,2 кПа	0,185
J_{nr} diff	9,7
R 0,1 кПа	33,4
R 3,2 кПа	28,9
R diff	13
Окончательная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	E (Extreme)

Зависимость вязкости от температуры

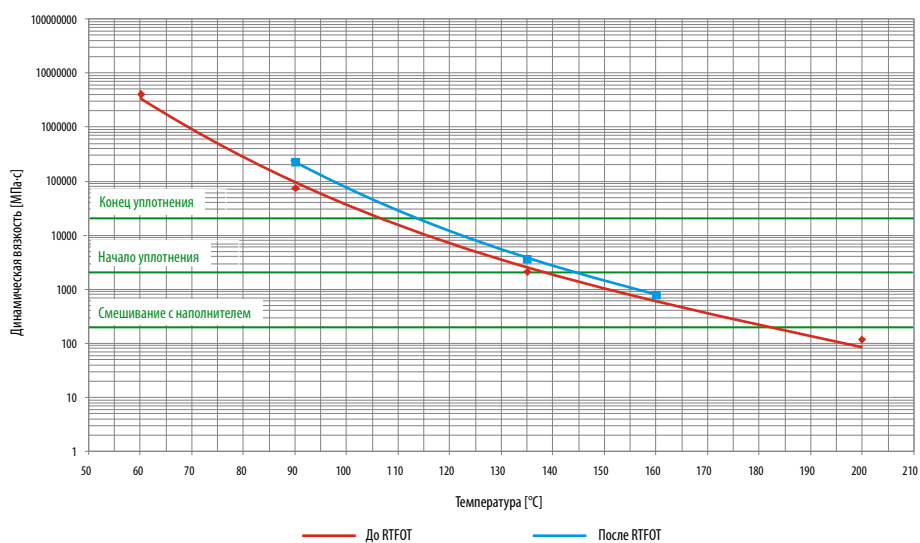


Рис. 4.2. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 20/30

Таблица 4.4. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 20/30, производимого в 2012–2013 годах. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумный капилляр	EN 12596	—	Па·с	60°C	3 313
					90°C	70,80
					135°C	2,06
					160°C	0,43
	ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 21, 29	Па·с	90°C после RTFOT	209,00
					135°C после RTFOT	3,23
160°C после RTFOT					0,73	
кинематическая	вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм ² /с	135°C	1 655

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	155 ÷ 160°C
На асфальтобетонном заводе:	
Температура накачивания битума	>145°C
Температура битума для приготовления асфальтобетонной смеси	175 ÷ 185°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 8 ч)	<230°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 4 ч)	<240°C
Внимание: 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 в течение длительных периодов времени. В случае необходимости хранения дорожного битума 20/30 в бункере при высокой температуре (до 185°C) в течение более 10 дней рекомендуется проведение контроля уровня старения вяжущего перед использованием битума для приготовления асфальтобетонной смеси. Следует проверить пенетрацию при 25°C согласно EN 1426 либо температуру размягчения согласно EN 1427.

В случае чрезмерного состаривания вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукта (процедура ЗПК согласно EN 13108-21).

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

В случае необходимости хранения дорожного битума 20/30 в течение более длительного периода времени, чем 10 дней, рекомендуется уменьшение температуры битума и его разогрев перед повторным использованием. В случае планируемого хранения в течение длительного периода времени без приготовления асфальтобетонной смеси разрешается хранить битум при температуре окружающей среды. Условием такого хранения является оборудование бункера для хранения системой обогрева соответствующей мощности, обеспечивающей последующий разогрев битума без риска местного пережога вяжущего при длительном нагревании.

4.2.2. Дорожный битум 35/50

Предназначение

Дорожный битум 35/50 может использоваться для асфальтобетона (АС) в несущих слоях и слоях основания на дорогах с небольшой, средней и высокой интенсивностью транспортного движения. Не следует использовать битум 35/50 для слоев износа.

Характеристики согласно EN 12591:2009

Таблица 4.5. Характеристики дорожного битума 35/50

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0.1 мм	35 – 50
Температура размягчения	EN 1427	°C	50 – 58
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -5
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 240
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 0,5
Остаточная пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 53
Увеличение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 8
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм ² /с	≥ 370
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	≥ 225

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума 35/50 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009–2012 годах).

- классификация согласно 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 $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -15,4^\circ\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -11,5^\circ\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 338,5$ МПа
- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7, Таблица 7.5):

Температура	64°C
$J_{nr} 0,1$ кПа	0,882
$J_{nr} 3,2$ кПа	1,004
$J_{nr \text{ diff}}$	13,8
$R 0,1$ кПа	12,5
$R 3,2$ кПа	5,9
$R \text{ diff}$	53
Окончательная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	V (Very Heavy)

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	140±145°C
На асфальтобетонном заводе:	
Температура накачивания битума	>140°C
Температура битума для приготовления асфальтобетонной смеси	165±175°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 8 ч)	<230°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 4 ч)	<240°C
Внимание: 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

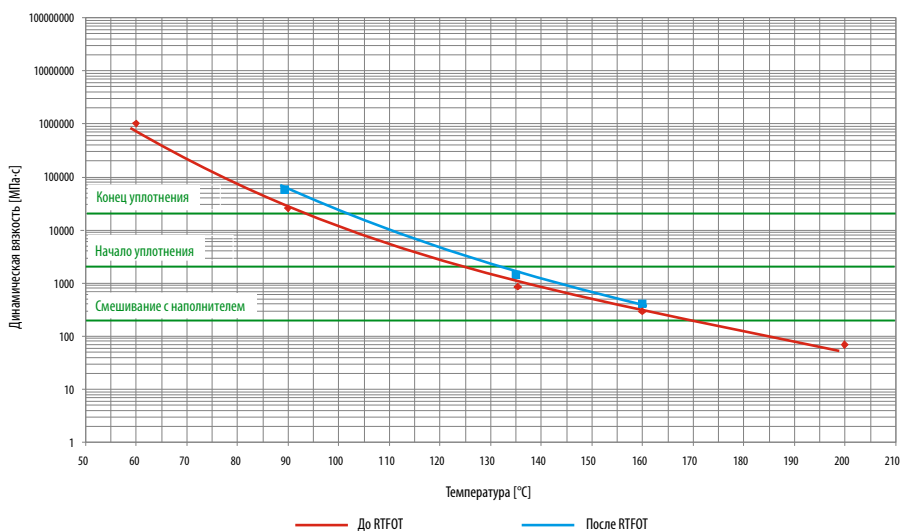


Рис. 4.3. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 35/50

Таблица 4.6. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 35/50, производимого в 2012–2013 годах. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумный капилляр	EN 12596	—	Па·с	60°C	758
					90°C	23,91
	ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 27	Па·с	135°C	0,82
					160°C	0,25
					90°C после RTFOT	55,00
					135°C после RTFOT	1,42
160°C после RTFOT	0,38					
кинематическая	вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм ² /с	135°C	856

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 в течение длительных периодов времени. В случае необходимости хранения дорожного битума 35/50 в емкости при высокой температуре (до 185°C) в течение более 10 дней рекомендуется проведение контроля уровня старения вяжущего перед использованием битума для приготовления асфальтобетонной смеси. Следует проверить пенетрацию при 25°C согласно EN 1426 либо температуру размягчения согласно EN 1427.

В случае чрезмерного состаривания вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукта (процедура ЗПК согласно EN 13108-21).

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

В случае необходимости хранения дорожного битума 35/50 в течение более длительного периода времени, чем 10 дней, рекомендуется уменьшение температуры битума и его разогрев перед повторным использованием. В случае планируемого хранения в течение длительного периода времени без приготовления асфальтобетонной смеси разрешается хранить битум при температуре окружающей среды. Условием такого хранения является оборудование бункера для хранения системой обогрева соответствующей мощности, обеспечивающей последующий разогрев битума без риска местного пережога вяжущего при длительном нагревании.

4.2.3. Дорожный битум 50/70

Предназначение

Дорожный битум 50/70 может использоваться прежде всего для асфальтобетона (AC) и щебеночно-мастичного асфальтобетона (SMA) в слоях износа на дорогах с небольшим и средним транспортным движением при условии соблюдения требований устойчивости смеси к колееобразованию.

Характеристики согласно EN 12591:2009

Таблица 4.7. Характеристики дорожного битума 50/70

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0.1 мм	50 – 70
Температура размягчения	EN 1427	$^{\circ}\text{C}$	46 – 54
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	$^{\circ}\text{C}$	≤ -8
Температура вспышки	EN ISO 2592	$^{\circ}\text{C}$	≥ 230
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	$\geq 99,0$
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	$\leq 0,5$
Остаточная пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 50
Увеличение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	$^{\circ}\text{C}$	≤ 9
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм ² /с	≥ 295
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	≥ 145

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума 50/70 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009–2012 годах).

- классификация согласно AASHTO MP 1: **PG 64-22**
- верхние критические температуры (AASHTO T 315):
 - $G^*/\sin\delta = 1$ кПа (свежий битум) $T_{\text{крит.}} = 67,7^\circ\text{C}$
 - $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа (битум после старения RTFOT) $T_{\text{крит.}} = 67,8^\circ\text{C}$
 - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$ кПа (битум после старения RTFOT и PAV) $T_{\text{крит.}} = 20,5^\circ\text{C}$
- нижние критические температуры (AASHTO PP 42; EN 14771):
 - температура при $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -16,6^\circ\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -15,0^\circ\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 294$ МПа
- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7, Таблица 7.5):

Температура	58°C	64°C
$J_{nr} 0,1$ кПа	0,730	2,280
$J_{nr} 3,2$ кПа	0,810	2,588
$J_{nr} \text{ diff}$	11,0	13,5
$R 0,1$ кПа	11,5	4,5
$R 3,2$ кПа	4,0	0,5
$R \text{ diff}$	66	89
Окончательная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	V (Very Heavy)	S (Standard)

Технологические температуры

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

Зависимость вязкости от температуры

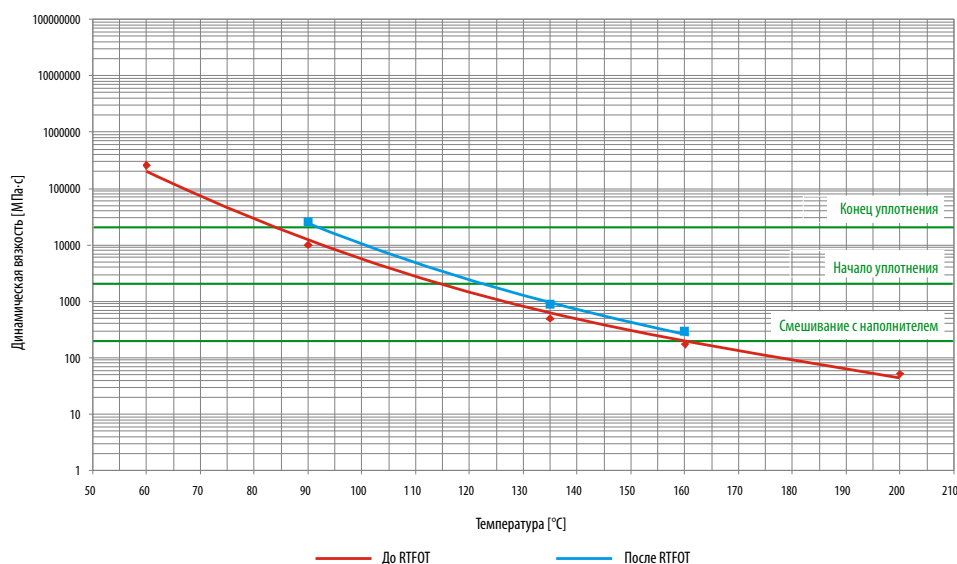


Рис. 4.4. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 50/70

Таблица 4.8. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 50/70, производимого в 2012—2013 годах. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумный капилляр	EN 12596	—	Па·с	60°C	292
					90°C	9,50
	ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 21	Па·с	135°C	0,46
					160°C	0,17
					90°C после RTFOT	22,59
					135°C после RTFOT	0,81
кинематическая	вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм ² /с	160°C после RTFOT	0,24

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 в течение длительных периодов времени. В случае необходимости хранения дорожного битума 50/70 в бункере при высокой температуре (до 185°C) в течение более 10 дней рекомендуется проведение контроля уровня старения вяжущего перед использованием битума для приготовления асфальтобетонной смеси. Следует проверить пенетрацию при 25°C согласно EN 1426 либо температуру размягчения согласно EN 1427.

В случае чрезмерного состаривания вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукта (процедура ЗПК согласно EN 13108-21).

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

В случае необходимости хранения дорожного битума 50/70 в течение более длительного периода времени, чем 10 дней, рекомендуется уменьшение температуры битума и его разогрев перед повторным использованием. В случае планируемого хранения в течение длительного периода времени без приготовления асфальтобетонной смеси разрешается хранить битум при температуре окружающей среды. Условием такого хранения является оборудование бункера для хранения системой обогрева соответствующей мощности, обеспечивающей последующий разогрев битума без риска местного пережога вяжущего при длительном нагревании.

4.2.4. Дорожный битум 70/100

Предназначение

Дорожный битум 70/100 в ограниченной степени может применяться для асфальтобетона и SMA в слоях износа при условии подтверждения устойчивости смеси к колееобразованию. Он также может быть использован для изготовления битумных эмульсий.

Характеристики согласно EN 12591:2009

Таблица 4.9. Характеристики дорожного битума 70/100

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0.1 мм	70 – 100
Температура размягчения	EN 1427	°C	43 – 51
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -10
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 230
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 0,8
Остаточная пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 46
Увеличение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 9
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм ² /с	≥ 230
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	≥ 90

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума 70/100 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009–2012 годах).

- классификация согласно 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 $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -16,9^{\circ}\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -16,2^{\circ}\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 285$ МПа

- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7, Таблица 7.5):

Температура	58°C	64°C
J_{nr} 0,1 кПа	1,965	4,070
J_{nr} 3,2 кПа	2,273	4,560
J_{nr} diff	15,7	12,0
R 0,1 кПа	2,7	1,7
R 3,2 кПа	0,5	0,0
R diff	81	100
Окончательная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей ассификации PG	S (Standard)	не классифицирован

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	130÷135°C
На асфальтобетонном заводе:	
Температура накачивания битума	>130°C
Температура битума для приготовления асфальтобетонной смеси	155÷160°C
В полевых условиях:	
Минимальная температура поставленной асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	140°C

Зависимость вязкости от температуры

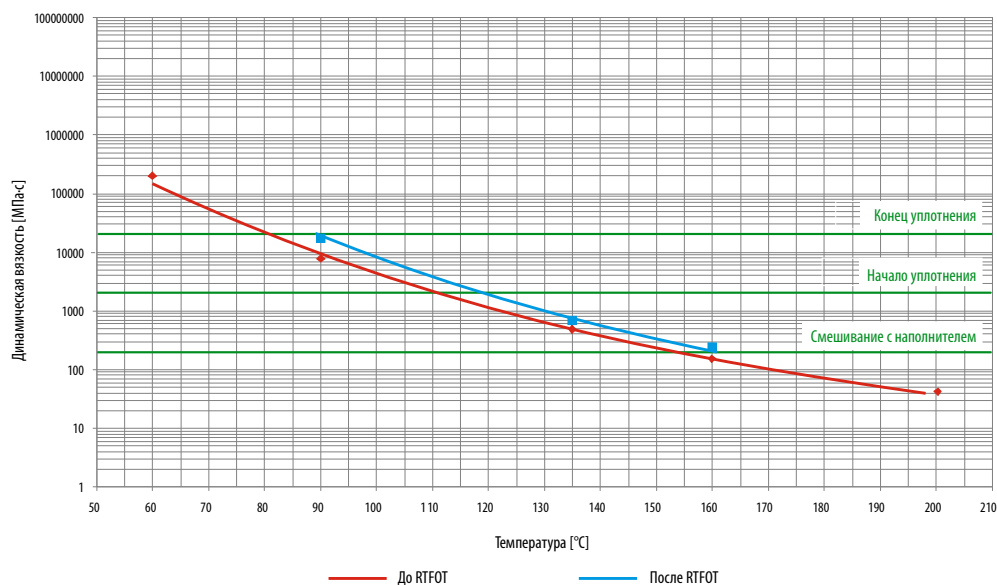


Рис. 4.5. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 70/100

Таблица 4.10. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 70/100, производимого в 2012–2013 годах. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумный капилляр	EN 12596	—	Па·с	60°C	149
	ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 21	Па·с	90°C	7,47
					135°C	0,41
			шпindelь № 27	Па·с	160°C	0,15
					90°C после RTFOT	17,53
	135°C после RTFOT	0,64				
160°C после RTFOT	0,21					
кинематическая	вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм ² /с	135°C	372

Хранение

Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: $\leq 180^{\circ}\text{C}$

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре в течение длительных периодов времени. В случае необходимости хранения дорожного битума 70/100 в бункере при высокой температуре (до 185°C) в течение более 10 дней рекомендуется проведение контроля уровня старения вяжущего перед использованием битума для приготовления асфальтобетонной смеси. Следует проверить пенетрацию при 25°C согласно EN 1426 либо температуру размягчения согласно EN 1427.

В случае чрезмерного состаривания вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукта (процедура ЗПК согласно EN 13108-21).

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

В случае необходимости хранения дорожного битума 70/100 в течение более длительного периода времени, чем 10 дней, рекомендуется уменьшение температуры битума и его разогрев перед повторным использованием. В случае планируемого хранения в течение длительного периода времени без приготовления асфальтобетонной смеси разрешается хранить битум при температуре окружающей среды. Условием такого хранения является оборудование бункера для хранения системой обогрева соответствующей мощности, обеспечивающей последующий разогрев битума без риска местного пережога вяжущего при длительном нагревании.

4.2.5. Дорожный битум 100/150

Предназначение

Дорожный битум 100/150 является вяжущим, предназначенным главным образом для изготовления битумных эмульсий различного применения.

Характеристики согласно EN 12591:2009

Таблица 4.11. Характеристики дорожного битума 100/150

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0.1 мм	100 – 150
Температура размягчения	EN 1427	°C	39 – 47
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -12
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 230
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 0,8
Остаточная пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 43
Увеличение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 10
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм ² /с	≥ 175
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	≥ 55

Зависимость вязкости от температуры

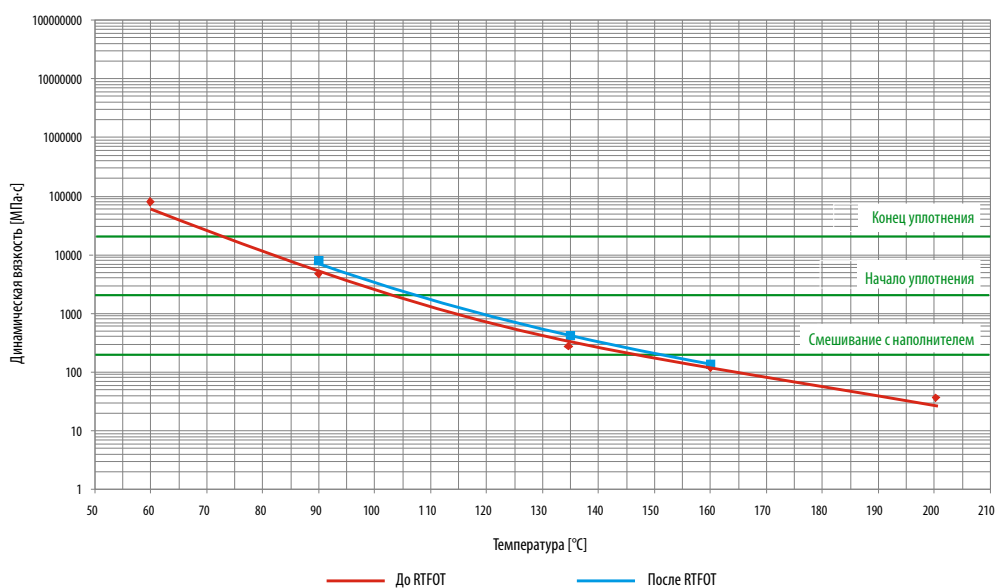


Рис. 4.6. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 100/150

Таблица 4.12. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 100/150, производимого в 2012–2013 годах. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумный капилляр	EN 12596	—	Па·с	60°C	86,5
	ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 18, 21	Па·с	90°C	4,03
					135°C	0,26
					160°C	0,11
			шпindelь № 21	Па·с	90°C после RTFOT	6,90
	135°C после RTFOT	0,37				
160°C после RTFOT	0,13					
кинематическая	вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм ² /с	135°C	302

Хранение

Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: $\leq 180^{\circ}\text{C}$

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре в течение длительных периодов времени. В случае необходимости хранения дорожного битума 100/150 в бункере при высокой температуре (до 180°C) в течение более 10 дней рекомендуется проведение контроля уровня старения вяжущего перед использованием битума для приготовления асфальтобетонной смеси. Следует проверить пенетрацию при 25°C согласно EN 1426 либо температуру размягчения согласно EN 1427.

В случае чрезмерного состаривания вяжущего следует начать процедуру контролируемой утилизации продукта (процедура ЗПК согласно EN 13108-21).

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

В случае необходимости хранения дорожного битума 100/150 в течение более длительного периода времени, чем 10 дней, рекомендуется уменьшение температуры битума и его разогрев перед повторным использованием. В случае планируемого хранения в течение длительного периода времени без приготовления асфальтобетонной смеси разрешается хранить битум при температуре окружающей среды. Условием такого хранения является оборудование бункера для хранения системой обогрева соответствующей мощности, обеспечивающей последующий разогрев битума без риска местного пережога вяжущего при длительном нагревании.

4.2.6. Дорожный битум 160/220

Предназначение

Дорожный битум 160/220 является вяжущим, предназначенным главным образом для изготовления битумных эмульсий различного применения.

Характеристики согласно EN 12591:2009

Таблица 4.13. Характеристики дорожного битума 160/220

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0.1 мм	160 – 220
Температура размягчения	EN 1427	°C	35 – 43
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -15
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 220
Растворимость	EN 12592	% (м/м)	≥ 99,0
Изменение массы после старения RTFOT (абсолютное значение)	EN 12607-1	% (м/м)	≤ 1,0
Остаточная пенетрация после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1426	%	≥ 37
Увеличение температуры размягчения после старения RTFOT	EN 12607-1 EN 1427	°C	≤ 11
Кинематическая вязкость при 135°C	EN 12595	мм ² /с	≥ 135
Динамическая вязкость при 60°C	EN 12596	Па·с	≥ 30

Зависимость вязкости от температуры

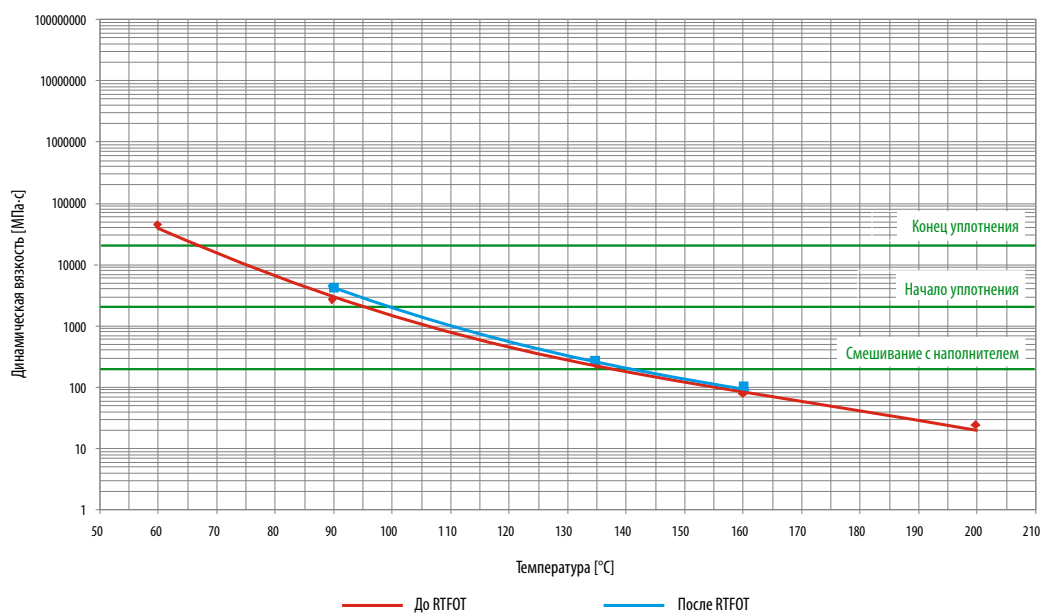


Рис. 4.7. Зависимость вязкости от температуры для дорожного битума 160/220

Таблица 4.14. Примерные результаты испытаний на вязкость битума 160/220, производимого в 2012–2013 годах. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	вакуумный капилляр	EN 12596	—	Па·с	60°C	70,0
	ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 21	Па·с	90°C	2,66
					135°C	0,20
					160°C	0,08
			шпindelь № 21	Па·с	90°C после RTFOT	4,35
	135°C после RTFOT	0,27				
160°C после RTFOT	0,11					
кинематическая	вискозиметр типа BS/IP/RF	EN 12595	—	мм ² /с	135°C	233

Хранение

Краткосрочное хранение при высокой температуре (до 10 дней)

- рекомендуемая температура хранения битума: $\leq 180^{\circ}\text{C}$

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при высокой температуре

Рекомендуется избегать хранения битума при высокой температуре в течение длительных периодов времени. В случае необходимости хранения дорожного битума 160/220 в бункере при высокой температуре (до 180°C) в течение более 10 дней рекомендуется проведение контроля уровня старения вяжущего перед использованием битума для приготовления асфальтобетонной смеси. Следует проверить пенетрацию при 25°C согласно EN 1426 либо температуру размягчения согласно EN 1427.

Долгосрочное хранение (более 10 дней) при пониженной температуре

В случае необходимости хранения дорожного битума 160/220 в течение более длительного периода времени, чем 10 дней, рекомендуется уменьшение температуры битума и его разогрев перед повторным использованием. В случае планируемого хранения в течение длительного периода времени без приготовления асфальтобетонной смеси разрешается хранить битум при температуре окружающей среды. Условием такого хранения является оборудование бункера для хранения системой обогрева соответствующей мощности, обеспечивающей последующий разогрев битума без риска местного пережога вяжущего при длительном нагревании.

ПОЛИМЕР-МОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИТУМ ORBITON СОГЛАСНО EN 14023

5.1. Общее описание

С начала 2009 г. «ОРЛЕН Асфальт» производит модифицированный битум ORBITON в соответствии с европейским стандартом EN 14023.

Полимер-модифицированный битум – это группа дорожных вяжущих, разработанная специально для противодействия наиболее частым дорожным проблемам: деформациям, происходящим на дорогах с интенсивным автомобильным движением, трещинообразованию при низких температурах в зимнее время, а также для повышения усталостной прочности покрытия.

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 «ОРЛЕН Асфальт» производит также модифицированный битум ORBITON согласно требованиям соответствующих национальных приложений NA в соответствии со стандартом EN 14023:2010 (напр., для Румынии, Литвы, Латвии, Чехии, Словакии, Германии, Венгрии и т. д.). Сорта производимого битума представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1. Сорта модифицированного битума, производимого компанией «ОРЛЕН Асфальт»

Сорта модифицированного битума ORBITON согласно приложению NA для Польши	Сорта модифицированного битума ORBITON согласно приложениям NA для стран ЕС, обозначения групп изделий
10/40-65 25/55-60 45/80-55 45/80-65 65/105-60	25/55-55 EXP *) 25/55-60 EXP *) 25/55-65 EXP *) 45/80-55 EXP
*) Сорта битума, неоговариваемого в этом справочнике.	

В настоящем справочнике оговорены все сорта модифицированного битума ORBITON, производимого в соответствии с польским Национальным приложением NA к стандарту PN-EN 14023:2011, а также битум ORBITON 45/80-55 EXP, предназначенный для рынков Литвы, Латвии и Эстонии.

Асфальтобетонные покрытия с использованием модифицированного битума являются более стабильными по сравнению с покрытиями, для изготовления которых был использован дорожный битум. Основные различия между дорожным и модифицированным битумом для двух основных параметров вяжущего, пенетрации и температуры размягчения, представлены графически на рисунке 5.1.

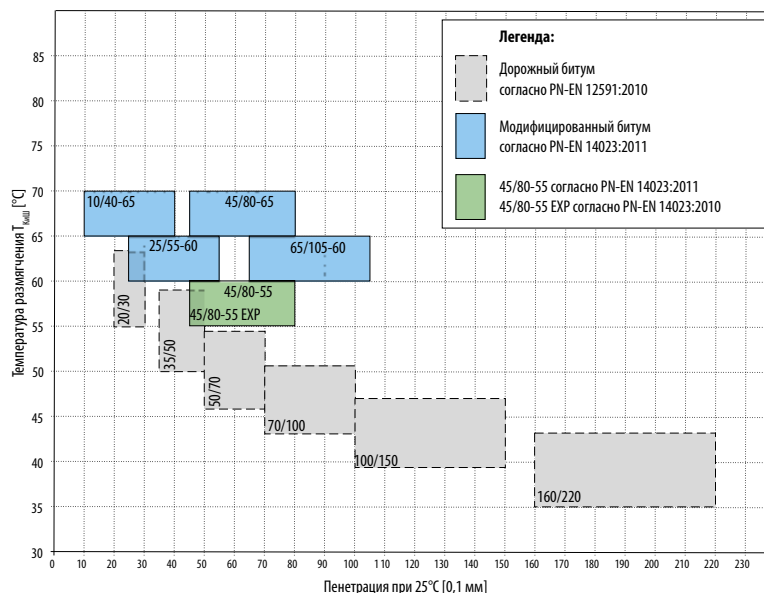


Рис. 5.1. Графическое сравнение описанных в данном справочнике дорожного и модифицированного битума с точки зрения пенетрации при 25°C и температуры размягчения $T_{\text{киш}}$

5.2. Предназначение

Модифицированный битум **ORBITON** – это группа современных вяжущих, предназначенных для строительства дорог с интенсивным и очень интенсивным движением транспорта. Правильно разработанные асфальтобетонные смеси с использованием этого битума обладают лучшими свойствами по сравнению со своими эквивалентами аналогичной твердости (дорожный и универсальный битум).

Диапазон применений модифицированного битума очень широк как с точки зрения типа асфальтобетонной смеси, так и категории дорожного движения. Практически единственным ограничением использования модифицированного битума является экономическая эффективность.

5.3. Характеристики

В дальнейших частях главы представлен набор характеристик модифицированного битума в соответствии с EN 14023 вместе с информацией, полученной по американскому методу *Superpave* (*Performance Grade System*). Кроме того, предоставлена информация об ориентировочной технологической температуре применения битума в асфальтобетонных смесях, а также данные о вязкости и зависимости вязкости от температуры.

Дополнительная классификация по результатам исследования MSCR приведена в главе 7.

5.3.1. ORBITON PMB 10/40-65

Предназначение

Модифицированный битум **ORBITON 10/40-65** является самым твердым модифицированным битумом среди всего битума, производимого в настоящее время компанией «ОРЛЕН Асфальт». Ввиду своей очень высокой температуры размягчения используется для слоев, отличающихся высокой жесткостью – оснований и связу-

ющих слоев из смеси AC WMS¹. Может быть также использован в смесях стандартного дорожного битума 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.

Характеристики в соответствии с PN-EN 14023:2011

Таблица 5.2. Характеристики модифицированного битума ORBITON 10/40-65 в соответствии с PN-EN 14023:2011

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	10÷40
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 65
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 60
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -5
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235
Сила растяжения (маленькая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см ²	≥ 2 при 10°C
Изменение массы после старения	EN 12607-1	%	≤ 0,5
Повышение температуры размягчения после старения	EN 1427	°C	≤ 8
Остаточная пенетрация после старения	EN 1426	%	≥ 60
Упругое восстановление при 25°C после старения	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 50
Устойчивость при хранении: разница температур размягчения	EN 13399, EN 1427	°C	≤ 5
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399, EN 1427	0,1 мм	NR ^b
Диапазон пластичности	EN 14023 Подпункт 5.2.8.4	°C	NR ^b
Понижение температуры размягчения после старения	EN 12607-1, EN 1427	°C	TBR ^a
a) TBR (To Be Reported) – требуется указать b) NR (No Requirement) – нет требований			

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума ORBITON 10/40-65 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009–2012 годах).

- классификация согласно 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) $T_{\text{крит.}} = 19,5^\circ\text{C}$

1) Обозначение WMS применяется в Польше для асфальтобетона с большим модулем жесткости (в других странах: во Франции – это EME, в Великобритании – это HMB).

- нижние критические температуры (AASHTO PP 42; EN 14771):
 - температура при $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -17,2^{\circ}\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -8,6^{\circ}\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 271,5$ МПа
- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7):

Температура	64° C
J _{nr} 0,1 кПа	0,106
J _{nr} 3,2 кПа	0,140
J _{nr} diff	31,9
R 0,1 кПа	68,6
R 3,2 кПа	62,5
R diff	9
Конечная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	E (Extreme)

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	150÷155°C
На асфальтобетонном заводе:	
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 8 ч)	<230°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 4 ч)	<240°C
Внимание: во время производства литого асфальтобетона 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)	160°C

Зависимость вязкости от температуры

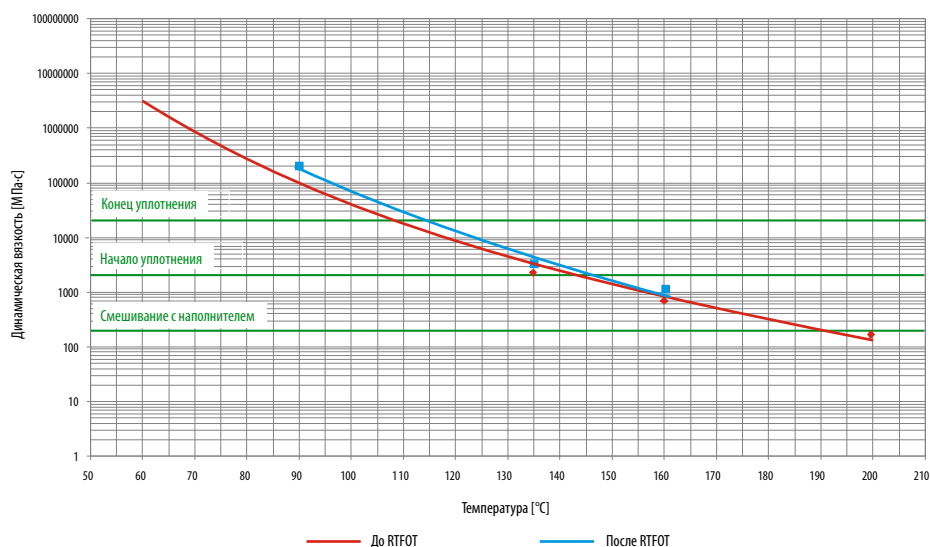


Рис. 5.2. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 10/40-65

Таблица 5.3. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 10/40-65, производимого в 2012 году. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Test temperature	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	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: В/Н/S/r или В/Н/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 (7-го дня, 9-го дня и т. д.) или в других интервалах 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 (спектр 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.

5.3.2. ORBITON PMB 25/55-60

Предназначение

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 WMS. Может быть также использован для верхних слоев износа типа SMA для покрытий дорог с интенсивным движением транспорта и с движением транспорта на невысокой скорости, а также для смесей литого асфальтобетона типа MA.

Характеристики в соответствии с PN-EN 14023:2011

Таблица 5.4. Характеристики модифицированного битума ORBITON 25/55-60 в соответствии с PN-EN 14023:2011

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	25÷55
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 60
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 60
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -10
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235
Сила растяжения (маленькая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см ²	≥ 2 при 10°C
Изменение массы после старения	EN 12607-1	%	≤ 0,5
Повышение температуры размягчения после старения	EN 1427	°C	≤ 8
Остаточная пенетрация после старения	EN 1426	%	≥ 60
Упругое восстановление при 25°C после старения	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 50
Устойчивость при хранении: разница температур размягчения	EN 13399, EN 1427	°C	≤ 5
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399, EN 1427	0,1 мм	NR ^b
Диапазон пластичности	EN 14023 Подпункт 5.2.8.4	°C	NR ^b
Понижение температуры размягчения после старения	EN 12607-1, EN 1427	°C	TBR ^a
a) TBR (To Be Reported) – требуется указать b) NR (No Requirement) – нет требований			

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума ORBITON 25/55-60 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009–2012 годах).

- классификация согласно AASHTO MP 1: **PG 76-22**
- верхние критические температуры (AASHTO T 315):
 - $G^*/\sin\delta = 1$ кПа (свежий битум)
 - $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа (битум после старения RTFOT)
 - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$ кПа (битум после старения RTFOT и PAV)

$$T_{\text{крит.}} = 83.1^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{крит.}} = 80.5^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{крит.}} = 22.0^\circ\text{C}$$

- нижние критические температуры (AASHTO PP 42; EN 14771):
 - температура при $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -16,9^{\circ}\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -13,8^{\circ}\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 278$ МПа
- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7):

Температура	58°C	64°C	70°C
J_{nr} 0,1 кПа	0,070	0,180	0,360
J_{nr} 3,2 кПа	0,070	0,208	0,440
J_{nr} diff	0	15,5	22,2
R 0,1 кПа	68,3	63,8	58,2
R 3,2 кПа	68,3	59,8	51,1
R diff	0	6	12
Конечная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	E (Extreme)	E (Extreme)	E (Extreme)

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	145 ÷ 150°C
На асфальтобетонном заводе:	
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 8 ч)	< 230°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 4 ч)	< 240°C
Внимание: 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)	155°C

Зависимость вязкости от температуры

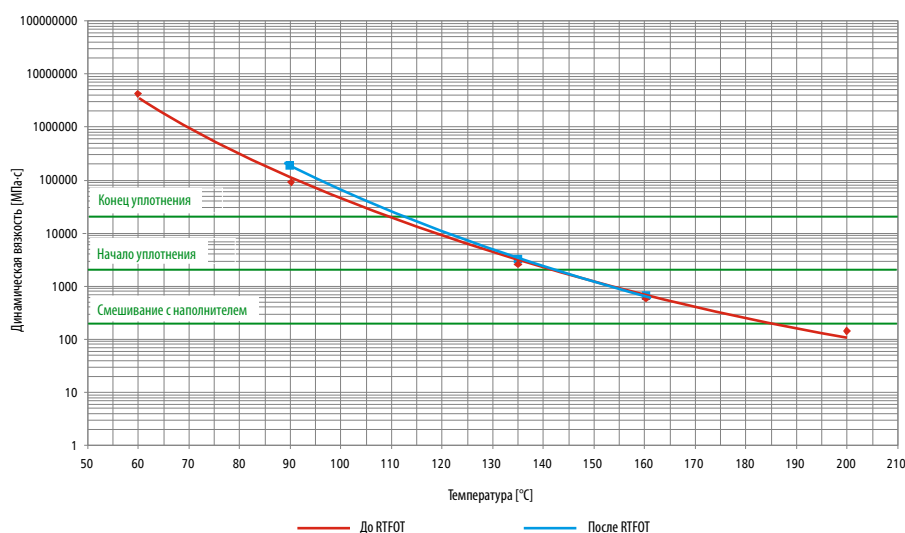


Рис. 5.3. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 25/55-60

Таблица 5.5. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 25/55-60, производимого в 2012 году. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 27	Па·с	90°C	87,50
					135°C	1,97
					160°C	0,54
			шпindelь № 27	Па·с	90°C после RTFOT	182,00
					135°C после RTFOT	2,75
					160°C после RTFOT	0,68

Характеристики структуры полимера

- код дисперсии полимера согласно EN 13632: В/Н/S/r или В/Н/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 характеристик 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 (7-го дня, 9-го дня и т. д.) или в других интервалах 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 (спектр 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.

5.3.3. ORBITON PMB 45/80-55

Предназначение

Модифицированный битум ORBITON 45/80-55 принадлежит в Польше к популярному модифицированному битуму. Предназначен для использования во всех асфальтобетонных смесях для слоев износа (AC, SMA).

Характеристики в соответствии с PN-EN 14023:2011

Таблица 5.6. Характеристики модифицированного битума ORBITON 45/80-55 в соответствии с PN-EN 14023:2011

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	45—80
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 55
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 70
Температура хрупкости по Фраусу	EN 12593	°C	≤ -15
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235
Сила растяжения (маленькая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см ²	≥ 3 при 5°C
Изменение массы после старения	EN 12607-1	%	≤ 0,5
Повышение температуры размягчения после старения	EN 1427	°C	≤ 8
Остаточная пенетрация после старения	EN 1426	%	≥ 60
Упругое восстановление при 25°C после старения	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 50
Устойчивость при хранении: разница температур размягчения	EN 13399, EN 1427	°C	≤ 5
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399, EN 1427	0,1 мм	NR ^b
Диапазон пластичности	EN 14023 Подпункт 5.2.8.4	°C	NR ^b
Понижение температуры размягчения после старения	EN 12607-1, EN 1427	°C	TBR ^a
a) TBR (To Be Reported) – требуется указать b) NR (No Requirement) – нет требований			

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума ORBITON 45/80-55 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009–2012 годах).

- классификация согласно AASHTO MP 1: **PG 70-22**
- верхние критические температуры (AASHTO T 315):
 - $G^*/\sin\delta = 1$ кПа (свежий битум)
 - $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа (битум после старения RTFOT)
 - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$ кПа (битум после старения RTFOT и PAV)

$$T_{\text{крит.}} = 74,5^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{крит.}} = 72,9^\circ \text{C}$$

$$T_{\text{крит.}} = 17,7^\circ \text{C}$$

- нижние критические температуры (AASHTO PP 42; EN 14771):
 - температура при $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -18.1^{\circ}\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -16.9^{\circ}\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 242$ МПа
- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7):

Температура	58°C	64°C	70°C
J_{nr} 0,1 кПа	0,170	0,406	0,943
J_{nr} 3,2 кПа	0,180	0,490	1,608
J_{nr} diff	6	20,8	70,5
R 0,1 кПа	68,9	65,0	52,3
R 3,2 кПа	67,5	59,5	34,6
R diff	2	8	34
Конечная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	E (Extreme)	E (Extreme)	H (Heavy)

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	145 ÷ 150°C
На асфальтобетонном заводе:	
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 8 ч)	<230°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 4 ч)	<240°C
Внимание: во время производства литого асфальтобетона 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)	155°C

Зависимость вязкости от температуры

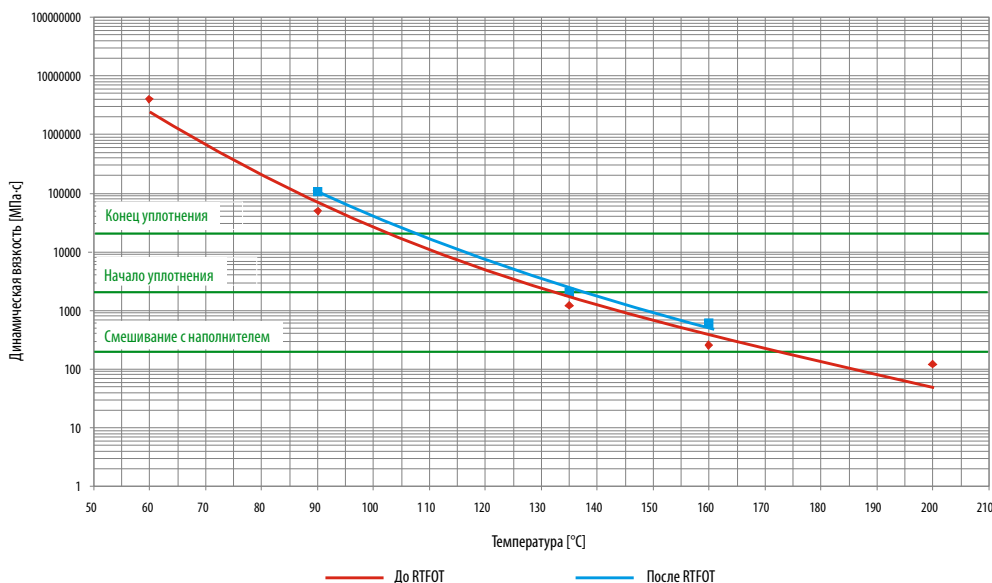


Рис. 5.4. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 45/80-55

Таблица 5.7. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 45/80-55, производимого в 2012 году. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 27	Па·с	90°C	44,33
					135°C	1,12
					160°C	0,22
			шпindelь № 27	Па·с	90°C после RTFOT	103,00
					135°C после RTFOT	1,93
					160°C после RTFOT	0,55

Характеристики структуры полимера

- код дисперсии полимера согласно EN 13632: В/Н/S/r или В/Н/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 характеристик 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 (7-го дня, 9-го дня и т. д.) или в других интервалах 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 (спектр 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.

5.3.4. ORBITON PMB 45/80-55 EXP

Предназначение

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).

Характеристики согласно EN 14023:2010

Таблица 5.8. Характеристики модифицированного битума ORBITON 45/80-55 EXP согласно EN 14023:2010

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	45-80
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 55
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 50
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -15
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235
Сила растяжения (маленькая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см ²	≥ 2 при 5°C
Изменение массы после старения	EN 12607-1	%	≤ 0,5
Повышение температуры размягчения после старения	EN 1427	°C	≤ 8
Остаточная пенетрация после старения	EN 1426	%	≥ 60
Упругое восстановление при 25°C после старения	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 50
Устойчивость при хранении: разница температур размягчения	EN 13399, EN 1427	°C	≤ 5
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399, EN 1427	0,1 мм	≤ 9
Диапазон пластичности	EN 14023 Подпункт 5.2.8.4	°C	TBR ^a
Понижение температуры размягчения после старения	EN 12607-1, EN 1427	°C	≤ 2

a) TBR (To Be Reported) – требуется указать

Характеристики согласно *Superpave*

Характеристики битума ORBITON 45/80-55 EXP согласно *Superpave* (на основании испытаний, проведенных в 2013 году).

- классификация согласно AASHTO MP 1: **PG 70-22**
- верхние критические температуры (AASHTO T 315):
 - $G^*/\sin\delta = 1$ кПа (свежий битум)
 - $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа (битум после старения RTFOT)
 - $G^* \cdot \sin\delta = 5000$ кПа (битум после старения RTFOT и PAV)

$$T_{\text{крит}} = 74.7^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{крит}} = 70.6^\circ\text{C}$$

$$T_{\text{крит}} = 14.4^\circ\text{C}$$

- нижние критические температуры (AASHTO PP 42; EN 14771):
 - температура при $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -17,9^{\circ}\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -18,0^{\circ}\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 242,3$ МПа
- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7):

Температура	64°C	70°C
J_{nr} 0,1 кПа	0,568	1,180
J_{nr} 3,2 кПа	0,682	1,729
J_{nr} diff	20,1	46,5
R 0,1 кПа	62,6	57,2
R 3,2 кПа	57,3	42,9
R diff	10	30
Конечная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	V (Very Heavy)	H (Heavy)

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	145 ÷ 150°C
На асфальтобетонном заводе:	
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 8 ч)	< 230°C
Температура литого асфальтобетона МА в мешалке (при времени хранения асфальтобетонной смеси до 4 ч)	< 240°C
Внимание: во время производства литого асфальтобетона 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)	155°C

Зависимость вязкости от температуры

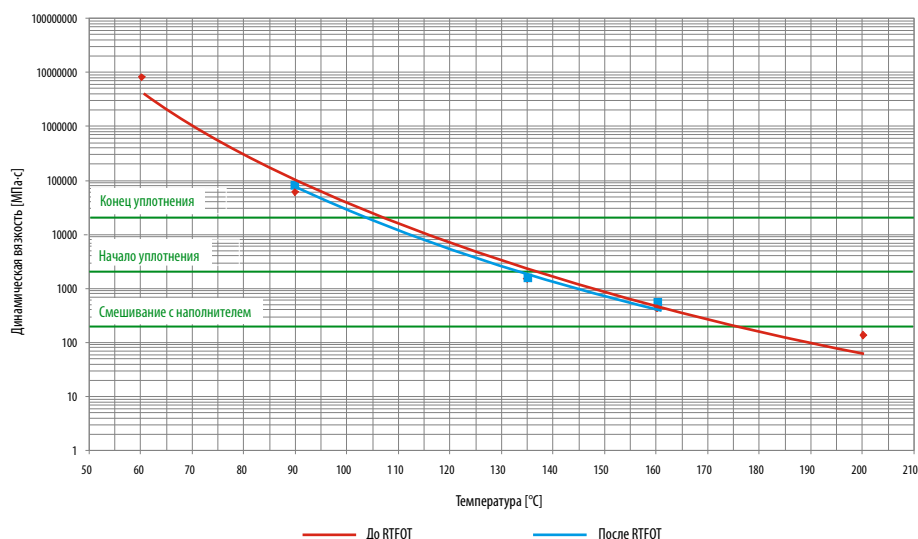


Рис. 5.5. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 45/80-55 EXP

Таблица 5.9. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 45/80-55, производимого в 2012 году. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 21	Па·с	90°C	55,100
					135°C	1,260
					160°C	0,402
			шпindelь № 21.	Па·с	90°C после RTFOT	70,917
					135°C после RTFOT	1,571
					160°C после RTFOT	0,453

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 характеристик 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 (7-го дня, 9-го дня и т. д.) или в других интервалах 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 (спектр 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.

5.3.5. ORBITON PMB 45/80-65

Предназначение

Модифицированный битум ORBITON 45/80-65 является модифицированным битумом, 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 вяжущее является довольно сложным для укладки во время неблагоприятных погодных условий (быстрое затвердевание слоя, проблемы с уплотнением). Благодаря очень 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.

Характеристики в соответствии с PN-EN 14023:2011

Таблица 5.10. Характеристики модифицированного битума ORBITON 45/80-65 в соответствии с PN-EN 14023:2011

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	45 – 80
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 65
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 80
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -15
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235
Сила растяжения (маленькая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см ²	≥ 2 при 10°C
Изменение массы после старения	EN 12607-1	%	≤ 0,5
Повышение температуры размягчения после старения	EN 1427	°C	≤ 8
Остаточная пенетрация после старения	EN 1426	%	≥ 60
Упругое восстановление при 25°C после старения	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 60
Устойчивость при хранении: разница температур размягчения	EN 13399, EN 1427	°C	≤ 5
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399, EN 1427	0,1 мм	NPD ^b
Диапазон пластичности	EN 14023 Подпункт 5.2.8.4	°C	NR ^b
Понижение температуры размягчения после старения	EN 12607-1, EN 1427	°C	TBR ^a

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

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума ORBITON 45/80-65 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009–2012 годах).

- классификация согласно 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 $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -18,3^{\circ}\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -14,3^{\circ}\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 235$ МПа

- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7):

Температура	64°C	70°C
$J_{\text{nr}} 0,1$ кПа	0,114	0,271
$J_{\text{nr}} 3,2$ кПа	0,135	0,377
$J_{\text{nr}} \text{ diff}$	18,6	39,1
$R 0,1$ кПа	84,4	75,4
$R 3,2$ кПа	82,9	70,5
$R \text{ diff}$	2	6
Конечная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	E (Extreme)	E (Extreme)

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	150÷155°C
На асфальтобетонном заводе:	
Температура накачивания битума	>150°C
Температура битума для изготовления асфальтобетонной смеси	175÷185°C
В полевых условиях:	
Минимальная температура поставляемой асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	160°C

Зависимость вязкости от температуры

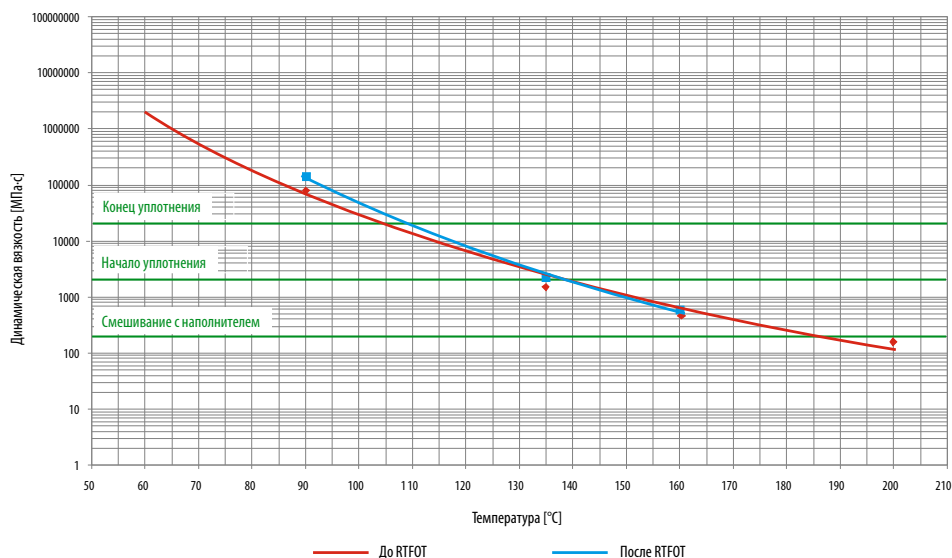


Рис. 5.6. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 45/80-65

Таблица 5.11. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 45/80-65, производимого в 2012 году. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 21	Па·с	90°C	81,57
					135°C	1,54
					160°C	0,49
			шпindelь № 27	Па·с	90°C после RTFOT	128,00
					135°C после RTFOT	2,17
					160°C после RTFOT	0,58

Характеристики структуры полимера

- код дисперсии полимера согласно EN 13632: В/Н/S/r или В/Н/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 характеристик 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 (7-го дня, 9-го дня и т. д.) или в других интервалах 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 (спектр 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.

5.3.6. ORBITON PMB 65/105-60

Предназначение

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.

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 когезией² и эластичностью. Благодаря этому продукт очень хорошо подходит в качестве вяжущего для смесей с прерывистой грануляцией для укладки тонких слоев дорожного покрытия. К таким применениям можно зачислить пористый асфальтобетон РА, смеси для тонких слоев износа ВВТМ и АУТЛ, 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 и когезия вяжущего.

Характеристики в соответствии с PN-EN 14023:2011

Таблица 5.12. Характеристики модифицированного битума ORBITON 65/105-60 в соответствии с PN-EN 14023:2011

Показатель	Метод испытания	Единица	Требование
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0,1 мм	65–105
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥ 60
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥ 70
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤ -15
Температура вспышки	EN ISO 2592	°C	≥ 235
Сила растяжения (маленькая скорость растяжения)	EN 13589 EN 13703	Дж/см ²	≥ 3 при 5°C
Изменение массы после старения	EN 12607-1	%	≤ 0,5
Повышение температуры размягчения после старения	EN 1427	°C	≤ 10
Остаточная пенетрация после старения	EN 1426	%	≥ 60
Упругое восстановление при 25°C после старения	EN 12607-1, EN 13398	%	≥ 60
Устойчивость при хранении: разница температур размягчения	EN 13399, EN 1427	°C	≤ 5
Устойчивость при хранении: разница пенетрации при 25°C	EN 13399, EN 1427	0,1 мм	NR ^b
Диапазон пластичности	EN 14023 Подпункт 5.2.8.4	°C	NR ^b
Понижение температуры размягчения после старения	EN 12607-1, EN 1427	°C	TBR ^a
a) TBR (To Be Reported) – требуется указать b) NR (No Requirement) – нет требований			

2) Здесь: мера внутреннего сопротивления битума, подвергаемого разделению на части, для полимер-модифицированного битума применяется способ растяжения с измерением силы согласно PN-EN 13589.

Характеристики согласно Superpave

Характеристики битума ORBITON 65/105-60 согласно Superpave (на основании испытаний, проведенных в 2009—2012 годах).

- классификация согласно 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 $S(60) \leq 300$ МПа $T(S)_{60} = -20,5^{\circ}\text{C}$
 - температура при $m(60) \geq 0,3$ $T(m)_{60} = -20,6^{\circ}\text{C}$
 - жесткость при температуре -16°C $S(T)_{-16} = 172$ МПа
- результаты и классификация согласно методу MSCR (объяснение в главе 7):

Температура	64°C
$J_{nr} 0,1$ кПа	0,382
$J_{nr} 3,2$ кПа	0,469
$J_{nr} \text{ diff}$	22,9
$R 0,1$ кПа	79,3
$R 3,2$ кПа	76,1
$R \text{ diff}$	4
Конечная классификация пригодности для дорожного движения (при температуре испытания) согласно новейшей классификации PG	E (Extreme)

Технологические температуры

В лаборатории:	
Температура уплотнения образцов (образцы Маршалла или образцы, уплотненные в компакторе)	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 поставляемой асфальтобетонной смеси (в бункере асфальтоукладчика)	155°C

Зависимость вязкости от температуры

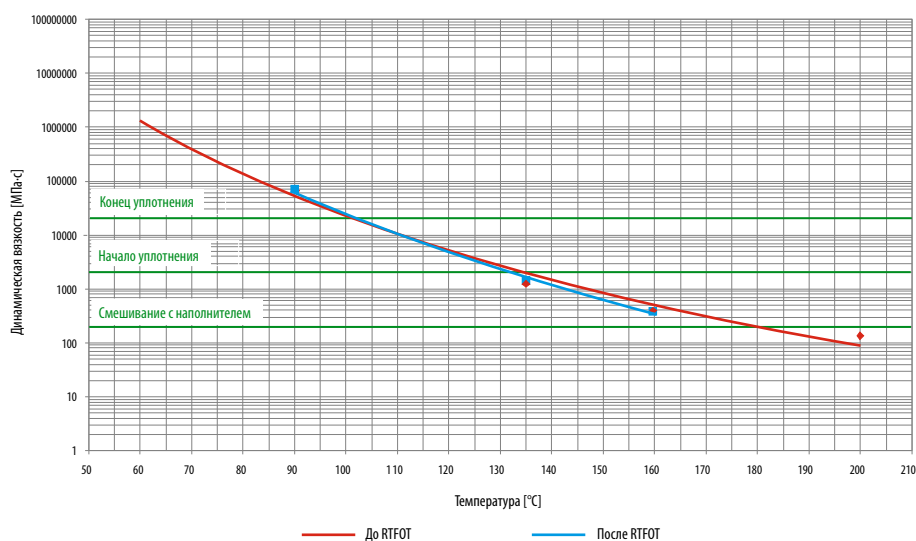


Рис. 5.7. Зависимость вязкости от температуры для модифицированного битума ORBITON 65/105-60

Таблица 5.13. Примерные результаты испытаний на вязкость модифицированного битума ORBITON 65/105-60, производимого в 2012 году. Испытания, проведенные в ООО «ОРЛЕН Лаборатория»

Вид вязкости	Метод испытания	Ссылочный документ	Параметры оборудования	Единица	Температура испытания	Примерный результат испытания на вязкость
динамическая	Ротационный вискозиметр Брукфилда	ASTM D4402 EN 13702-2	шпindelь № 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: V/H/S/r или V/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 характеристик модифицированного битума, чтобы удостовериться, что продукт не потерял своих свойств из-за возможности потери стабильности системы битум-полимер, т. е. расслоения компонентов. Испытания должны выпол-

няться после 5-ти дней хранения и каждые последующие 2 дня (7-го дня, 9-го дня и т. д.) или в других интервалах 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 (спектр 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.

5.4. Остальные характеристики модифицированного битума ORBITON

Среди характеристик модифицированного битума, перечисленных в стандарте EN 14023:2010, находятся те, которые производитель может предоставить клиентам в качестве дополнительной информации. Среди них, в частности, находится плотность битума, технологические температуры и степень дисперсии полимера (микроструктура, наблюдаемая под микроскопом).

В целях проектирования асфальтобетонных смесей и вычислений в соответствии со стандартом EN 12697-8 можно использовать данные, содержащиеся в таблице 9.1, приведенной в главе 9.

Технологические температуры приведены в сводной таблице 8.2 в главе 8 в п. 8.6, а условия хранения полимербитума – в п. 8.2.

Микроструктура полимербитума представлена в таблице 5.14. Исследование проводилось в соответствии со стандартом EN 13632 «Битум и битумные вяжущие. Визуальная оценка полимерной дисперсии в полимер-модифицированном битуме».

Для испытания был использован оптический микроскоп с эпифлуоресцентной приставкой. Наблюдения проводились при 100-кратном увеличении в отраженном свете с применением оптического фильтра.

На основании Приложения А.3 к стандарту EN 13632 структура исследуемых полимербитумов была определена набором буквенных символов, характеризующих дисперсионную полимербитумную систему:

В описании применена смешанная маркировка:

- H/I** – для образцов с однородной дисперсией мелких частиц полимера с определенно меньшим количеством средних частиц с неоднородной дисперсией;
- S/M** – для образцов с преобладанием маленьких полимерных частиц с определенно меньшим количеством частиц средней величины;
- s/r** – для образцов частиц в виде продолговатых скоплений полимера. Образец содержит также частицы овальные (круглые) и/или с тенденцией к группированию в кластеры.

Таблица 5.14. Микроструктура полимербитума в соответствии со стандартом EN 13632

Сорт полимербитума	Описание фазы			
	Продолжительность фазы	Описание фазы	Описание размера	Описание формы
10/40-65	B	H	S	r/o
25/55-60	B	H	S	r/o
45/80-55 EXP	B	H	S	r/o
45/80-65	B	H	S	r/o
65/105-60	B	H	S	r/o

На рис. 5.8. указана примерная картина микроструктуры полимербитума, сфотографированная в отраженном свете и увеличенная 100-кратно (УФ свет).

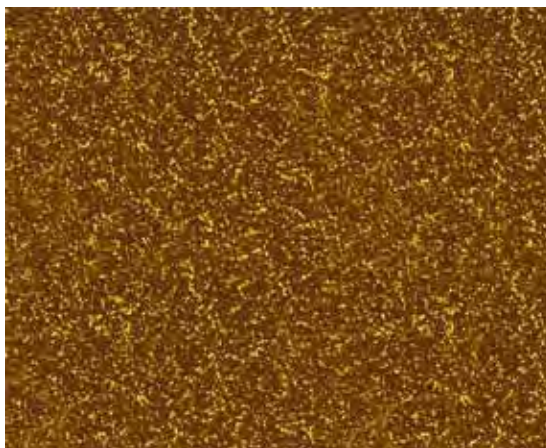


Рис. 5.8. Примерная картина микроструктуры полимербитума с кодами B-H-S-r

ВЫСОКОМОДИФИЦИРОВАННЫЙ БИТУМ ORBITON HiMA

6.1. Введение

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 – устойчивости к трещинообразованию, колееобразованию и усталости. Особенно позитивным было превышение предела содержания СБС-полимера (около 7-7,5% м/м), после чего полимерная фаза полимербитума становилась фазой непрерывной.

Применение для модификации битума такого большого количества СБС-полимера приводило, однако, к определенным техническим последствиям в области производства и использования модифицированного битума в дорожном строительстве:

- проблемам с устойчивостью при хранении и транспортировке полимербитума, а также повышенному риску отслоения полимера от продукта;
- высокой вязкости полимербитума, из-за которой такие вяжущие следовало бы нагревать на АБЗ до гораздо более высокой температуры, чем типичный полимер-модифицированный битум;
- трудностям, связанным с уплотнением асфальтобетонной смеси, содержащей высоковязкие вяжущие, в процессе строительства дороги – быстрое затвердевание смеси в слое, 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 был назван HiMA (Highly Modified Asphalt).

6.2. Принцип действия высокомодифицированного битума HiMA

Как уже упоминалось, основная концепция высокомодифицированного битума заключается в предотвращении трещинообразований в дорожном покрытии, остаточной деформации (колееобразования), а также увеличении усталостной прочности. Для этой цели используется высокое содержание полимера, превышающее 7% м/м, что приводит к инверсии фаз в полимер-битумной смеси (рис. 6.1.).

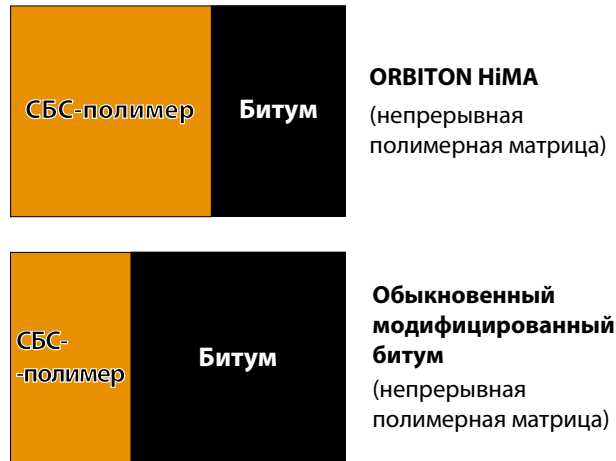


Рис. 6.1. Объемное соотношение между битумом и полимером в типичном полимер-модифицированном битуме и битуме высокомодифицированном

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. 6.2. приведены схемы двух гипотетических ситуаций:

- Рис. А. Распространение трещины, отражаемой слоем асфальтобетонной смеси с 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.
- Рис. Б. Распространение трещины, отражаемой слоем 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 в вяжущем.

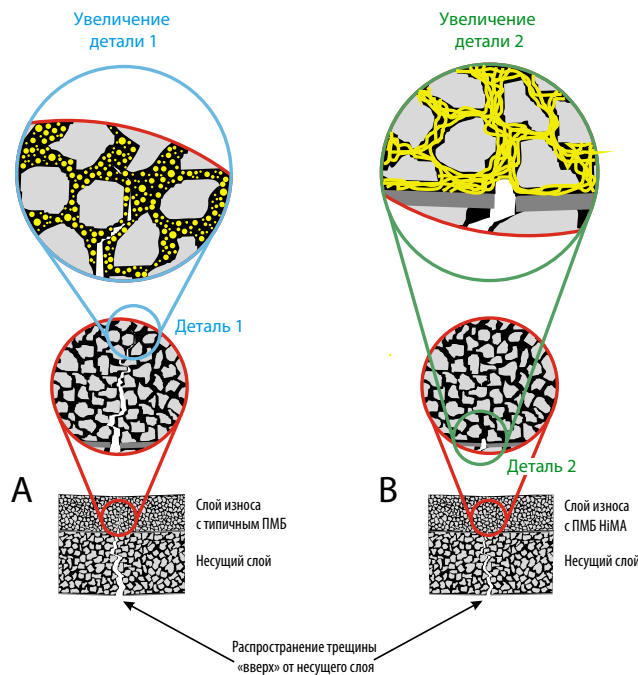


Рис. 6.2. Распространение трещин в асфальтобетонном слое а) с типичным полимер-модифицированным битумом, б) с высокомодифицированным битумом

6.3. Семейство изделий ORBITON HiMA

С 2011 года в Отделе технологий, исследований и развития «ОРЛЕН Асфальт» проводились разработки нового семейства битумных и вяжущих. В результате лабораторных и производственных испытаний были произведены три новых вида модифицированного битума:

- ORBITON 25/55-80 HiMA;
- ORBITON 45/80-80 HiMA;
- ORBITON 65/105-80 HiMA.

Все изделия ORBITON HiMA классифицируются в соответствии с европейской системой EN 14023. На рис. 6.3. приведена диаграмма Pen25-КиШ, указывающая расположение этих продуктов в сравнении с дорожным и модифицированным (типичным) битумом. Заметно значительное повышение диапазона температуры размягчения КиШ для всех изделий ORBITON HiMA, что является непосредственным результатом высокого содержания полимера.

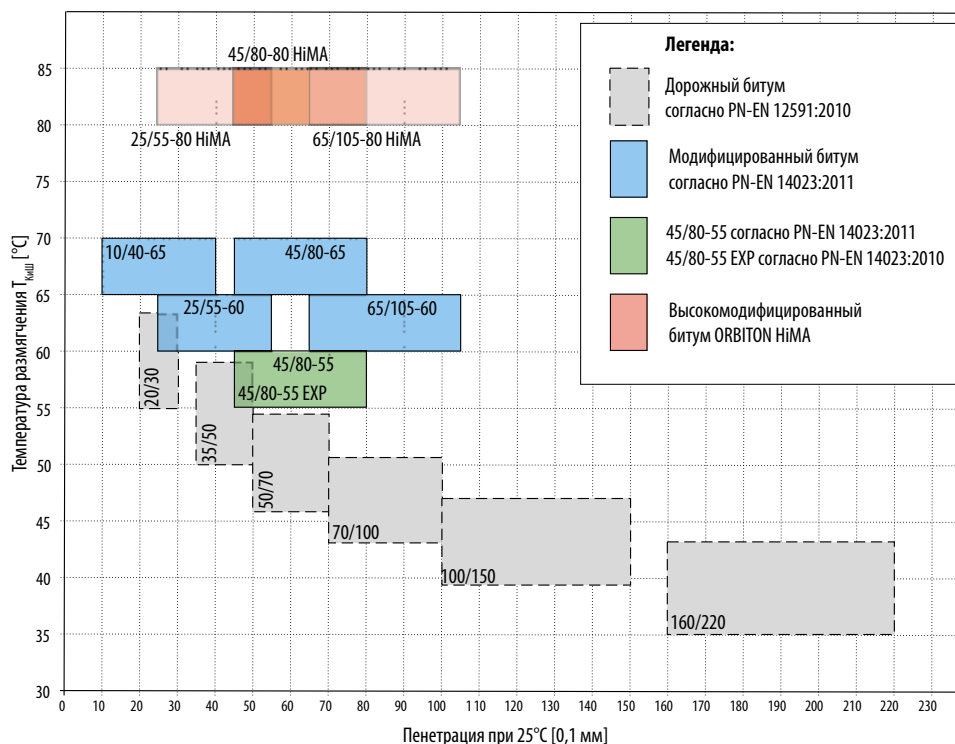


Рис. 6.3. Расположение высокомодифицированного битума ORBITON HiMA в сравнении с дорожным и модифицированным (типичным) битумом

6.4. Результаты испытаний ORBITON HiMA

Высокомодифицированный битум семейства ORBITON HiMA прошёл испытания на этапе лабораторных и производственных разработок. Ниже приведены результаты испытаний вяжущих и содержащих их асфальтобетонных смесей по сравнению с другими дорожными вяжущими, производимыми компанией «ОРЛЕН Асфальт».

Характеристики в соответствии с EN 14023

Таблица 6.1. Избранные характеристики высокомодифицированного битума ORBITON HiMA в соответствии с EN 14023

Показатель	Метод исследования	Единица	ORBITON HiMA		
			25/55-80	45/80-80	65/105-80
Пенетрация при 25°C	EN 1426	0.1 мм	25÷55	45÷80	65÷105
Температура размягчения	EN 1427	°C	≥80	≥80	≥80
Температура хрупкости по Фраасу	EN 12593	°C	≤-15	≤-18	≤-18
Упругое восстановление при 25°C	EN 13398	%	≥80	≥80	≥80
Устойчивость при хранении ^b Разница температур размягчения	EN 13399, EN 1427	°C	≤5	≤5	≤5
Диапазон пластичности	EN 14023 Подпункт 5.2.8.4.	°C	≥95	≥95	≥100

Характеристики согласно Superpave

Таблица 6.2. Избранные характеристики высокомодифицированного битума ORBITON HiMA согласно Superpave (система PG)

Показатель	Метод исследования	ORBITON HiMA		
		25/55-80	45/80-80	65/105-80
Классификация PG	AASHTO MP 1	94-22	82-28	76-28
Классификация по методу MSCR (для вида движения) при 64°C	ASTM D 7405	E (Extreme)	E (Extreme)	E (Extreme)
Классификация по методу MSCR (для вида движения) при 70°C	ASTM D 7405	E (Extreme)	E (Extreme)	E (Extreme)

На рис. 6.4 на общем графике испытаний MSCR представлены результаты испытаний ORBITON HiMA на фоне других вяжущих для дорожного строительства. В первую очередь заметна отличная эластичность вяжущих HiMA при высоких температурах эксплуатации.

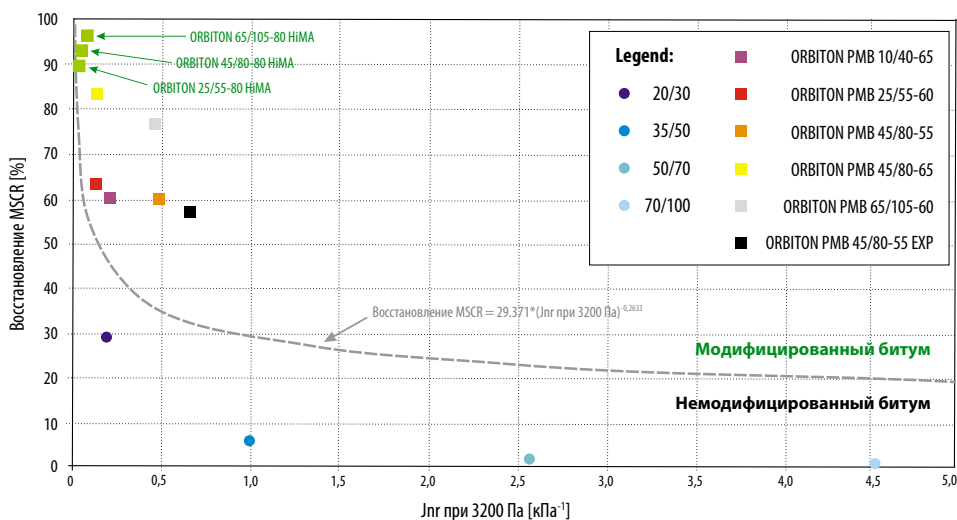


Рис. 6.4. Результаты испытаний ORBITON HiMA на графике MSCR, параметр Лнр при 3,2 кПа, температура 64°C

Низкотемпературные характеристики покрытия (устойчивость к трещинообразованию)

Кроме испытаний вяжущих ORBITON HiMA, были также проведены испытания асфальтобетонных смесей, содержащих эти вяжущие. Для испытаний был использован асфальтобетон АС 16 S (сравнительная смесь,

как в главе 7), отличающийся одинаковой зернистостью и разным (для сравнения) видом вяжущего. Результаты таких исследований по методу TSRST в соответствии с EN 12697-46 приведены на рис. 6.5. Следует отметить, что изделия ORBITON HiMA получили лучшие результаты по сравнению с другими вяжущими похожей твердости.

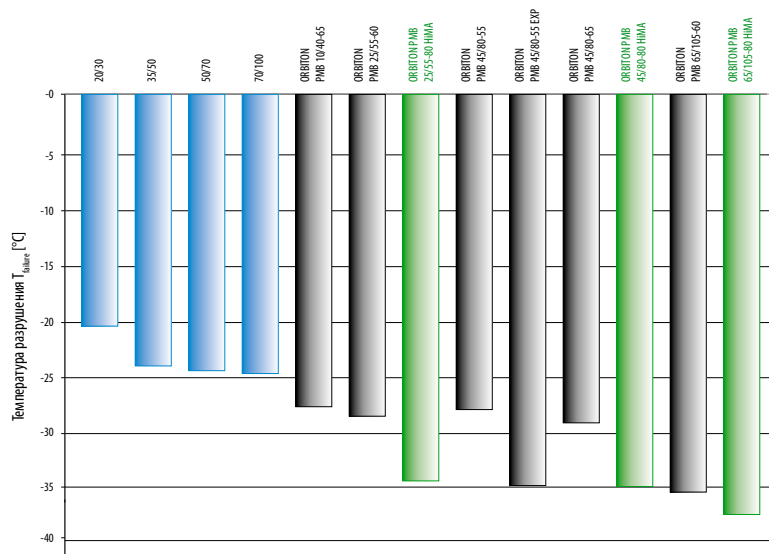


Рис. 6.5. Результаты испытаний на устойчивость покрытия к трещинообразованию, метод TSRST в соответствии с EN 12697-46

Высокотемпературные характеристики покрытия (устойчивость к колееобразованию)

Аналогично испытаниям на прочность к низкотемпературному трещинообразованию, были исследованы характеристики при высокой температуре – устойчивость к колееобразованию. Для этого была использована та же асфальтобетонная смесь AC 16 S, а испытание было проведено в соответствии с EN 12697-22 в маленьком аппарате для колееобразования (метод В), на воздухе, при температуре 60°C, при 10 000 циклах нагрузки. Результаты испытаний представлены на рис. 6.6.

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон AC16W по EN 13108-1

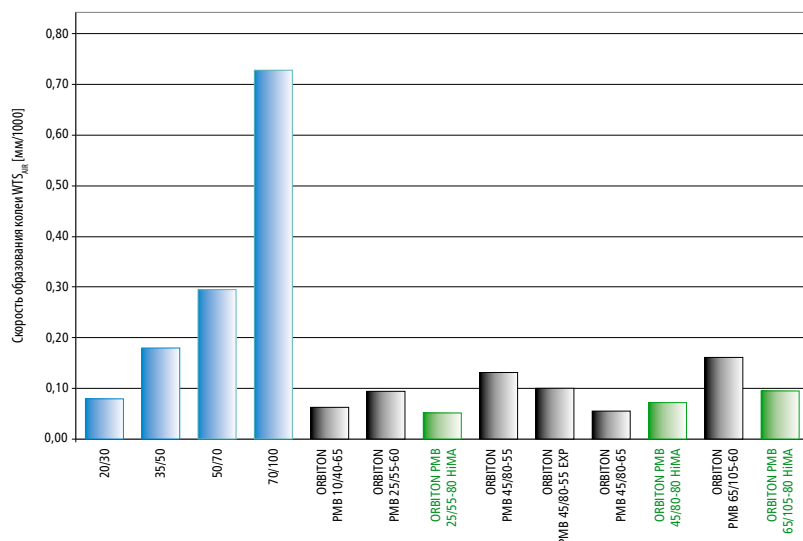


Рис. 6.6. Результаты испытаний на устойчивость к колееобразованию на покрытии, параметр WTS_{AIR}, метод в соответствии с EN 12697-22, маленький аппарат для колееобразования (метод В), на воздухе, при температуре 60°C, 10 000 циклов нагрузки

6.5. Экспериментальный участок в Польше

Осенью 2013 года был построен в Польше экспериментальный участок дорожного покрытия с использованием ORBITON 65/105-80 HiMA. Это был шестой участок в Европе, содержащий высокомодифицированный битум HiMA.

Были изготовлены две секции слоя износа, одна из AC 11 (слой толщиной 4 см), вторая из особой смеси SMA 5 DSH (шумопонижающее покрытие, слой толщиной 2 см). Реализация экспериментального участка дороги доставила ряд технологической информации и доказала, что производство асфальтобетонной смеси с использованием высокомодифицированного вяжущего типа HiMA похоже на типичный модифицированный битум СБС.

На рис. 6.7 представлена фотография процесса строительства экспериментального участка дороги.



Рис. 6.7. Строительство экспериментального участка дороги с использованием ORBITON 65/105-80 HiMA в 2013 г.

6.6. Завершение

Проводимые несколько лет исследования по разработке и введению в производство новой группы высокомодифицированных вяжущих СБС, именуемых ORBITON HiMA, были завершены в 2013 году реализацией экспериментального участка дороги в Польше. Проанализировав результаты тестирования вяжущих, асфальтобетонных смесей и технологических выводов из строительства, мы убеждены, что этот тип вяжущего уже скоро будет составлять основную часть предложений от «ОРЛЕН Асфальт».

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ БИТУМА В БИТУМНЫХ СМЕСЯХ

7.1. Введение

В главах 4, 5 и 6 настоящего справочника представлены свойства каждого из описанных дорожного, модифицированного и высокомодифицированного битума производства «ОРЛЕН Асфальт». Указанные свойства битума по очевидным причинам должны выполнять требования соответствующих документов, по которым они производятся.

Данные свойства вяжущих в определенной степени позволяют классифицировать их по их устойчивости к внешним условиям, в которых они будут применяться: в соответствующем виде битумной смеси (АС, SMA, МА и т. д.) и в слое, в котором она располагается (напр., слой износа, связующий слой, слой дорожного основания).

С точки зрения органа, управляющего дорогой, проектировщика и исполнителя дорожного покрытия самое главное – знать, как ведёт себя битум в фактических условиях эксплуатации дорожного покрытия в данной дорожной конструкции. Осознавая тот факт, что исследования вяжущих являются необходимостью, но они не обеспечивают полного объема знаний, в которых нуждаются строители дорог, компания «ОРЛЕН Асфальт» давно ведет исследования поведения битума в битумных смесях, испытывая их устойчивость к повреждениям при низкой и высокой температуре. В дальнейшей части этой главы приведены результаты испытаний разных битумных смесей, изготовленных с применением вяжущих «ОРЛЕН Асфальт», на устойчивость к колееобразованию и трещинообразованию при низкой температуре.

7.2. Испытание на устойчивость к колееобразованию

Одним из основных эксплуатационных параметров битумных смесей является устойчивость к колееобразованию. Несмотря на то что битумное вяжущее не играет решающей роли в обеспечении устойчивости дорожного покрытия к необратимым деформациям, правильно подобранный вид битума может поддерживать минеральный скелет из заполнителя. В настоящей главе представлены результаты сравнительных испытаний на устойчивость битумных смесей к колееобразованию, проведенных в 2008–2013 гг. компанией «ОРЛЕН Асфальт». Испытания проводились в соответствии со стандартом PN-EN 12697-22.

Особые условия проводимого испытания:

- проведение симуляции колееобразованию с использованием так называемого малого устройства;
- испытание проводилось в воздухе в соответствии с процедурой В;
- температура испытания 60°C;
- количество циклов нагрузки образца – 10 000;
- толщина плиты для колееобразованию – 60 мм;
- смесь АС 16 S с содержанием вяжущего 5,6 масс. %
(фиксированное количество во всех испытаниях, независимо от вида битума).

В смеси АС 16 S было использовано чуть завышенное содержание вяжущего (5,6%) с целью сравнения влияния широкого спектра вяжущих – начиная с очень твердого 20/30, заканчивая на очень мягком 70/100. Применение более «сухой» смеси АС 16 могло бы привести к кумуляции результатов всех твердых вяжущих в очень узком промежутке WTS_{AIR} от 0,01 до 0,05 мм/1000 циклов, что на практике препятствовало бы их сравнению.

Результаты испытаний для всех видов битумных вяжущих представлены далее в настоящей главе. Поскольку предельно допустимая осевая нагрузка составляет в Польше 115 кН (11,5 т), в соответствии с указаниями нормы PN-EN 13108 в испытаниях применялось малое устройство для колееобразования. В большинстве польских указаний по битумным смесям требования по устойчивости к колееобразованию определяются только для параметра WTS_{AIR} , зато для PRD_{AIR} используется опция «укажи результат».

7.2.1. Сравнительные испытания всех вяжущих на АС 16S

В 2012 и 2013 гг. на той же смеси асфальтобетона АС 16 в соответствии со стандартом PN-EN 13108-1 были проведены сравнительные испытания с использованием всех производимых компанией «ОРЛЕН Асфальт» дорожных вяжущих для горячих битумных смесей. Исследовались:

- дорожный битум: 20/30, 35/50, 50/70, 70/100;
- модифицированный битум ORBITON: 10/40-65, 25/55-60, 45/80-55, 45/80-55 EXP, 45/80-65, 65/105-60.

Было сравнено влияние 10 битумных вяжущих на устойчивость асфальтобетона к колееобразованию. Результаты в виде параметров PRD_{AIR} и WST_{AIR} приведены на рис. 7.1 и 7.2. Следует учесть, что результаты представлены на диаграммах исключительно с целью сравнения вяжущих друг с другом. Следовательно, значения полученных параметров WTS и PRD не являются существенными.

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон АС16S по EN 13108-1

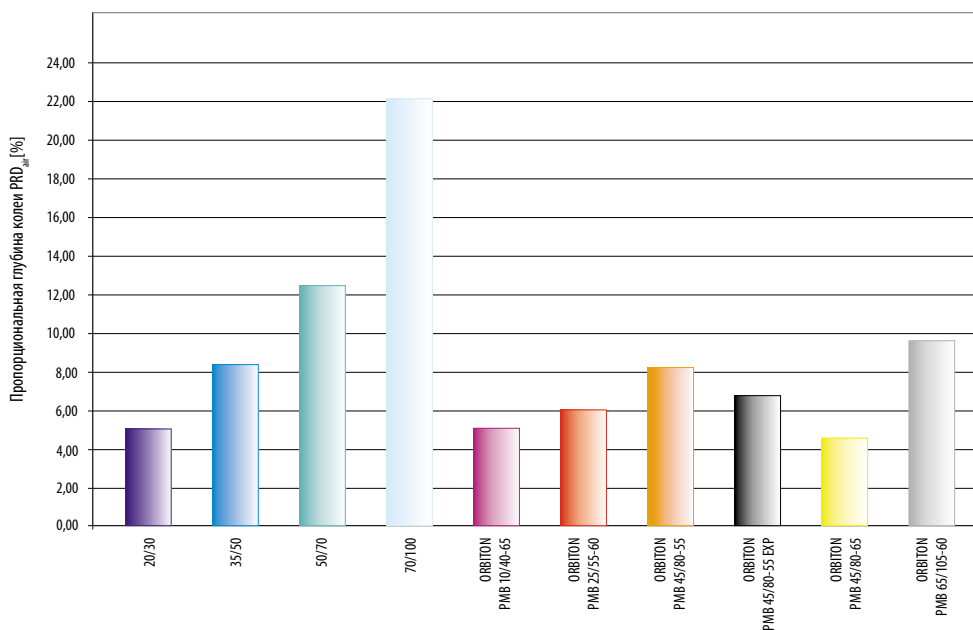


Рис. 7.1. Результаты сравнительных испытаний PRD_{AIR} для 10 битумных вяжущих, которые производились компанией «ОРЛЕН Асфальт» в 2012 и 2013 годах. Битумная смесь АС 16 S

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон АС16S по EN 13108-1

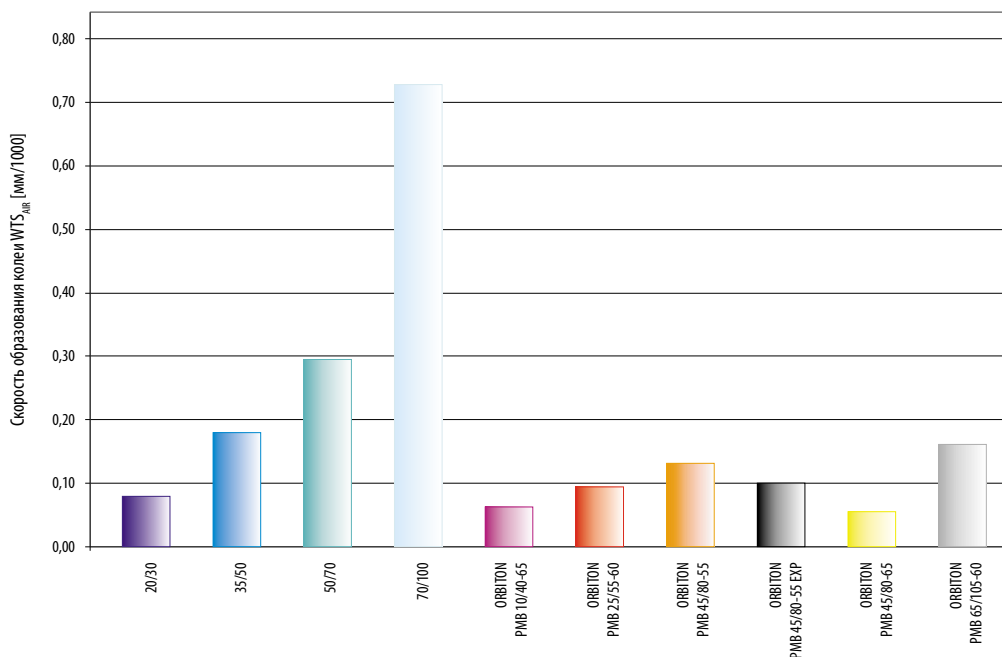


Рис. 7.2. Результаты сравнительных испытаний WTS_{AIR} для 10 битумных вяжущих, которые производились компанией «ОРЛЕН Асфальт» в 2012 г. Битумная смесь АС 16 для связующего слоя (W)

Следует отметить зависимость устойчивости к колееобразованию от твердости и вязкости вяжущего. Очевидно, что хорошую устойчивость к колееобразованию обеспечат очень твердые вяжущие: дорожный битум 20/30 или модифицированный битум ORBITON 10/40-65. Зато менее твердые, но обладающие довольно большой вязкостью вяжущие, в частности модифицированный битум, проявляют значительно лучшие свойства, чем дорожный битум.

7.2.2. Сравнительные испытания отдельных вяжущих

В 2008–2013 гг. были проведены сравнительные испытания непосредственно дорожного и модифицированного битума. Анализируя приведенные результаты, нужно помнить, что они касаются конкретных битумных смесей и могут не являться повторимыми для смесей с другими заполнителями, размером зерен, содержанием вяжущего и объемными свойствами. Целью исследования являлась в первую очередь оценка различного влияния разных видов битума на устойчивость к колееобразованию.

7.2.2.1. ORBITON 10/40-65

На рис. 7.3 и 7.4 приведены результаты сравнительных испытаний асфальтобетона АС 16, смеси с дорожным битумом 20/30 и битумом, модифицированным полимерами 10/40-65.

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон AC16S по EN 13108-1

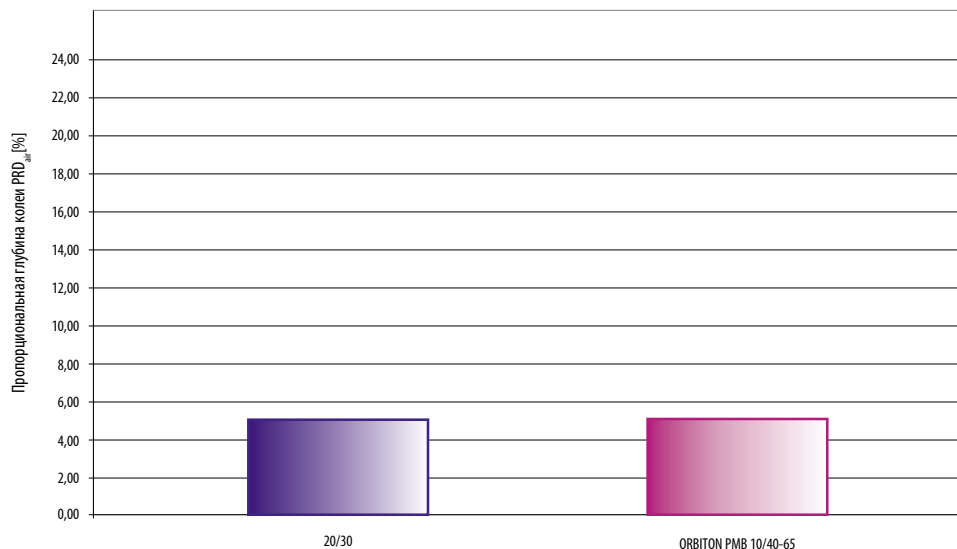


Рис. 7.3. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (PRD_{AIR}) AC 16 S с дорожным битумом 20/30 и с модифицированным битумом ORBITON 10/40-65

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон AC16S по EN 13108-1

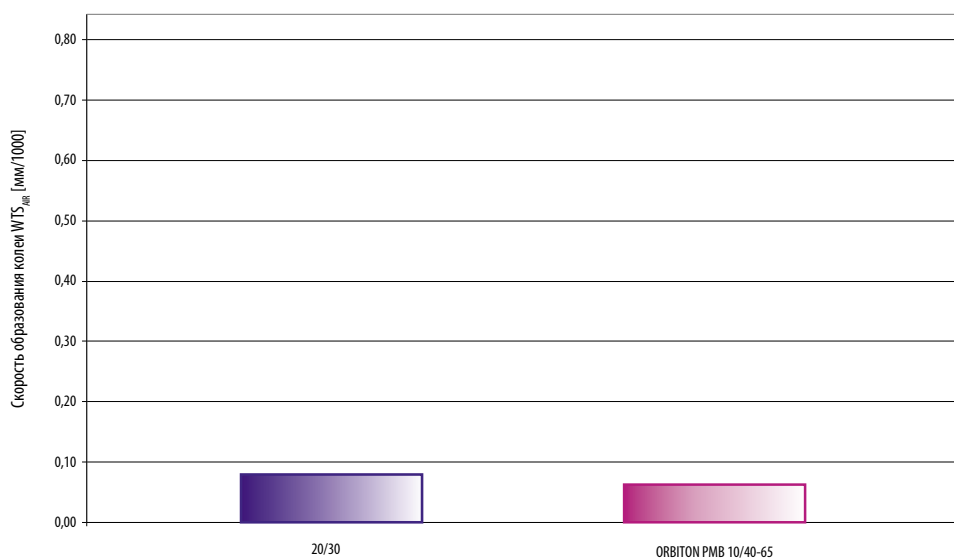


Рис. 7.4. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (WTS_{AIR}) AC 16 S с дорожным битумом 20/30 и с модифицированным битумом ORBITON 10/40-65

7.2.2.2. ORBITON 25/55-60

На рис. 7.5 и 7.6 приведены результаты сравнительных испытаний асфальтобетона АС 16, смеси с дорожным битумом 35/50 и битумом, модифицированным полимерами ORBITON 25/55-60. В обоих важнейших параметрах колеобразования ORBITON 25/55-60 проявляет очень хорошие свойства по сравнению с дорожным битумом такой же твердости (35/50).

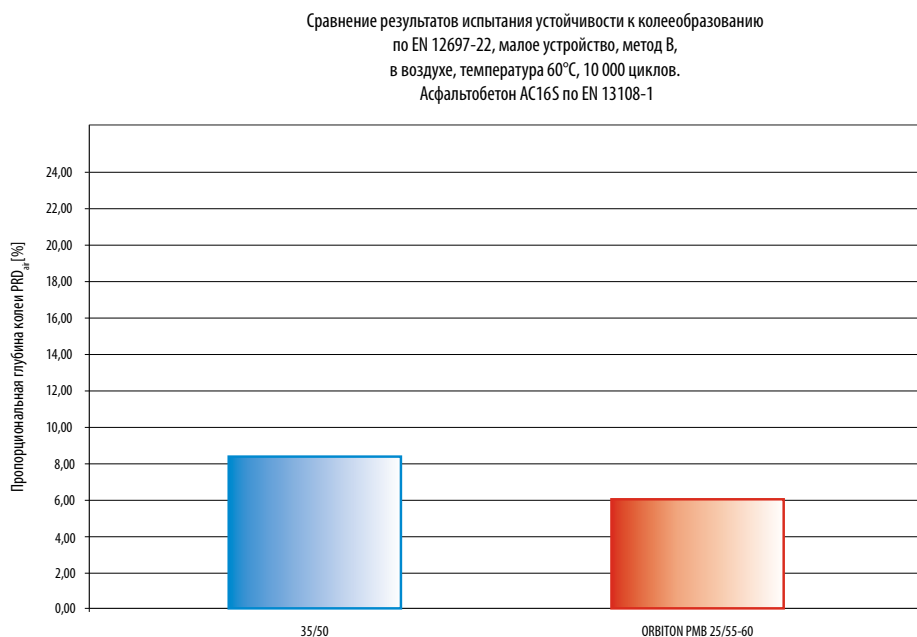


Рис. 7.5. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колеобразованию (PRD_{AIR}) АС 16 S с дорожным битумом 35/50 и с модифицированным битумом ORBITON 25/55-60

Скорость образования колеи WTS_{AIR} [мм/1000]

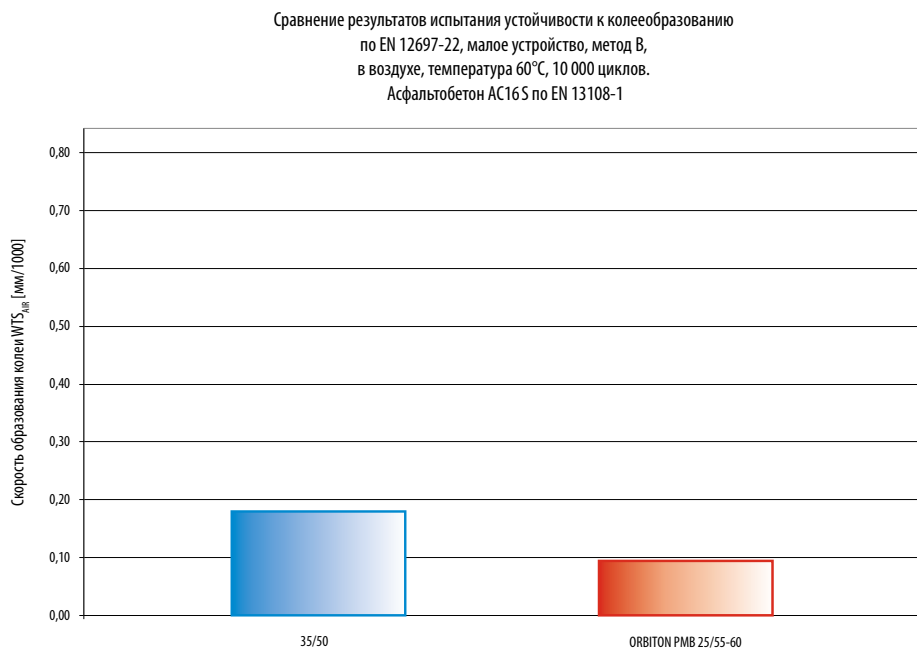


Рис. 7.6. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колеобразованию (WTS_{AIR}) АС 16 S с дорожным битумом 35/50 и с модифицированным битумом ORBITON 25/55-60

7.2.2.3. ORBITON 45/80-55

ORBITON 45/80-55 является очень популярным в Польше модифицированным битумом, применяемым для слоев износа. Он характеризуется хорошими функциональными характеристиками и легкостью применения.

На рисунках 7.7 и 7.8 представлены результаты сравнительных испытаний SMA 8 для слоя износа с дорожным битумом 50/70 и битумом, модифицированным полимерами ORBITON 45/80-55. В обоих важнейших параметрах колееобразования ORBITON 45/80-55 имеет несравненно лучшие показатели, чем дорожный битум такой же твердости (50/70).

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон АС16S по EN 13108-1

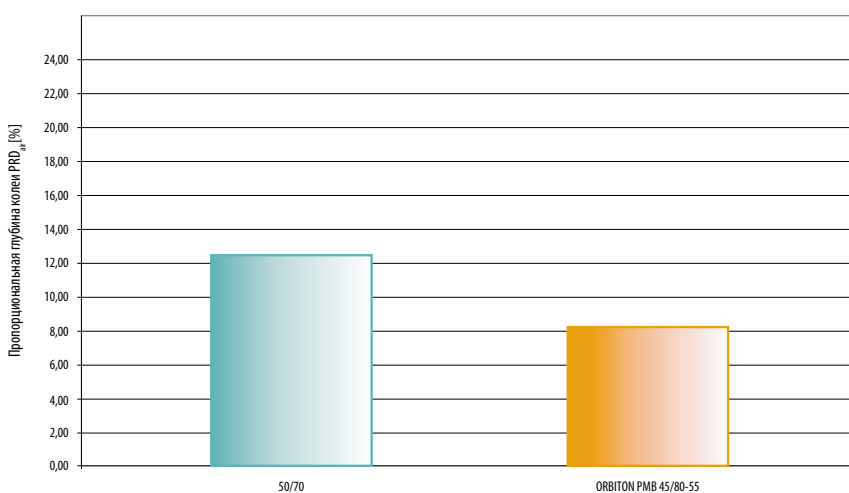


Рис. 7.7. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (PRD_{AIR}) АС 16S с дорожным битумом 50/70 и с модифицированным битумом ORBITON 45/80-55

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон АС16S по EN 13108-1

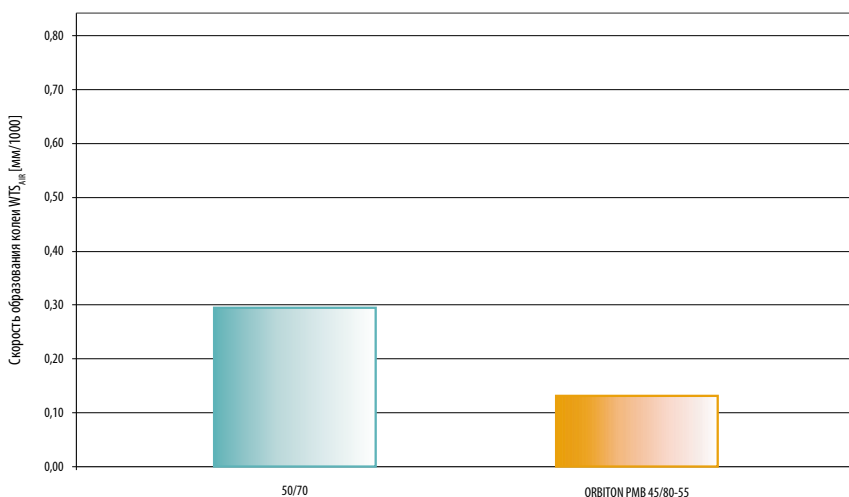


Рис. 7.8. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (WTS_{AIR}) АС 16 S с дорожным битумом 50/70 и с модифицированным битумом ORBITON 45/80-55

7.2.2.4. ORBITON 45/80-55 EXP

В 2013 г. было запущено производство битума ORBITON 45/80-55 EXP, предназначенного для рынков Прибалтики: Литвы, Латвии и Эстонии. Это вяжущее отличается от стандартного битума ORBITON 45/80-55 повышенным содержанием полимера и лучшими характеристиками при низких температурах (температура хрупкости по Фраусу $\leq -15^{\circ}\text{C}$). Очень хорошие характеристики битума ORBITON 45/80-55 EXP привели к тому, что его начали продавать и в Польше, заменяя им постепенно битум ORBITON 45/80-55.

На рис. 7.9 и 7.10 приведены результаты сравнительных испытаний асфальтобетона AC 16 S с битумом, модифицированным полимерами ORBITON 45/80-55 и битумом, модифицированным полимерами ORBITON 45/80-55 EXP. В обоих важнейших параметрах колееобразования ORBITON 45/80-55 EXP проявляет очень хорошие свойства по сравнению с ORBITON 45/80-55.

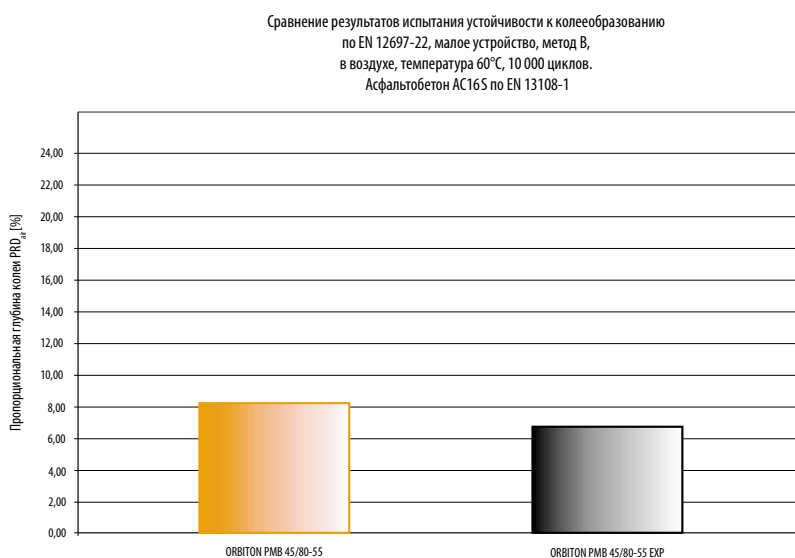


Рис. 7.9. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (PRD_{AIR}) AC 16 S с модифицированным битумом ORBITON 45/80-55 и с модифицированным битумом ORBITON 45/80-55 EXP

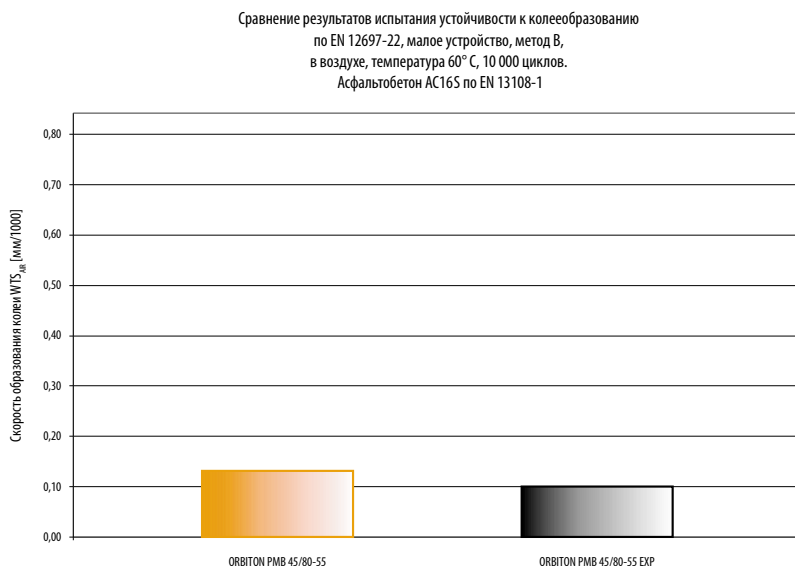


Рис. 7.10. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (WTS_{AIR}) AC 16 S с модифицированным битумом ORBITON 45/80-55 и с модифицированным битумом ORBITON 45/80-55 EXP

7.2.2.5. ORBITON 45/80-65

ORBITON 45/80-65 – это модифицированный битум, применяемый для слоев износа. Он характеризуется очень хорошими функциональными характеристиками: высокой температурой размягчения и упругостью.

На рисунках 7.11 и 7.12 представлены результаты сравнительных испытаний АС 16 S с дорожным битумом 50/70 и битумом, модифицированным полимерами ORBITON 45/80-65. В обоих самых важных параметрах колееобразования ORBITON 45/80-65 проявляет значительно лучшие показатели по сравнению с дорожным битумом такой же твердости (50/70).

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон АС16S по EN 13108-1

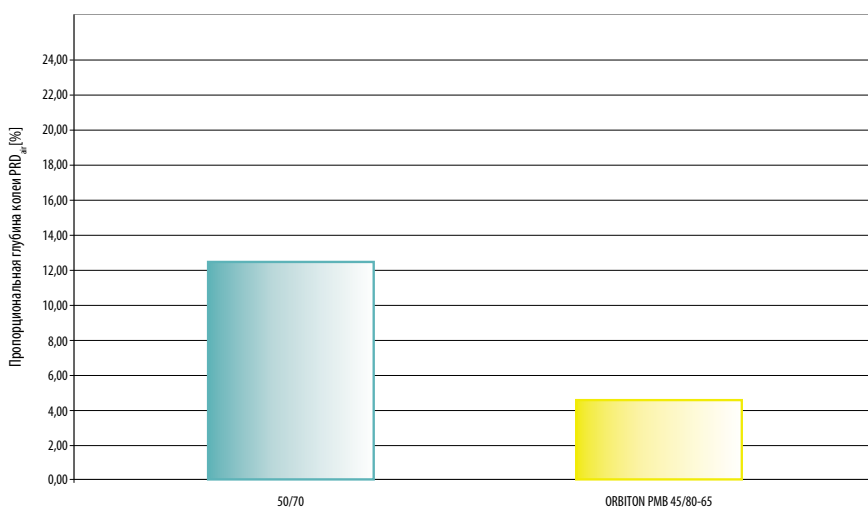


Рис. 7.11. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (PRD_{AIR}) АС 16 S с дорожным битумом 50/70 и с модифицированным битумом ORBITON 45/80-65

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°C, 10 000 циклов. Асфальтобетон АС16S по EN 13108-1

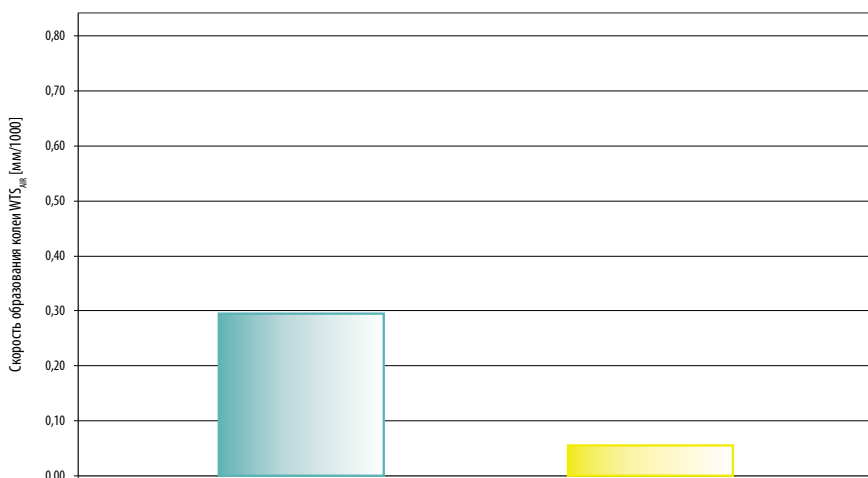


Рис. 7.12. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (WTS_{AIR}) АС 16 S с дорожным битумом 50/70 и с модифицированным битумом ORBITON 45/80-65

7.2.2.6. ORBITON 65/105-60

ORBITON 65/105-60 – это мягкий модифицированный битум, применяемый для слоев износа. Он характеризуется очень хорошей растяжимостью и упругостью, а также превосходными низкотемпературными свойствами.

На рисунках 7.13 и 7.14 представлены результаты сравнительных испытаний АС 16 S с дорожным битумом 50/70 и 70/100, а также с битумом, модифицированным полимерами ORBITON 65/105-60. В обоих важнейших параметрах колееобразования ORBITON 65/105-60 проявляет значительно лучшие свойства по сравнению с дорожным битумом такой же твердости (50/70 и 70/100).

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°С, 10 000 циклов. Асфальтобетон АС16S по EN 13108-1

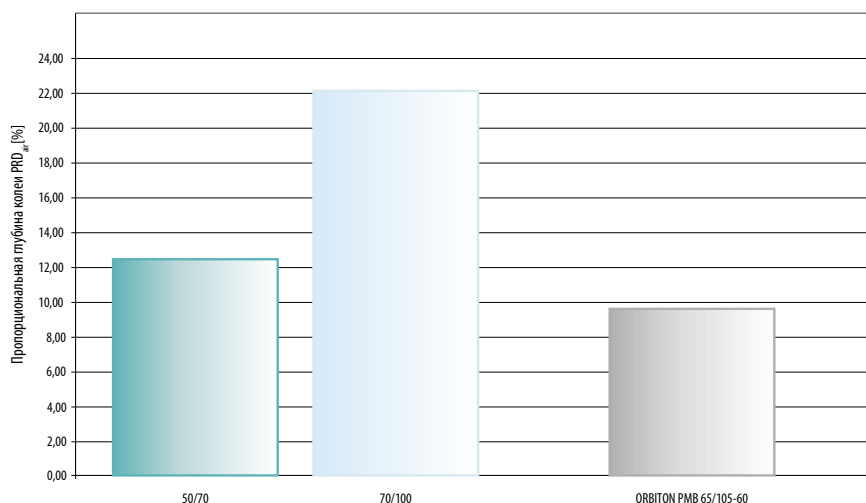


Рис. 7.13. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (PRD_{AIR}) АС 16 S с дорожным битумом 50/70 и 70/100, а также с модифицированным битумом ORBITON 65/105-60

Сравнение результатов испытания устойчивости к колееобразованию по EN 12697-22, малое устройство, метод В, в воздухе, температура 60°С, 10 000 циклов. Асфальтобетон АС16S по EN 13108-1

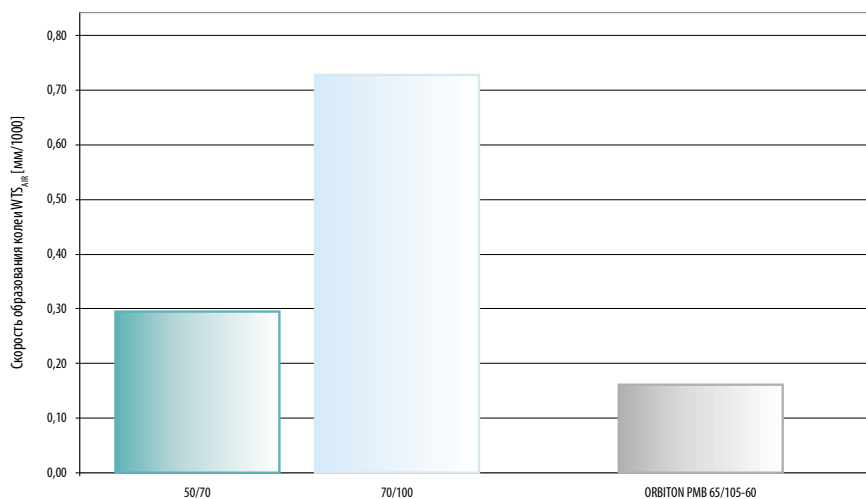


Рис. 7.14. Результаты сравнительных испытаний на устойчивость к колееобразованию (WTS_{AIR}) АС 16 S с дорожным битумом 50/70 и 70/100, а также с модифицированным битумом ORBITON 65/105-60

7.3. Испытания на устойчивость к низкотемпературному трещинообразованию

Результаты испытания на устойчивость к колееобразованию показывают поведение разработанной битумной смеси при относительно высокой температуре (60°C). Однако мы знаем, что дорожное покрытие подвергается повреждениям также зимой, когда температура падает ниже 0°C. Появляющиеся тогда низкотемпературные усадочные трещины являются причиной значительного уменьшения срока службы дорожного покрытия и источником дополнительных затрат на ремонт и уплотнение.

7.3.1. Метод Thermal Stress Restrained Specimen Test (TSRST, термически индуцированное напряжение)

В прошлом использовались различные методы испытаний, которые должны ответить на вопрос, насколько битумно-минеральная смесь устойчива к трещинообразованию. С 2012 г. доступен стандарт, в котором указан ряд полезных методов испытаний: PN-EN 12697-46 «Смеси битумные. Методы испытаний горячих асфальтовых смесей. Часть 46: Определение образования холодных трещин и свойств при низких температурах посредством испытаний на одноосное растяжение». Из числа доступных в стандарте методов в компании «ОРЛЕН Асфальт» для проведения испытаний был избран метод TSRST (от англ. Thermal Stress Restrained Specimen Test). Метод TSRST стандартизован также в США под названием AASHTO TP 10.

Этот метод заключается в подготовке образца в виде цилиндра или прямоугольного параллелепипеда из сгущенной битумной смеси (чаще всего образец вырезается из плиты). Концы образцов приклеиваются к жесткой, недеформируемой раме и помещаются в испытательную камеру. Во время испытания TSRST образец подвергается охлаждению с постоянной скоростью $dT = -10$ К/ч. В результате падения температуры образец подвергается усадке, однако жесткая фиксация к раме предотвращает его деформацию, что приводит к возникновению внутреннего напряжения растяжения в образце, а затем к его разрушению. Результатом испытания являются следующие величины: температура разрушения $T_{failure}$, напряжение разрушения $\sigma_{failure}$, а также кривая зависимости криогенного напряжения от температуры $\sigma_{cr}(T)$.

7.3.2. Сравнительные испытания всех вяжущих на AC 16 S

На рисунках 7.15 и 7.16 приведено сравнение влияния битумных вяжущих на устойчивость асфальтобетона к образованию холодных трещин. Результаты в виде температуры разрушения $T_{failure}$, а также напряжения разрушения $\sigma_{failure}$ отображены на отдельных диаграммах. Испытания были проведены с использованием той же битумной смеси AC 16 S, которая была применена в испытаниях на устойчивость к колееобразованию.

Конечно, указанные на диаграмме 7.15 температуры разрушения не соответствуют температурам, которые фактически появятся в дорожном покрытии. Нужно помнить, что испытание TSRST указывает условную температуру разрушения в определенных условиях испытания. В действительности падение температуры со скоростью 10° С/час – это крайне редкое явление. Следовательно, можно предположить, что указанные результаты относятся к экстремальным условиям – в действительности температура разрушения будет ниже, чему будет способствовать более низкий градиент падения температуры. Дополнительным аспектом оценки результатов образования трещин является содержание вяжущего в использованной в испытаниях смеси AC 16 S. Это содержание является довольно высоким (5,6%), так что нельзя сказать, что это «сухая» смесь. С другой стороны, нельзя сказать с полной уверенностью, что чем больше вяжущего, тем ниже температура разрушения. Как и в большинстве параметров битумных смесей, так и в этом случае существует оптимальное содержание вяжущего в смеси. Из соображений практики, в рассчитанной на много

лет исследовательской программе «ОРЛЕН Асфальт» были приняты некие сравнительные предпосылки, благодаря которым мы можем сравнивать вяжущие с точки зрения их склонности к трещинообразованию в определенных условиях. Следовательно, мы рекомендуем обращаться скорее к размеру столбов и сравнивать их друг с другом, чем на указанную температуру разрушения.

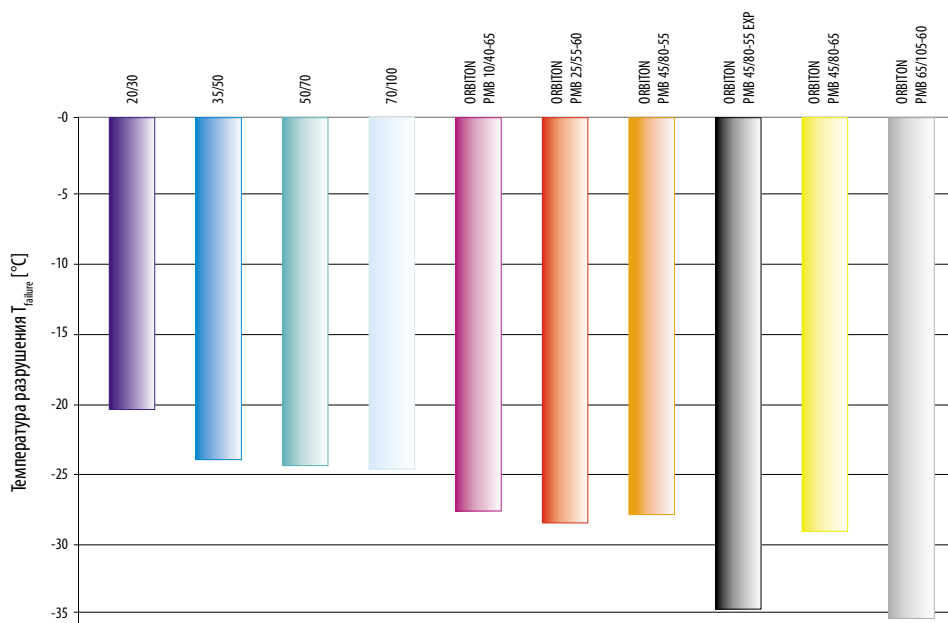


Рис. 7.15. Результаты сравнительных испытаний температуры разрушения $T_{failure}$ для битумной смеси AC 16 S с 10 битумными вяжущими, которые производятся компанией «ОРЛЕН Асфальт»

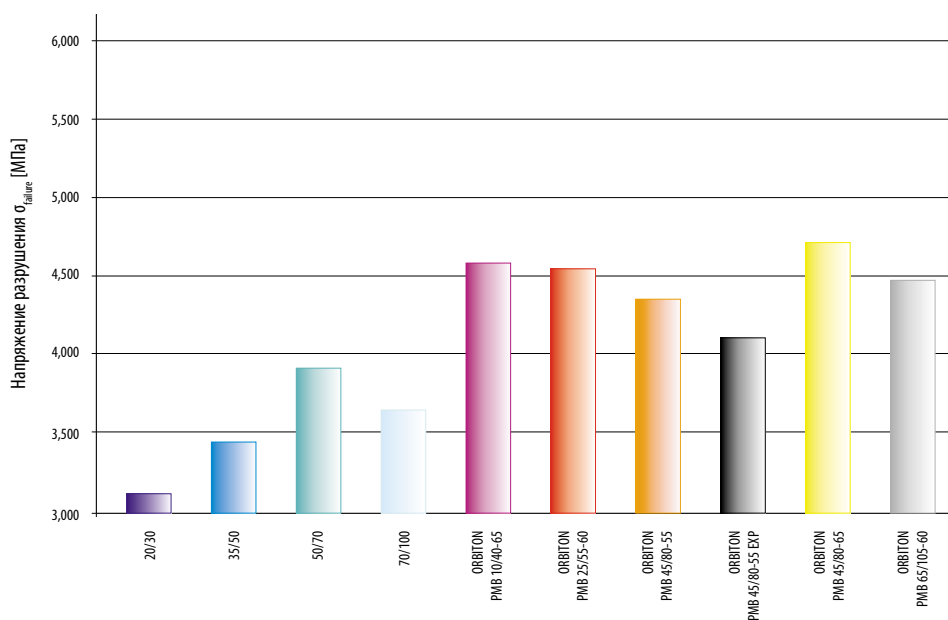


Рис. 7.16. Результаты сравнительных испытаний напряжения разрушения $\sigma_{failure}$ для битумной смеси AC 16 S с 10 битумными вяжущими, которые производятся компанией «ОРЛЕН Асфальт»

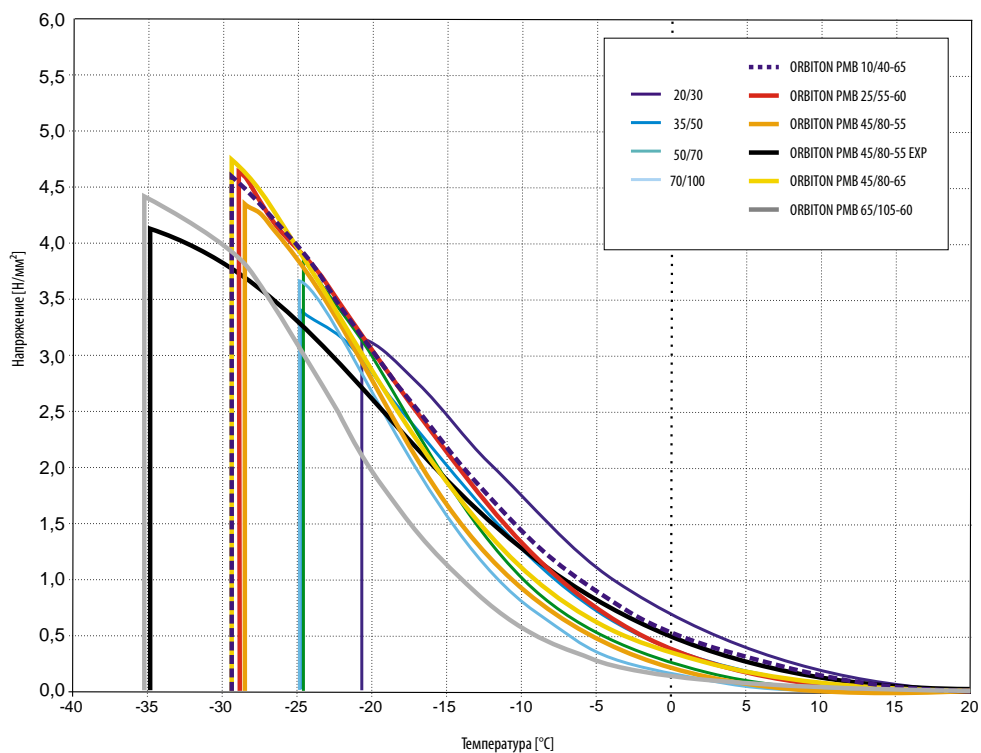


Рис. 7.17. Результаты сравнительных испытаний кривой зависимости напряжения разрушения во время испытания TSRST от температуры $\sigma_{ср}(T)$ для битумной смеси AC 16 S с 10 битумными вяжущими, которые производятся компанией «ОРЛЕН Асфальт»

7.4. Подведение итогов

В настоящей главе были отдельно приведены результаты сравнительных исследований битума в испытаниях на устойчивость к колееобразованию и низкотемпературному трещинообразованию. Часть представленных исследований являлась фрагментом исследовательской программы функциональных характеристик вяжущих, которые производятся компанией «ОРЛЕН Асфальт».

С тех пор как строители дорог начали анализировать высоко- и низкотемпературные свойства битумных вяжущих и их влияние на поведение дорожного покрытия, стало очевидным, что универсальное вяжущее найти очень сложно. Данная проблема указана на рисунке 7.18. Вяжущие, обладающие отличным влиянием на устойчивость дорожного покрытия к колееобразованию, не являются лучшим решением в условиях климата, для которого характерны морозные зимы. Однако следует помнить, что на образование трещин в дорожном покрытии мы можем оказать значительно меньше влияния, чем на колееобразование, следовательно, стоит применять более мягкие вяжущие с хорошей устойчивостью к низким температурам, напр. ORBITON 65/105-60. Это нуждается в более тщательной разработке минерального скелета смеси и, таким образом, в обеспечении требуемого уровня устойчивости к необратимым деформациям в летний сезон.

На рис. 7.18 представлено общее сравнение устойчивости к колееобразованию (параметр WTS_{AIR}) и к трещинообразованию (температура разрушения $T_{failure}$) всех 10 вяжущих, включенных в исследовательскую программу «ОРЛЕН Асфальт».

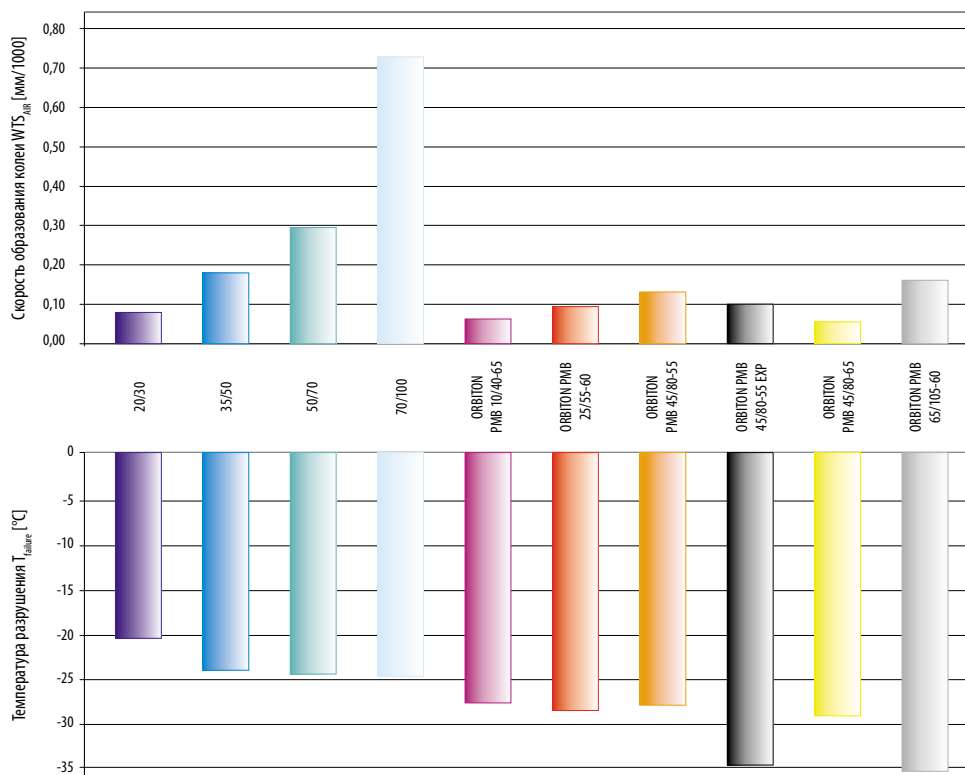


Рис. 7.18. Результаты сравнительных испытаний битумных вяжущих при высоких и низких температурах. Сравнение параметра WTS_{AIR} и температуры разрушения $T_{failure}$. Битумная смесь AC 16 S



Глава 8

СВОЙСТВА БИТУМОВ ПО SUPERPAVE

Методы испытаний и требования, применяемые в европейских стандартах для дорожных вяжущих, описывают в первую очередь так называемое торговое качество. Функциональное качество является значительно более широким понятием и охватывает более широкие пределы параметров. Одной из систем, описывающих битумные вяжущие в функциональных пределах, является разработанная в США система Performance Grade (PG).

Отдел технологии, исследований и развития «ОРЛЕН Асфальт» провел в 2006–2013 гг. исследования свойств битума с использованием исследовательских методов на основе процедур американского метода *Superpave* (AASHTO MP1).

Исследовались избранные виды дорожного и модифицированного полимерами битума, а также опытные вяжущие и новые концепции вяжущих, не упомянутые в настоящем справочнике (за исключением ORBITON HiMA).

8.1. Superpave

В 1987 г. в Соединенных Штатах была инициирована широкомасштабная исследовательская программа под названием «Стратегическая дорожная исследовательская программа» (Strategic Highway Research Program – SHRP). Одной из ее целей являлась разработка новой классификационной системы дорожных вяжущих, учитывающей выполнение вяжущими определенных функций в дорожном покрытии. Вся система, вместе с методом разработки битумных смесей, получила наименование Superpave (SUPERior PERforming Asphalt PAVEMENTS).

В результате введения системы Superpave в США долгое время не применяются уже и такие «классические» параметры, как степень пенетрации, температура размягчения и т. д. Основой классификации вяжущих по Superpave является температурный диапазон, в котором эксплуатируется битум, называемый PG – **Performance Grade** – уровнем эксплуатационных качеств.

Функциональный вид вяжущего маркируется символом «PG X-Y», где:

- x – максимальная температура дорожного покрытия (так называемый верхний PG),
- y – минимальная температура дорожного покрытия (так называемый нижний PG),

при которой может эксплуатироваться данный вид битума. Следовательно, можно констатировать, что в основном климатические условия на территории, на которой строится дорога, обуславливают соответствующий вид битума (вид PG). Верхний и нижний PG выбираются из перечня с градацией каждые 6°C на основании результатов испытаний вяжущего (таблица 8.1).

Таблица 8.1. Ряд функциональных видов 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

Система испытаний битумных вяжущих для определения PG включает испытания при разных температурах, так как битум является термопластическим материалом, то есть изменяет свои свойства вместе с изменениями температуры. Изменение этих свойств влечет за собой определенные виды повреждений дорожного покрытия:

- высокая температура битума (вязкопластичные деформации покрытия);
- низкая температура битума (низкотемпературные трещины покрытия);
- средняя температура битума (усталостные повреждения покрытия, вызванные движением транспортных средств);

с учетом влияния технологического и эксплуатационного старения на свойства битума. Температуры конкретных испытаний зависят от предполагаемой температуры покрытия в месте его эксплуатации.

В результате работ над созданием системы Superpave были разработаны новые исследовательские устройства, используемые в настоящее время для оценки свойств битума. В таблице 8.2 приведены названия этих устройств и их назначение.

Таблица 8.2. Новые исследовательские устройства по Superpave

Устройство	Предназначение
Dynamic Shear Rheometer (DSR) – реометр динамического сдвига	Измерение свойств вяжущего при средних и высоких температурах
Rotational Viscometer (RV) – ротационный вискозиметр	Измерение свойств вяжущего при температурах производства битумной смеси
Bending Beam Rheometer (BBR) – реометр с изгибающейся балкой	Измерение свойств вяжущего при низких температурах
Direct Tension Test (DTT) – прибор для испытания на растяжение	
Rolling Thin Film Oven Test (RTFOT) – вращающаяся тонкопленочная печь	Имитация технологического старения (кратковременного)
Pressure Ageing Vessel (PAV) – аппарат для старения вяжущего под давлением	Имитация эксплуатационного старения (долгосрочного), испытание проводится, как правило, сразу после RTFOT

8.2. Испытания низкотемпературных свойств

Применяемое в Европе определение температуры хрупкости по А. Фраасу имеет ряд недостатков и часто подвергается критике. В США для исследований битума при низкой температуре используется, прежде всего, реометр с изгибающейся балкой.

Анализируя результаты испытаний, в BBR оценивается степень жесткости битума, возникающая при низких температурах. Слишком большая жесткость битума при низкой температуре сказывается отрицательно, так как она оказывает влияние на возникновение трещин. В системе *Superpave* принято, что значение жесткости при ползучести $S(t)$ не может превышать 300 МПа, что должно обеспечить соответствующую устойчивость к трещинообразованию (отсутствие чрезмерной жесткости вяжущего). Значение параметра m должно быть, в свою очередь, больше, чем 0,300, что связано с тем, что в битумах с высоким параметром m релаксация напряжений, возникающих в вяжущем при падении температуры, является более эффективной [15].

В таблице 8.3 указаны результаты испытаний низкотемпературных свойств вяжущих «ОРЛЕН Асфальт» с применением реометра с изгибающейся балкой BBR (Bending Beam Rheometer) после старения в RTFOT и PAV. Параметры исследования:

- Испытание в четырех температурах: -10° , -16° , -22° , -28°C .
- Время термостатирования образца: 60 мин.
- Считанные значения после 60 с нагрузки: $S(60\text{ с})^{\circ}\text{МПа}$, $m(60^{\circ}\text{с})$.

Таблица 8.3. Результаты испытаний низкотемпературных свойств битума после старения (RTFOT + PAV) с применением реометра с изгибающейся балкой BBR (примерные результаты критических температур при $S(60) = 300^{\circ}\text{МПа}$, $m(60) = 0,3$ и жесткости битумов S при температуре -16°C)

Вид битума	Нижняя критическая температура		Жесткость битума при температуре -16°C $S(T)_{-16}$ [МПа]
	Критическая температура при $S(60) = 300^{\circ}\text{МПа}$ $T(S)_{60}$ [$^{\circ}\text{C}$]	Критическая температура при $m(60) = 0,3$ $T(m)_{60}$ [$^{\circ}\text{C}$]	
	EN 14771 AASHTO PP 42	EN 14771 AASHTO PP 42	EN 14771 AASHTO PP 42
	меньше = лучше	меньше = лучше	меньше = лучше
Дорожный 20/30	-14,7	-8,1	370,5
Дорожный 35/50	-15,4	-11,5	338,5
Дорожный 50/70	-16,6	-15,0	294,0
Дорожный 70/100	-16,9	-16,2	285,0
Модифицированный ORBITON 10/40-65	-17,2	-8,6	271,5
Модифицированный ORBITON 25/55-60	-16,9	-13,8	278,0
Модифицированный ORBITON 45/80-55	-18,1	-16,9	242,0
Модифицированный ORBITON 45/80-55 EXP	-17,9	-18,0	242,3
Модифицированный ORBITON 45/80-65	-18,3	-14,3	235,0
Модифицированный ORBITON 65/105-60	-20,5	-20,6	172,3

Некоторые виды дорожных вяжущих имеют слишком высокие значения жесткости при ползучести $S(t)$ или слишком низкое значение параметра m в испытании с применением устройства BBR, но, несмотря на это, они устойчивы к низкотемпературному трещинообразованию. Следовательно, само испытание BBR не решает, насколько вяжущее пригодно к эксплуатации при низкой температуре. С этой целью было разработано устройство DTT (Direct Tension Test), в котором определяется способность вяжущего к удлинению. Ни одна лаборатория в Польше не имеет этого устройства, также и в других странах Европы оно встречается крайне редко.

8.3. Испытание свойств вяжущего при высоких и средних температурах

Этот вид испытаний должен ответить на вопрос, каким параметром сопротивления вязкопластическим деформациям дорожного покрытия обладает битум. В данном испытании применяется аппарат DSR – реометр динамического сдвига и метод по AASHTO M 320 или ASTM D7175.

В испытании DSR определяется устойчивость к высоким температурам:

- комплексный модуль сдвига G^* и фазовый угол δ битума до старения RTFOT;
- комплексный модуль сдвига G^* и фазовый угол δ битума после старения RTFOT.

Необходимо, чтобы в определенной самой высокой температуре эксплуатации битума в дорожном покрытии (т. е. в «верхнем PG») битум обладал соответствующими параметрами, определенными в DSR:

- $G^*/\sin\delta \geq 1,00$ кПа для битума до старения;
- $G^*/\sin\delta \geq 2,20$ кПа для битума после старения по методу RTFOT.

Следующим механизмом повреждения дорожного покрытия является усталость. В испытании, определяющем устойчивость вяжущего к образованию усталостных трещин, используется также аппарат DSR. Испытание проводится при средней температуре (зависящей от вида PG) и направлено на то, чтобы проверить, не является ли комплексный модуль сдвига G^* слишком высоким, а следовательно, не является ли дорожное покрытие слишком жестким. В соответствии с требованиями, жесткость $G^*\cdot\sin\delta$ должна быть ограничена до не более 5000 кПа (в более новой версии системы PG эта граница поднята до 6000 кПа, смотри п. 8.4.).

В таблице 8.4 приведены результаты испытаний свойств в реометре динамического сдвига DSR. Параметры испытания:

- комплексный модуль сдвига G^* и фазовый угол δ битума до старения для определения критической температуры при $G^*/\sin\delta = 1$ кПа;
- комплексный модуль сдвига G^* и фазовый угол δ битума после старения RTFOT для определения критической температуры при $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа;
- комплексный модуль сдвига G^* и фазовый угол δ битума после старения RTFOT + PAV для определения критической температуры при $G^*\cdot\sin\delta = 5000$ кПа.

Таблица 8.4. Результаты испытаний свойств битума в реометре динамического сдвига DSR. Значения, полученные в испытаниях битума за 2009–2013 гг.

Вид дорожного битума	Критическая температура при $G^*/\sin\delta = 1$ кПа битум до старения	Критическая температура при $G^*/\sin\delta = 2,2$ кПа битум после RTFOT	Критическая температура при $G^*\sin\delta = 5000$ кПа битум после RTFOT + PAV
	AASHTO T 315	AASHTO T 315	AASHTO T 315
	больше = лучше	больше = лучше	меньше = лучше
Дорожный 20/30	83,7	84,7	26,0
Дорожный 35/50	73,2	74,2	23,1
Дорожный 50/70	67,7	67,8	20,5
Дорожный 70/100	63,4	63,6	19,1
Модифицированный ORBITON 10/40-65	88,5	83,8	19,5
Модифицированный ORBITON 25/55-60	83,1	80,5	22,0
Модифицированный ORBITON 45/80-55	74,5	72,9	17,7
Модифицированный ORBITON 45/80-55 EXP	74,7	70,6	14,4
Модифицированный ORBITON 45/80-65	83,2	77,7	17,6
Модифицированный ORBITON 65/105-60	74,9	69,2	13,6

На рисунке 8.1 приведены кривые Блэка для исследуемого битума. Они служат для оценки комплексного модуля сдвига вяжущего G^* в зависимости от фазового угла δ , в частности для испытания поведения вяжущего в пределах $\delta > 60^\circ$, т. е. в пределах вязкого поведения материала.

На рисунках 8.2 и 8.3 приведены обобщенные кривые (от англ. master curves) комплексного модуля сдвига G^* и фазового угла δ в зависимости от частоты. Испытания проведены в пределах частот $0,1 \div 10$ Гц для температуры $-10^\circ, 0^\circ, 10^\circ, 25^\circ, 40^\circ, 60^\circ, 70^\circ\text{C}$, а затем с использованием принципа температурно-временной суперпозиции были получены обобщенные кривые для температуры 25°C .

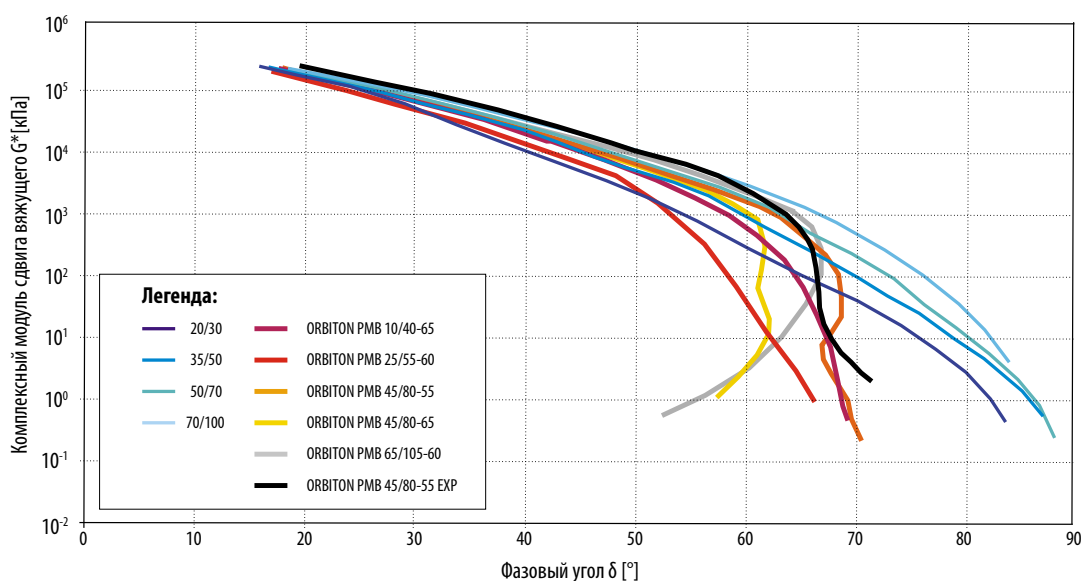


Рис. 8.1. Кривая Блэка для битума до старения

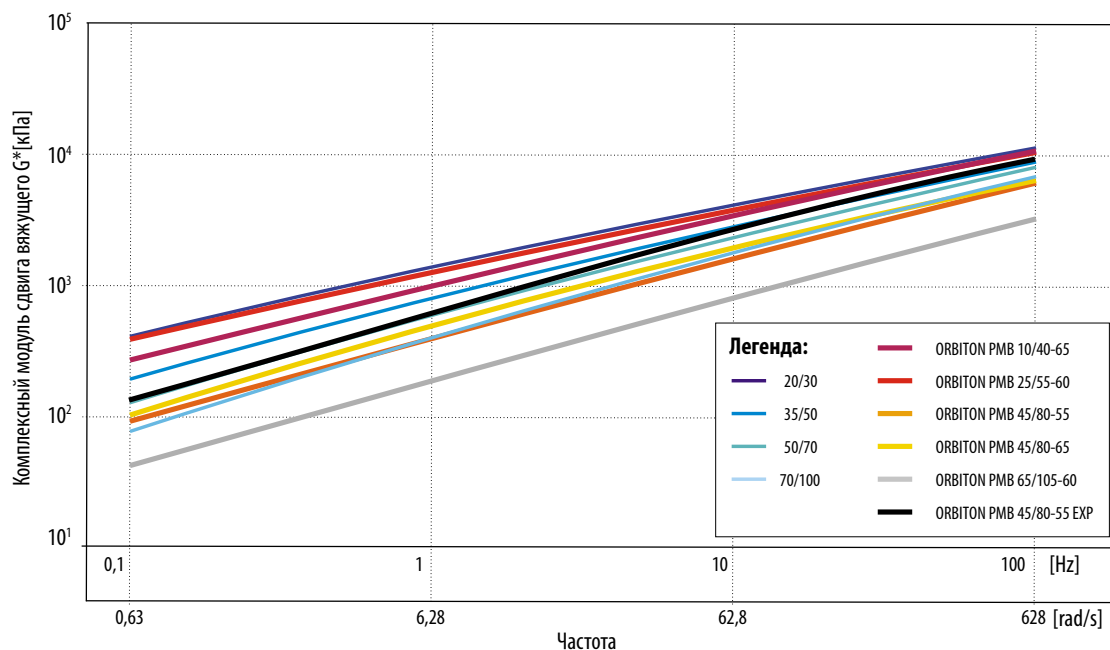


Рис. 8.2. Обобщенная кривая комплексного модуля сдвига G^* в зависимости от частоты для битума до старения. Развертка в диапазоне частот от 0,1 до 10 Гц, суперпозиция до 25°C

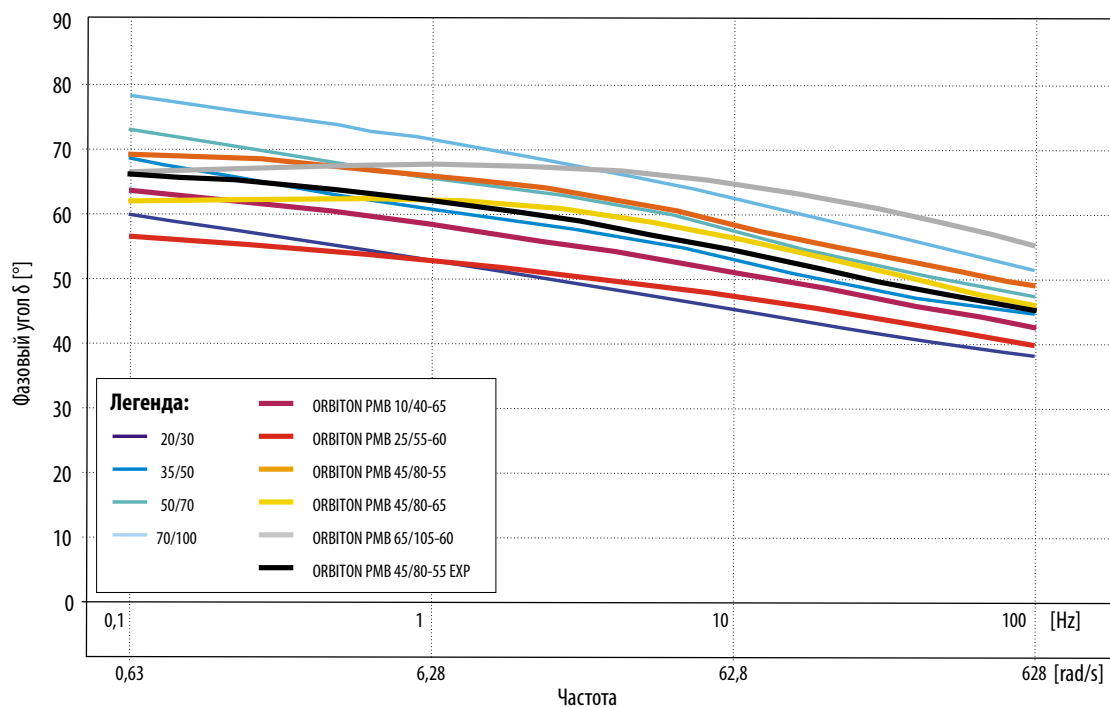


Рис. 8.3. Обобщенная кривая фазового угла δ в зависимости от частоты для битума до старения. Развертка в диапазоне частот от 0,1 до 10 Гц, суперпозиция до 25°C

8.4. Корректировка системы PG – испытание MSCR

Как было указано в п. 8.3, результаты определений критической температуры при параметрах $G^*/\sin\delta \geq 1$ кПа для битума до старения и $G^*/\sin\delta \geq 2,2$ кПа для битума после старения RTFOT должны показывать сопротивление битума накоплению остаточных деформаций. В настоящее время эта зависимость была оспорена, а в систему PG была введена корректировка, основанная на испытании MSCR, которая с 2010 г. постепенно внедряется в США.

Испытание **MSCR (Multiple Stress Creep Recovery test)** (Тест многочисленных напряжений, ползучести и восстановления) заключается в измерении определенных свойств вяжущего для определения (в том числе) сопротивления битумных смесей с этим вяжущим накоплению остаточных деформаций (образованию колеи).

Исследование MSCR проводится 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)* и ASTM D7405 *Standard Test Method for Multiple Stress Creep and Recovery (MSCR) of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer*.

Данный тест должен заменить дополнительные испытания модифицированного битума, определенные в так называемом PG плюс: определение упругого восстановления (от англ. *elastic recovery*), пластичной деформации под воздействием силы (от англ. *force ductility*), растяжимости и прочности (от англ. *toughness and tenacity*).

При проведении теста MSCR исследуются следующие механизмы:

- механизм «изгиба» (ползучести) образца вяжущего – в течение 1 секунды после приложения напряжения;
- механизм «восстановления» образца вяжущего – в течение 9-секундного времени восстановления (после снятия приложенного напряжения).

Испытание проводится при двух значениях прилагаемого напряжения: 0,1 кПа и 3,2 кПа и, как правило, в верхних пределах температур, при которых должно эксплуатироваться дорожное покрытие, изготовленное с применением исследуемого вяжущего. Результатом испытания являются две пары значений: невосстанавливаемая часть модуля податливости при ползучести J_{nr} (от англ. *creep compliance*) [кПа⁻¹] и средняя процентная деформация R [%] при двух значениях прилагаемого напряжения 0,1 кПа и 3,2 кПа.

Из полученных параметров **ключевым для классификации вяжущего является $J_{nr,3,2}$ кПа – параметр сопротивления вяжущего накоплению деформаций – чем меньше значение $J_{nr,3,2}$ кПа, тем больше сопротивление образованию колеи.** Результат восстановления R_{3.2} свидетельствует, в свою очередь, об эффективности модификации вяжущего (если это модифицируемое вяжущее).

На основании полученных результатов $J_{nr,0,1}$ кПа, $J_{nr,3,2}$ кПа, $R_{0,1}$ и $R_{3,2}$ рассчитываются два показателя:

- $J_{nr, diff}$ – показатель процентного изменения J_{nr} после изменения (повышения) напряжения с 0,1 до 3,2 кПа – это мера чувствительности вяжущего к повышению нагрузки. Это повышение не может превышать 75%;
- R_{diff} – показатель процентного изменения упругого восстановления после изменения (повышения) напряжения с 0,1 до 3,2 кПа – это мера изменений упругости вяжущего в условиях повышения нагрузки.

В американских исследованиях экспериментальным путем была определена линия, отделяющая модифицированный битум от немодифицированного, иначе говоря – успешно модифицированный от немодифицированного. Эта линия указана на рис. 8.5.

Планируя испытание вяжущих с применением метода MSCR, было предположено, что максимальные температуры дорожного покрытия в Польше не превышают 55-60°C, поэтому все вяжущие были исследованы при 64°C. Часть вяжущих была исследована дополнительно при температуре 58° и 70°C, чтобы проверить, как изменяется их поведение с изменением температуры.

На рис. 8.4 и 8.5 представлены результаты испытаний разных видов битума «ОРЛЕН Асфальт» с применением метода MSCR при температуре 64°C. На рисунке 8.5 отмечена линия раздела области модифицированного битума (т. е. вяжущих, выполняющих требования модифицированного битума в пределах восстановления $R_{3,2}$ в сочетании с пределами значений $J_{nr,3,2}$ кПа).

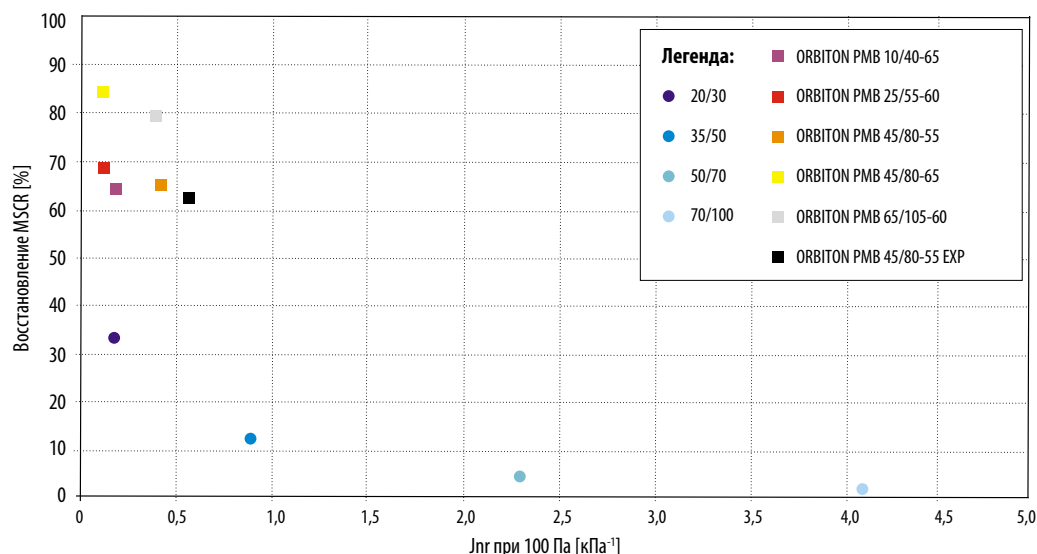


Рис. 8.4. Презентация результатов битума на диаграмме MSCR: упругое восстановление R в зависимости от J_{nr} при нагрузке 0,1 кПа при температуре 64°C (чем меньше значение J_{nr} , тем больше сопротивление образованию колеи и чем больше упругое восстановление, тем более упругое вяжущее)

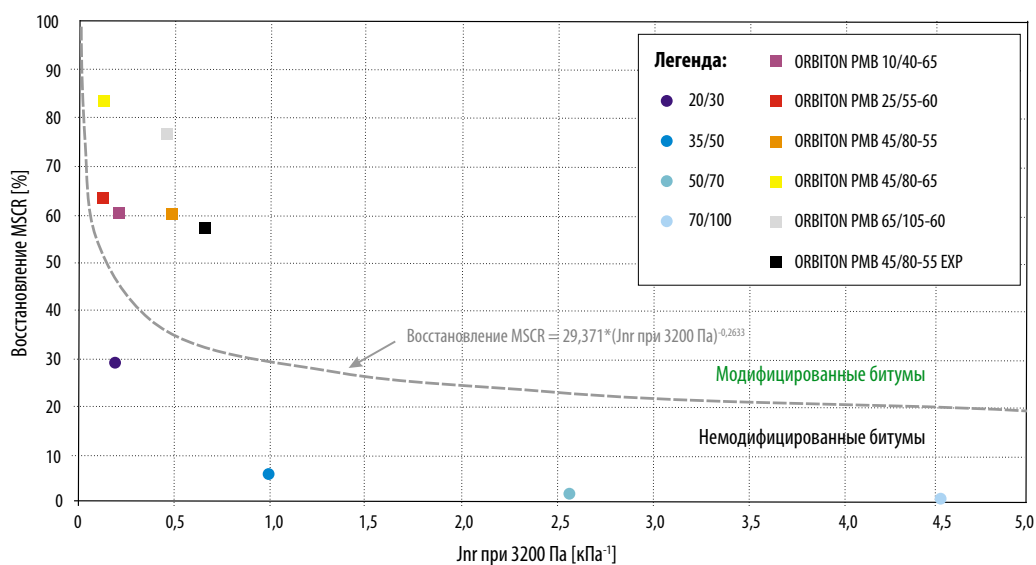


Рис. 8.5. Презентация результатов битума на диаграмме MSCR: упругое восстановление R в зависимости от J_{nr} при нагрузке 3,2 кПа при температуре 64°C (чем меньше значение J_{nr} , тем больше сопротивление образованию колеи и чем больше упругое восстановление, тем более упругое вяжущее)

В классической системе PG результаты определения критической температуры параметра $G^* \sin \delta \leq 5000$ кПа касаются устойчивости к усталостным повреждениям дорожного покрытия с данным битумом после старения с использованием методов RTFOT + PAV. В новой спецификации PG System это значение было поднято до 6000 кПа.

Поскольку само определение верхнего предела PG не гарантирует, что в покрытии не образуются колеи, в новейшей системе PG, основанной на исследовании MSCR, были введены дополнительные маркировки вяжущих в зависимости от интенсивности дорожного движения (таблица 8.5), являющегося нагрузкой на данное покрытие. Пригодность к данному движению определяется на основании параметра $J_{nr,3.2}$.

Таблица 8.5. Маркировка вяжущих и требования относительно интенсивности движения и его характеристик

Определение движения	Нагрузка (количество стандартных эквивалентных осей и условия движения)	Требования для вяжущего при верхней температуре PG	
		Требование для $J_{nr,32}$	Дополнительное требование для $J_{nr,diff}$ (*) (от англ. Stress sensitivity parameter*)
S – обычное (от англ. Standard)	< 10 миллионов осей и стандартное движение	$\leq 4,0$	$\leq 75\%$
H – интенсивное (от англ. Heavy)	10–30 миллионов осей или движение на невысокой скорости	$\leq 2,0$	
V – очень интенсивное (от англ. Very Heavy)	> 30 миллионов осей или стоянка для транспортных средств	$\leq 1,0$	
E – экстремально интенсивное (от англ. Extreme)	> 30 миллионов осей и стоянка для транспортных средств	$\leq 0,5$	
*) Показатель чувствительности битума к изменениям напряжения			
$J_{nr,diff} = \frac{J_{nr,3.2 \text{ кПа}} - J_{nr,0.1 \text{ кПа}}}{J_{nr,0.1 \text{ кПа}}} \cdot 100$			

8.5. Классификация битума «ОРЛЕН Асфальт» по PG System

Определенные классы дорожного битума по системе Superpave приведены в таблице 8.6.

Таблица 8.6. Классификация дорожного битума по Superpave (исследования образцов битума за 2010–2012 гг.)

Вид битума	Фактическое PG grade (непосредственные результаты исследований)	PG grade по AASHTO MP 1
Дорожный 20/30	84-18	82-16
Дорожный 35/50	74-21	70-16
Дорожный 50/70	67-25	64-22
Дорожный 70/100	63-26	58-22
Модифицированный ORBITON 10/40-65	83-18	82-16
Модифицированный ORBITON 25/55-60	80-23	76-22
Модифицированный ORBITON 45/80-55	72-26	70-22
Модифицированный ORBITON 45/80-55 EXP	70-27	70-22
Модифицированный ORBITON 45/80-65	77-24	76-22
Модифицированный ORBITON 65/105-60	69-30	64-28

В таблице 8.7. представлены результаты классификации всех видов битума в отношении к нагрузке движением при температуре «верхнего PG»: 58°C и 64°C на основании результатов $J_{nr,3,2}$ кПа с MSCR.

Таблица 8.7. Классификация вяжущих после исследования MSCR в соответствии с нагрузкой движением (исследования битума за 2012 г.) на основании пределов из таблицы 8.5

Вид битума	Классификация движения при температуре	
	58°C	64°C
Дорожный 20/30	(E)	E
Дорожный 35/50	нет данных	V
Дорожный 50/70	V	S
Дорожный 70/100	S	*
Модифицированный ORBITON 10/40-65	(E)	E
Модифицированный ORBITON 25/55-60	E	E
Модифицированный ORBITON 45/80-55	E	E
Модифицированный ORBITON 45/80-55 EXP	(E)	V
Модифицированный ORBITON 45/80-65	(E)	E
Модифицированный ORBITON 65/105-60	(E)	E

классификация в скобках на основании результата при высшей температуре измерения
 * вне классификации, требования не выполнены
 S – обычное движение
 H – интенсивное движение
 V – очень интенсивное движение
 E – экстремально интенсивное движение

Опубликованные результаты следует анализировать с учетом того, что это результаты примерных испытаний и не являются типичными значениями, получаемыми в течение всего (и каждого) сезона производства. Общество с ограниченной ответственностью «ОРЛЕН Асфальт» (ORLEN Asphalt Sp. z o.o.) не гарантирует этих значений.

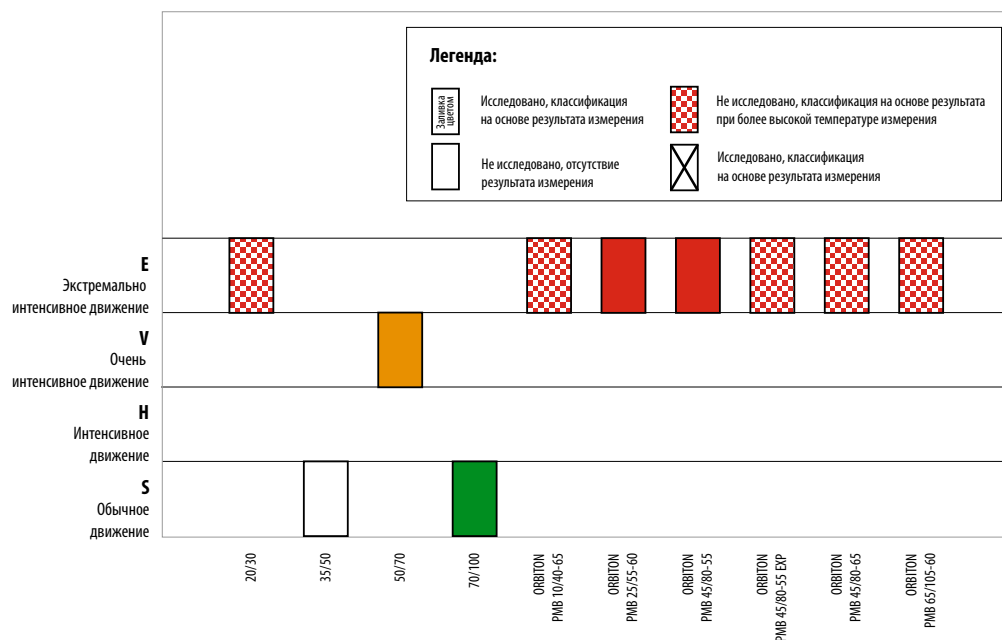


Рис. 8.6. Графическое представление классификации вяжущих в соответствии с нагрузкой движением при температуре 58°C на основании информации, содержащейся в таблице 8.7

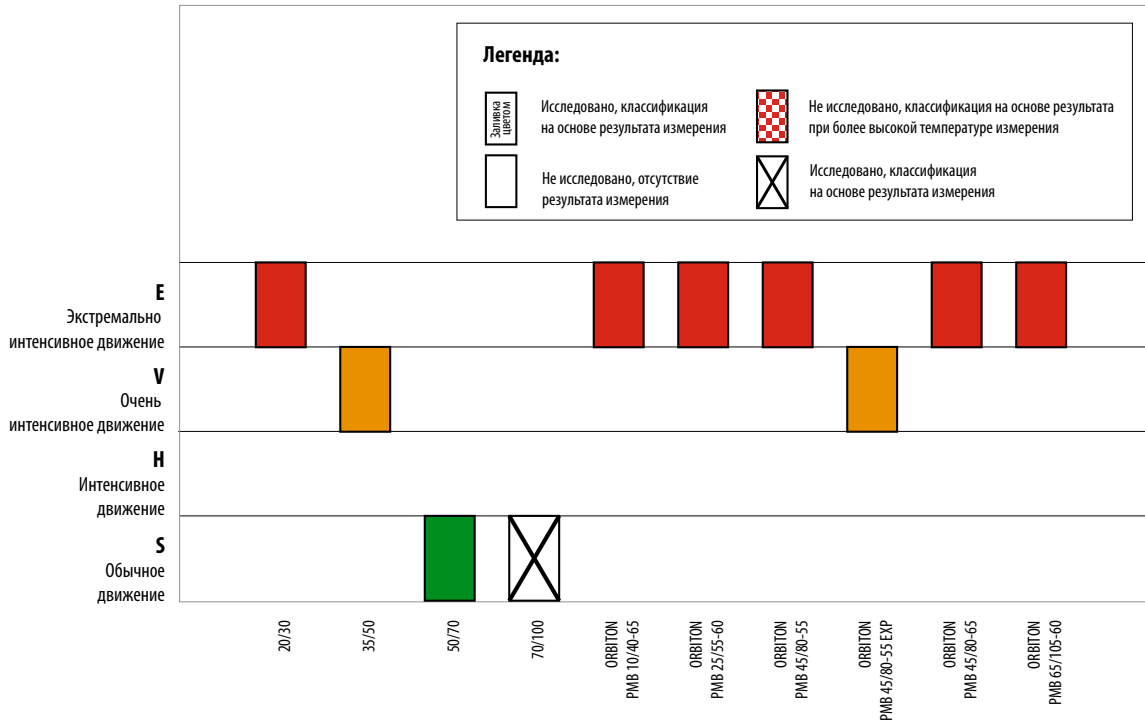


Рис. 8.7. Графическое представление классификации вяжущих в соответствии с нагрузкой движением при температуре 64°C на основании информации, содержащейся в таблице 8.7



Глава 9

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ БИТУМА

Применение битумных вяжущих нуждается в первую очередь в знаниях об оптимальных технологических температурах, 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 9.2 приведена вся основная информация о технологических температурах применения битума производства компании «ОРЛЕН Асфальт».

9.1. Лабораторные указания

9.1.1. 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 подверженного 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.

Понятно, что 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 известной является 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 с поверхностью горячего заполнителя (перед началом основного технологического старения). Для определения температуры начала и конца уплотнения битумной смеси на строительной площадке следует применять результаты испытаний вязкости битума *после старения* (метод RTFOT). В действительном процессе производства битумной 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, в момент начала

укладки смеси и ее уплотнения вяжущее, находящееся в смеси, прошло уже процесс технологического старения. Поэтому для определения температуры начала и конца уплотнения мы рекомендуем применять вязкость после старения RTFOT.

На рис. 9.1 приведены характеристические кривые вязкости дорожного битума до старения, пригодные для определения температур подачи и перемешивания битума с заполнителем. На рис. 9.2 приведены характеристические кривые вязкости дорожного битума после старения, позволяющие определить температуру начала и конца уплотнения. Кроме того, для каждого вида битума температура указана на карте битума в главах 4 и 5.

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 может колебаться в течение производственного сезона в зависимости от свойств сырья.

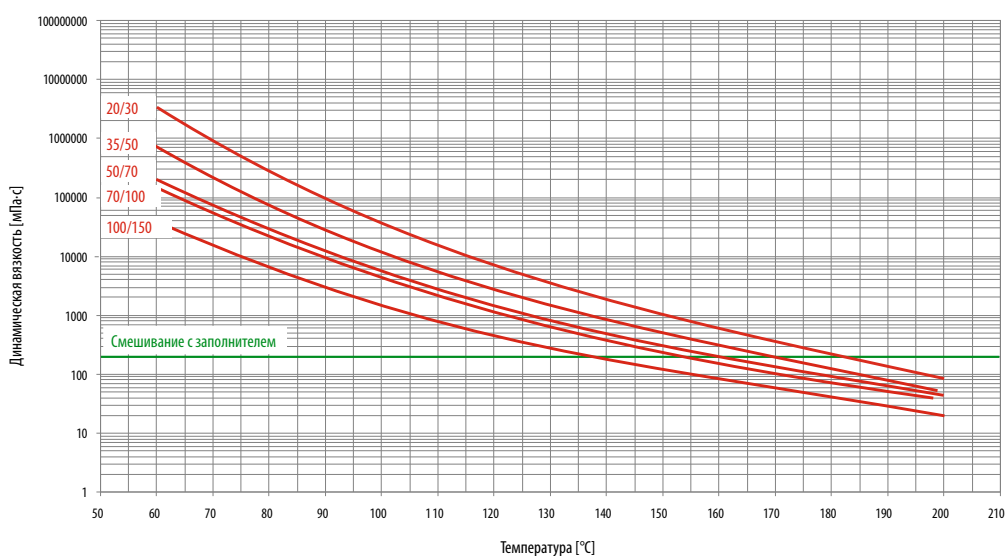


Рис. 9.1. Характеристические кривые вязкости дорожного битума до старения (на основании результатов исследований ООО «ОРЛЕН Асфальт»)

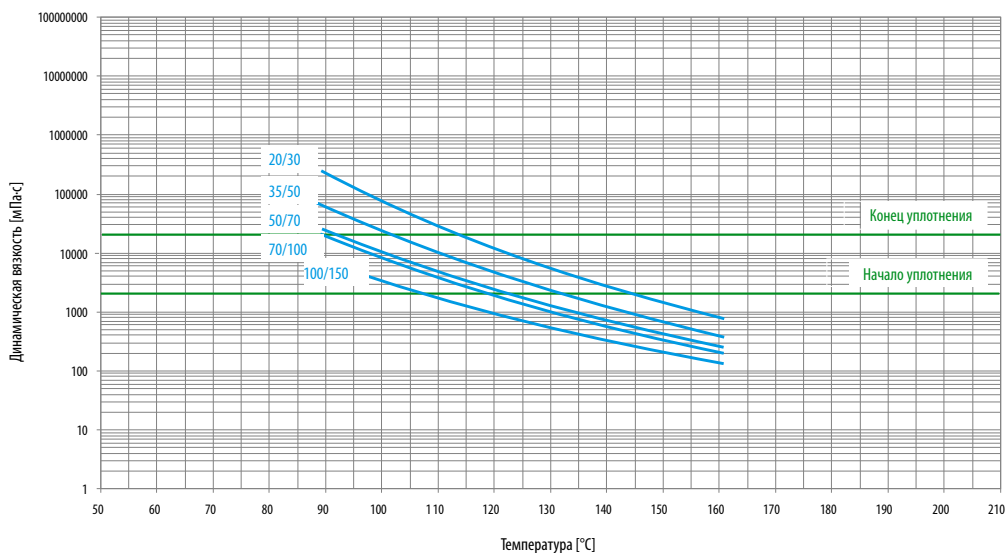


Рис. 9.2. Характеристические кривые вязкости дорожного битума после старения RTFOT (на основании результатов исследований ООО «ОРЛЕН Асфальт»)

Среди описываемых значений эквивалентной температуры особое внимание следует уделить правильному подбору температуры уплотнения образцов в лаборатории (по методу, выбранному из стандарта EN 13108-20). Температуры подготовки образцов битумной смеси должны соответствовать фактическим условиям, созданным на заводе по производству битумных смесей и на месте строительства. Применение слишком высокой температуры в лаборатории приведет к достижению высоких значений объемной массы битумной смеси в образцах и занижению доли межзерновых пространств. Если условия на месте строительства будут значительно отличаться от принятых в лаборатории, т. е. температура битумной 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 месте строительства 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.

9.1.2. Образцы битума в лаборатории

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

Способ обращения с битумом оказывает очень большое воздействие на полученные результаты испытаний как битума, так и битумных 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.

В случае 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 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 2 часов, температура нагрева в печи: не выше 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 часа, 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.

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

Образцы битума, полученные в результате экстракции битума из битумной смеси по EN 12697-1, EN 12697-2 и EN 12697-4, должны подвергаться испытаниям сразу после их восстановления во избежание их повторного нагрева.

9.1.3. 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_2 (диоксида кремния) в породе. «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 битумной 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 на выбранной фракции минеральной смеси.

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 битумной смеси к воздействию воды и мороза является испытание ITSR по EN 12697-12.

9.2. 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 обозначает, что резервуар должен быть оборудован точными измерительными приборами с местным или удаленным отсчетом температуры, расположенными в области нагревательных змеевиков и вне этой области с возможностью легкого демонтажа для регулярной очистки. По требованиям стандарта для Заводского производственного контроля битумных 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, сближенной с максимальной температурой хранения, может привести после 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.



Рис. 9.3. Резервуары для модифицированного битума, установка в Плоцке (фот. ООО «ОРЛЕН Асфальт»)

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 и ухудшение свойств вяжущего.

Таблица 9.1. 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 битумной смеси рекомендуется снизить температуру битума в резервуаре до уровня, обеспечивающего возможность его последующего нагрева.
Циркуляция битума	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 после длительного периода хранения. Вход возвратного трубопровода циркулирующего битума в резервуар должен располагаться ниже верхней поверхности жидкости, образуемой вяжущим в резервуаре.
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.

Хранение дорожного и многовидового битума

В случае необходимости хранения дорожного битума в резервуаре при высокой температуре в течение свыше 10 дней для контроля степени старения следует определить один из параметров: пенетрацию при 25°C по EN 1426 или температуру размягчения КиШ по EN 1427.

Хранение модифицированного битума

В случае модифицированного полимерами битума ORBITON рекомендуется использовать модифицированный битум сразу после его поставки без длительного хранения в резервуаре. Следует избегать длительного хранения модифицированного битума в резервуаре при высокой температуре. В случае необходимости более длительного хранения (свыше 7 дней) битум рекомендуется гомогенизировать, перемешивая битум в замкнутой циркуляции в одном или нескольких резервуарах. Рекомендуется, чтобы, по крайней мере, один из резервуаров был оснащен смесителем. Подробная информация указана в главе 5.

Другие указания

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 и дорожного покрытия.

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

Не рекомендуется многократно нагревать и охлаждать как модифицированный битум ORBITON, так и дорожный битум.

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, а в случае битума модифицированного полимерами, его повторный нагрев может быть очень затруднительным. В каждом случае после нагрева следует обязательно проверить свойства вяжущего.

Температура битума во время хранения не должна превышать значений, указанных в таблице 9.2.

9.3. Производство битумной смеси

Битум, поставленный на завод по производству битумной смеси или битумной эмульсии, должен иметь настолько низкую вязкость, чтобы возможной была его разгрузка из автоцистерны. Поскольку вязкость битума тесно связана с его температурой, в холодное время года во время транспортировки битума с нефтеперерабатывающего завода следует следить за температурой битума в автоцистерне. Принимается, что минимальная температура подачи достигается при вязкости битума, составляющей около 2 Па·с.

При перемешивании битума с заполнителем процессы старения ускоряются (очень тонкий слой битума на заполнителе, очень высокая температура и доступ кислорода), поэтому следует правильно подобрать время так называемого мокрого перемешивания.

Применение слишком горячего вяжущего в производстве имеет другие отрицательные последствия, особенно в случае производства смеси SMA или пористого асфальтобетона РА, связанные с повышением риска стекания вяжущего. В таких случаях следует использовать увеличенное количество стабилизатора (напр., целлюлозных волокон) и проверить способность битума к стеканию методом Шелленберга для более высоких температур производства, описанным в стандарте EN 12697-18 «Смеси битумные. Методы испытаний горячих битумных смесей. Часть 18: Способность вяжущего вещества к стеканию».

Перегрев битумной смеси во время производства на заводе влечет за собой значительное технологическое старение битума, что впоследствии уменьшает прочность битумного 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 9.2 температуры не касаются битумных 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:

- температуры производства смеси;
- вида смеси и содержания вяжущего в смеси, а также вида вяжущего (дорожный, многовидовой или модифицированный битум);
- содержания добавок, таких как стабилизаторы, модификаторы или адгезионные добавки;
- технического состояния и оснащения силосов (термическая изоляция, отопление);
- количества битумной смеси в силосе.

9.4. Транспорт для перевозки битумной смеси

Следует обратить особое внимание на чистоту грузового отсека (отсутствие остатков старой битумной 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 приклеивания смеси. Для увлажнения грузового отсека применяются только те антиадгезивы, которые не оказывают вредного воздействия на битумное вяжущее. **Запрещено использовать для орошения грузового отсека газойла другие минеральные масла или растворители.**

Во время перевозки смеси грузовой отсек следует обязательно защитить с помощью брезента. При неблагоприятных атмосферных условиях или пониженной температуре рекомендуется использовать автомобили с изолированными грузовыми отсеками. В случае необходимости выполнения работ при очень неблагоприятных атмосферных условиях (низкая температура, сильный ветер, 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). Транспорт следует оснастить таким образом, чтобы обеспечить непрерывность поставок смеси на место строительства (не допуская простоев укладчика).

После загрузки битумной смеси на автомобиль следует проверить температуру смеси и произвести ее визуальную оценку. Стоит обратить внимание на [4]:

- **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 выкрашиваться, а также будет неустойчивой к воздействию воды и мороза;
- **смесь «растекается»** в грузовом отсеке автомобиля. Возможные причины:
 - a. сбой в работе 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 битумной 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 уплотнения на месте строительства; после загрузки правильная смесь должна образовать купол;
- **заполнитель плохо перемешан с битумом**. Возможные причины:
 - a. слишком мало битума в смеси (ошибка в разработке);
 - b. поврежден дозатор битума;
 - c. слишком низкая температура битума во время перемешивания с заполнителем;
 - d. слишком короткое время «мокрого перемешивания» в смесителе.

9.5. Укладка

Смеси битумного бетона 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, а 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 битума не всегда может укладываться вручную ввиду большой вязкости. Рекомендуется применение механического оборудования для укладки и добавок, понижающих температуру укладки.

9.6. Подготовка основания – сорбенты для сбора разлива масла

Одним из условий прочного соединения битумных слоев является хорошая подготовка основания: его очистка и полив вяжущим (чаще всего водно-битумной эмульсией). Если на поверхности слоя находится пятно масла/газойла и т. п., его следует убрать с помощью сорбента.

По определению, сорбенты – это вещества, способные поглощать другие вещества. Они нашли применение также в строительстве дорог в качестве веществ, пригодных для сбора разливов масла или топлива с поверхности слоя. Следует помнить, что скорость устранения такого пятна с дороги является одним из самых важных факторов, влияющих на прочность асфальтного покрытия. Вещества, произведенные из нефти, растворяют битум и проникают в следующие слои, вызывая таким образом необратимые повреждения.

Раньше для устранения веществ, произведенных из нефти, с поверхности применялся песок или опилки. Несмотря на то что сорбенты в виде опилок (целлюлозные сорбенты: дерево, бумага) применяются для впитывания разливов масла, их недостатком является небольшая плотность: из-за малой массы они могут применяться только в безветренную погоду ввиду их чувствительности к порывам ветра. Следует помнить, что такие сорбенты впитывают также воду. Конечно, на рынке доступны также специально переработанные целлюлозные сорбенты, лишенные способности впитывать воду.

Применение определенного вида сорбента на дороге должны обуславливать следующие факторы:

- высокая и быстрая впитывающая способность сорбента;
- отсутствие отрицательного воздействия на асфальтное покрытие;
- универсальность;
- возможность применения в любых атмосферных условиях:
 - гидрофобность (дождь, снег);
 - соответствующая масса (устойчивость к ветру);
- легкое удаление после применения (не образует мази);
- по мере возможности имеет антискользящие свойства.

Следует отдавать себе отчет в том, что после применения сорбента для удаления с дорожного покрытия пятна масла или топлива образуются отходы, которые следует утилизировать в соответствии с требованиями, указанными в положениях об утилизации отходов. Это касается как транспорта, так и соответствующего способа регенерации или утилизации отработанного сорбента в зависимости от примененного сорбента и вида собранного им вещества.

9.7. Технологические температуры

Таблица 9.2. Минимальная и максимальная температура битума и битумных смесей в зависимости от вида битума

Вид битума	Дорожный битум			Битум, модифицированный полимерами					
	EN 12591 прил. NA			EN 14023:2011 прил. NA			EN 14023:2010	EN 14023:2011 прил. NA	
	Битум 20/30	Битум 35/50	Битум 50/70	ORBITON 10/40-65	ORBITON 25/55-60	ORBITON 45/80-55	ORBITON 45/80-55 EXP	ORBITON 45/80-65	ORBITON 65/105-60
	Температура [°C]								
Лаборатория									
Температура уплотнения образцов по методу Маршалла/на приборе вращательного (жираторного) уплотнения	155-160	140-145	135-140	150-155	145-150	145-150	150-155	150-155	145-150
Температура компонентов на заводе по производству битумных смесей									
Подача битума	свыше 140°C	свыше 130°C	свыше 130°C	свыше 150°C	свыше 150°C	свыше 150°C	свыше 150°C	свыше 150°C	свыше 150°C
Кратковременное хранение битума на заводе	до 185	до 185 (200***)	до 185 (200***)	до 185	до 185	до 185	до 185	до 185	до 185
Температура заполнителя при производстве битумных смесей (свыше температуры производства битумной смеси)	макс 30	макс 30	макс 30	макс 30	макс 30	макс 30	макс 30	макс 30	макс 30
Температура готовой битумной смеси в смесителе:									
Асфальтный бетон	макс 185	макс 180	макс 175	макс 185	макс 185	макс 185	макс 185	макс 185	макс 185
SMA	–	–	макс 175	–	макс 185	макс 185	макс 185	макс 185	макс 185
Пористый асфальтобетон	–	–	–	–	–	макс 185	макс 185	макс 185	макс 185
Литая асфальтобетонная смесь	<230*)	<230*)	–	<230**)	<230**)	–	–	–	–
Температура на месте укладки									
Минимальная температура поставленной на место укладки смеси в ковше укладчика	150	145	140	160	150	150	160	155	150
Температура в конце эффективного уплотнения	>120	>115	>110	>125	>120	>120	>120	>125	>120
<p>*) Время пребывания литой асфальтобетонной смеси в котле при указанной температуре до 12 часов, более высокая температура, до 250°C, допускается, если время пребывания в котле не превысит 5 часов.</p> <p>**) Время пребывания литой асфальтобетонной смеси в котле при указанной температуре до 8 часов, более высокая температура, до 250°C, допускается, если время пребывания в котле не превысит 4 часов.</p> <p>***) Максимальная допустимая температура в резервуаре 200°C – только в качестве исключения в случае поставки с нефтеперерабатывающего завода битума с такой же температурой.</p>									

Глава 10

ДРУГИЕ СВОЙСТВА БИТУМОВ

10.1. Плотность битумов

Плотность битумов определяется в соответствии с EN 15326 или EN ISO 3838.

Как правило, в лабораториях, сотрудничающих с «ОРЛЕН Асфальт», плотность всех битумов определяется при температуре 15°C два раза в год. Актуальные результаты доступны в Отделе технологий, исследований и развития (контактные данные указаны на 4 странице обложки справочника).

Для разработки битумных смесей можно принимать значения плотности битумных вяжущих, приведенные в таблице 10.1.

Таблица 10.1. Результаты испытания по определению плотности битумов при температуре 15°C в 2013 г.

Вид битума	Плотность при 15°C по EN ISO 3838 или EN 15326 [мг/м³]
Дорожный 20/30	1,035
Дорожный 35/50	1,030
Дорожный 50/70	1,024
Дорожный 70/100	1,010
Дорожный 100/150	1,022
Дорожный 160/220	1,019
Модифицированный ORBITON 10/40-65	1,034
Модифицированный ORBITON 25/55-60	1,022
Модифицированный ORBITON 45/80-55	1,024
Модифицированный ORBITON 45/80-55 EXP	1,024
Модифицированный ORBITON 45/80-65	1,030

Указанные в таблице 10.1 в столбце 2 значения плотности битумов относятся к измерениям, проведенным при температуре 15°C. Применяя битумы при других температурах, следует пересчитать указанную плотность при 15°C на плотность при температуре применения по уравнению:

$$\rho_x = \rho_{15} - (0,00061 \cdot \Delta t)$$

где:

ρ_x – плотность при искомой температуре X;

ρ_{15} – плотность при температуре 15°C в мг/м³;

Δt – разница температур (X - 15), X ∈ <15,16...200>

10.2. Растворимость битумов

Для выполнения экстракции образца битумной смеси по EN 12697-1 могут применяться разные растворители. В таблице 10.2 представлены результаты определения растворимости битумных вяжущих, производимых компанией «ОРЛЕН Асфальт», с применением метода EN 12592. Указанные результаты по EN 12592 могут послужить для расчета Т по пункту А.4 стандарта EN 12697-1.

Таблица 10.2. Результаты определения растворимости битумных вяжущих, производимых компанией «ОРЛЕН Асфальт», с применением метода EN 12592

Вид битума		Растворимость в ксилене масс. %	Растворимость в тетрахлорэтилене масс. %	Растворимость в толуоле масс. %
Дорожный битум	35/50	99,8	99,80	99,95
	50/70	99,90	99,85	99,90
	70/100	99,95	99,95	99,95
Модифицированный битум ORBITON	10/40-65	99,65	99,60	99,90
	25/55-60	99,85	99,80	99,75
	45/80-55	99,90	99,90	99,90
	45/80-55 EXP	99,80	99,90	99,90
	45/80-65	99,65	99,70	99,70
	65/105-60	99,75	99,65	99,70

Определение растворимости методом Сокслета показало результат на уровне 100 масс. %.

10.3. Данные для проектирования состава асфальтобетона механическими методами

Часть программ для разработки асфальтобетонных покрытий использует основные параметры вяжущих для вычисления их модуля жесткости, а затем модуля битумной смеси. В таблице 9.3 приведены данные о средних значениях основных свойств битумных вяжущих, производимых компанией «ОРЛЕН Асфальт» в 2012 г.

Таблица 10.3. Данные для проектирования состава асфальтобетона механическими методами

Вяжущее	Пенетрация при 25°C [0,1 мм]	Температура размягчения КиШ [°C]
ORBITON 25/55-60	40	62
ORBITON 45/80-55	60	57
35/50	45	54
50/70	65	48

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОСТАВОК БИТУМОВ ПО EN ISO 4259

11.1. Правила приемки поставки по качеству в соответствии с EN ISO 4259

Иногда случается, что между получателем и поставщиком возникает спор относительно качества поставленного битумного вяжущего. Возьмем, например, требование, касающееся температуры хрупкости по Фраасу $T_{\text{Fraass}} \leq -18^\circ\text{C}$. Действительно ли результат, полученный в лаборатории, т. е. $T_{\text{Fraass}} = 17^\circ\text{C}$, свидетельствует о том, что поставленное изделие не соответствует требованиям? Ответ на такие вопросы можно найти в стандарте EN ISO 4259 «Нефтепродукты. Определение и применение данных о точности методов испытаний», предназначенном именно для этого. На стандарт EN ISO 4259 ссылаются в каждой норме для битумов, как в EN 12591, EN 14023, так и в EN 13924.

В дальнейшем мы выясним эту проблему на основании примера, указанного в [4].

11.2. Определение требований

Как правило, в спецификации требование определяется следующим образом: «не менее чем (мин.)» или «не больше (макс.)», т. е. указываются пределы исследуемого свойства. Следовательно, можно сказать, что существуют два вида пределов:

- **двусторонние пределы** (верхний и нижний) – например, пенетрация при 25°C от 10 до 50 [0,1 мм] либо температура размягчения $T_{\text{киш}}$ от 48° до 52°C ;
- **односторонние пределы** (верхний или нижний) – например, содержание парафина не должно превышать 2,2 масс. %.

Следует обратить внимание, что иногда присутствуют дополнительные, подразумеваемые пределы, например в случае определения растворимости с односторонним пределом «не менее 99,0%» логически появляется дополнительный предел 100% – в таких случаях односторонний предел превращается в двусторонний предел.

В норме EN ISO 4259 верхний предел маркируется как A_1 , а нижний – как A_2 .

Норма содержит также правило, в соответствии с которым требование, указанное в технической спецификации, имеет смысл только тогда, когда оно учитывает воспроизводимость принятого метода испытания данного свойства.

Воспроизводимость (от англ. *Reproducibility*, R) – это точность аналитического метода, мерой которого является соответствие результатов, достигаемых разными исследователями в разных лабораториях, испытывающими идентичный продукт с применением того же метода. Иначе говоря, воспроизводимость позволяет оценить, получим ли мы такие же результаты исследования идентичного продукта в разных лабораториях с применением того же метода.

Воспроизводимость указана в каждой норме, касающейся конкретного испытания. Напр., воспроизводимость определения температуры размягчения $T_{\text{киш}}$ дорожных битумов по EN 1427 составляет $R = 2,0^{\circ}\text{C}$, а для модифицированных асфальтов – $R = 3,5^{\circ}\text{C}$.

Следовательно, требование, указанное в технической спецификации, целесообразно, если:

- для двустороннего предела (A_1 и A_2) определенный диапазон не меньше четверного значения воспроизводимости R :

$$(A_1 - A_2) \geq 4 \cdot R$$

- для одностороннего предела (A_1 и A_2) определенный диапазон не меньше двойного значения воспроизводимости R :

$$A_1 \geq 2 \cdot R \text{ или } A_2 \geq 2 \cdot R$$

Если в технической спецификации указаны требования, не выполняющие вышеуказанных условий, полученные результаты будут неточными и их значение для определения, выполняет ли данный образец требования, будет являться сомнительным.

Если не выполнено условие, по которому $(A_1 - A_2) \geq 4 R$, следует либо расширить пределы требования, либо найти более точный метод определения.

11.3. Оценка изделия получателем битума

Стандарт EN ISO 4259 описывает также способ поведения при приемке поставок битума по качеству. Получатель поступает следующим образом. Рассмотрим ситуацию, когда получатель получил отдельный результат контрольного испытания из собственной лаборатории. Получатель может с 95% уверенностью предположить, что поставленное изделие не выполняет требования только тогда, когда результат испытания (маркируемый как Y) является следующим:

- для одностороннего верхнего предела A_1 :

$$Y > A_1 + 0,59 \cdot R$$

- для одностороннего нижнего предела A_2 :

$$Y < A_2 - 0,59 \cdot R$$

- для двустороннего предела – одно из требований должно, соответственно, выполняться (одно, поскольку оспаривается, как правило, результат вне нижнего или верхнего предела диапазона требований).

Пример:

Поставщик произвел дорожный битум 35/50 и поставил его получателю. Тот проверил качество поставки и получил один результат $\text{Pen}_{25} = 34$ [0,1 мм], который мы маркируем как W2. Может ли получатель считать, что он получил битум 35/50, выполняющий требования стандарта EN 12591, или должен заявить

претензию («слишком низкая степень пенетрации»)? Границы нормы для битума 35/50 – это $A_2 = 35$ [0,1 мм] и $A_1 = 50$ [0,1 мм], следовательно, результат W_2 находится сразу же за нижним пределом в соответствии с нормой. Норма определения степени пенетрации битума (EN 1426) указывает воспроизводимость метода ¹ $R=3$ [0,1 мм]. Соответствует ли битум, поставленный поставщиком, норме? Давайте посчитаем:

$$35 - 0,59 \cdot 3 < W_2 < 50 + 0,59 \cdot 3$$

$$33,2 < W_2 < 51,8$$

В этом случае результат $W_2 = 34$ [0,1 мм] находится в пределах спецификации, расширенных на недостоверность измерения пенетрации. Чтобы отказаться от приемки поставки, получатель должен установить, что результат меньше, чем 33,2 [0,1 мм] или больше, чем 51,8 [0,1 мм].

Получатель битума должен осознавать, что он принимает товар в соответствии с более широким диапазоном (рис. 11.1), то есть с учетом допуска, связанного с воспроизводимостью метода испытания. Поэтому так важно помнить о точности применяемых методов исследований.

Диапазон пенетрации для асфальта 35/50 по EN 12591.
Пенетрация при 25°C [0,1 мм].

Диапазон соответствий результата испытания пенетрации при 25°C норме у получателя (обязательный диапазон).

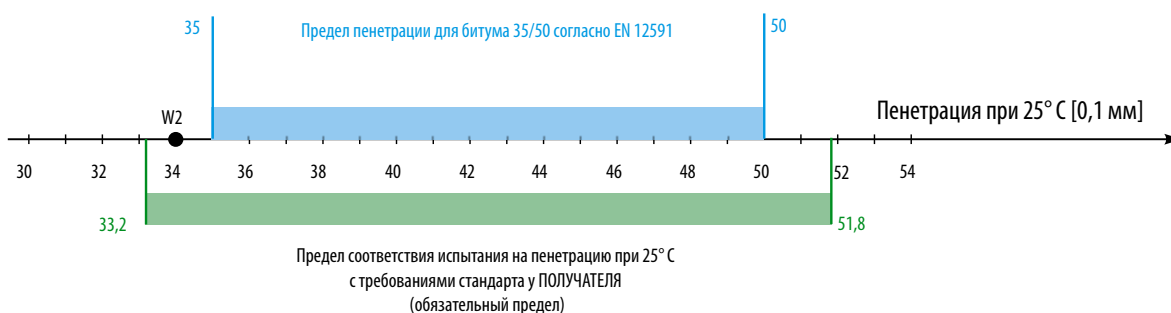


Рис. 11.1. Иллюстрация примера – пределы соответствия результата требованиям у поставщика и у получателя [4]

11.4. Спорные случаи

В случае если получатель не может прийти к согласию с поставщиком относительно качества поставленного изделия, следует применить процедуру приемки и отклонения результатов в спорных случаях. Эта процедура также указана в стандарте EN ISO 4259 и ввиду ее объема не будет приведена в настоящем справочнике.

1) Указанное значение пенетрации $R = 3$ [0,1 мм] касается битумов с пенетрацией < 50 [0,1 мм].

11.5. Пример с температурой хрупкости

В завершение вернемся к упомянутому в начале главы определению температуры хрупкости по Фраасу. В стандарте EN 12593, касающемся определения этого свойства битума, воспроизводимость испытания составляет 6°C. Если верхний предел установлен на не более -18°C, после применения уравнения для одностороннего предела могут быть отклонены только результаты W3, находящиеся в пределах:

$$W3 > -18 + 0,59 \cdot 6$$

$$W3 > -14,5^\circ\text{C}$$

Следовательно, -15°, -16°, -17°C (ниже -14,5°C) также должны быть приняты, поскольку они выполняют требование $\leq -18^\circ\text{C}$. Это кажется удивительным, однако необходимо помнить, что метод определения температуры хрупкости по Фраасу характеризуется очень слабой точностью, поэтому мы пришли к такому выводу.

11.6. Избранные значения воспроизводимости для избранных свойств битумов

В таблице 11.1 приведены значения воспроизводимости избранных свойств битумов и методов их определения.

Таблица 11.1. Значения воспроизводимости избранных свойств битумов и методов их определения

Свойство	Метод определения	Воспроизводимость R
Пенетрация при 25°C	EN 1427:2007	для пенетрации < 50 [0,1 мм] R = 3 для пенетрации ≥ 50 [0,1 мм] R = 6% среднего значения
Температура размягчения по методу «Кольца и Шара»	EN 1427:2007	дорожные битумы R = 2,0°C модифицированные битумы R = 3,5°C
Температура хрупкости по методу А. Фрааса	EN 12593:2007	R=6°C



Глава 12

БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА

12.1. Введение

Рассматриваемые ниже общие аспекты безопасности труда, охраны здоровья и окружающей среды касаются нефтяных битумов, применяемых в дорожном строительстве, которые производятся компанией «ОРЛЕН Асфальт», нормативные свойства которых были рассмотрены в главах 4 и 5 настоящего справочника.

Обширная экологическая и токсикологическая информация и данные по идентификации опасностей, поведения в случае пожара или непреднамеренного влияния на окружающую среду содержатся в картах характеристики, доступных для всех продуктов «ОРЛЕН Асфальт».

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

Форма и содержание карт характеристики соответствуют положениям ЕС, содержащимся в распоряжениях REACH (*Registration Evaluation and Authorisation of Chemicals*) и CLP (*Classification, Labelling, Packaging*). Все актуальные карты характеристики битумов, которые производятся компанией «ОРЛЕН Асфальт», можно найти на веб-сайте компании. В настоящей главе мы обратили внимание на некоторые аспекты, касающиеся безопасности и гигиены труда в широком смысле этого понятия во время работы с битумами. Полная информация касательно этой темы содержится в вышеперечисленных картах характеристики.

На транспортировку битума распространяются международные нормы, касающиеся перевозки опасных веществ. **Битумы классифицируются как опасные вещества из-за высокой температуры во время их перевозки.** Подавляющее большинство продуктов «ОРЛЕН Асфальт» перевозится в автомобильных цистернах. Международные перевозки опасных грузов автомобильным транспортом регламентируются Европейским соглашением о международной дорожной перевозке опасных грузов ADR (*L'Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route*), которое устанавливает необходимость соответствующей маркировки транспортного средства для перевозки битумов.

Следует непременно отметить, что идентифицируя опасности и оценку риска, необходимо принимать во внимание также факт смешивания дорожных битумов с другими веществами или добавками (вне установок производителя битума). Такие смеси могут являться источником дополнительных опасностей. Однако за изменения, которые могут привести к тому, что битум станет веществом, опасным для здоровья человека или для окружающей среды, несут ответственность производители таких смесей.

Потенциальные опасности для здоровья в процессе производства, хранения, транспортировки и применения дорожных битумов указаны в следующих пунктах настоящей главы.

12.2. 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, взятие образцов, выгрузка цистерны, ремонтные работы и т. д.), так и во время аварийных событий, 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!
- Специальную одежду и обувь, защищающую от высоких температур.
- Защитные перчатки, устойчивые к воздействию высокой температуры (внимание: убедитесь, что перчатки защищены от попадания внутрь жидкого битума!).



Рис. 12.1. Каска с защитой лица – пример (фот. Х. Печаковский)



Рис. 12.2. Термозащитные перчатки с манжетами – пример (фот. Х. Печаковский)

Поведение в случае ожогов:

- обожженную поверхность тела следует держать в течение не менее 10 минут под струей проточной холодной воды;
- не пытаться удалять битум с обожженного места;
- в каждом случае серьезных ожогов следует немедленно вызвать скорую помощь.

12.3. Пожар

Запрещено хранить дорожные битумы при температурах выше 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 300°C. 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 картой 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 [5].

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.

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.;
 - закрыть клапаны, что может способствовать ограничению распространения пламени.

12.4. 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 важным моментом при загрузке является проверка, не содержит ли цистерна воды, а при разгрузке битума – не находится ли в шлангах вода или влага.

Резервуар для хранения битума в каждом случае должен быть сухим. Пустой и холодный резервуар следует заполнять вначале небольшим количеством битума, чтобы обеспечить медленное испарение возможной влаги, находящейся 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.

12.5. 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 продолжают 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 (достаточные доказательства опасности отсутствуют).

При работе с горячими битумами рекомендуется избегать контакта с парами и вдыхания паров или тумана нагретого продукта. Долгое 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 [11]:

- 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.

12.5.1. Сероводород

Элементарный состав битумов варьируется в зависимости от химической природы нефти, из которой они были произведены, а также от метода их производства [7]. Однако в состав большинства битумов входит также небольшое количество серы. Поэтому при длительном хранении горячего битума в закрытых резервуарах из него может высвободиться сероводород (H_2S), концентрация которого может достигать опасных значений. Открытие резервуаров с битумом или вход в резервуар, из которого было выгружено битумное вяжущее, должны осуществляться с применением специальных процедур безопасности в соответствии с национальным законодательством и заводскими правилами.

Поведение в случае появления сероводорода регулируется национальными положениями по технике безопасности.

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. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2004
- [5] CONCAWE: Chemical Safety Report. Part B. «Bitumen» and «Oxidized Asphalt»
- [6] Development in Asphalt Binder Specifications. Transportation Research Circular E-C147. Transportation Research Board, December 2010, ISSN 0097-8515, pp. 39-40
- [7] Encyklopedia fizyki. Państwowe Wydawnictwo Naukowe. 1972
- [8] Gaweł I., Kalabińska M., Piłat J. Asfalty drogowe. Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2001
- [9] Gust J., Pawłowski K. Systemy oceny zgodności wyrobów budowlanych. Kryteria doboru systemu. Warszawa-Miedzeszyn 2003
- [10] <http://pl.wikipedia.org>
- [11] <http://www.eurobitume.eu/hse>
- [12] http://www.ornen-asfalt.pl/informacje_techiczne.php
- [13] Kossowicz L., Polskie asfalty naftowe, Kraków 1968, Zjednoczenie Przemysłu Rafinerii Nafty
- [14] Noor Zainab Habib, Ibrahim Kamaruddin, Madzlan Napiah and Isa Mohd Tan. Effect of thermoplastic copolymers on microstructure and viscoelastic behaviour 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
- [15] Physical differentiation between air-rectified and oxidised bitumens. Technical Committee Task Force. Eurobitume, 15.04.2011
- [16] Pośniak M., Makhniashvili I., Kowalska J. (2000), Wielopierścieniowe węglowodory aromatyczne w procesach stosowania asfaltów, «BEZPIECZEŃSTWO PRACY nauka i praktyka» 7-8/2000, Centralny Instytut Ochrony Pracy.
- [17] Raport Bezpieczeństwa Chemicznego przygotowane przez CONCAWE. Część B. «Asfalt utleniony» i «Asfalt destylacyjny»
- [18] Распоряжение Министра труда и социальной политики РП от 29 ноября 2002 г. о предельных допустимых концентрациях и интенсивности вредных для здоровья факторов в рабочей среде.
- [19] Schramm G.: «Reologia. Podstawy i zastosowania», Ośrodek Wydawnictw Naukowych, Poznań 1998
- [20] 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 Rakim (IARC) wyniki badań w zakresie tej problematyki, Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2010
- [21] Tymczasowe Wytyczne Techniczne TWT-PAD. Instytut Badawczy Dróg i Mostów 1993-1997-2003
- [22] 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
- [23] Wymagania Techniczne WT-2 2010. Nawierzchnie Asfaltowe na drogach krajowych. GDDKiA 2010

АВТОРЫ «БИТУМНОГО СПРАВОЧНИКА»



Кшиштоф Блажеёвский

Кандидат технических наук, выпускник факультета сухопутной инженерии Варшавского политехнического университета (1992). Автор многочисленных научных статей в области битумных вяжущих и асфальтобетонных покрытий. Директор по технологиям, исследованиям и развитию в «ОРЛЕН Асфальт». Член секции инженерии строительных материалов Польской Академии Наук. Эксперт Ассоциации инженеров и техников транспорта РП в области дорожных покрытий.



Яцек Ольшацкий

Кандидат технических наук, 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 в «ОРЛЕН Асфальт».



Хуберт Печаковский

Выпускник факультета строительства, механики и петрохимии 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 в «ОРЛЕН Асфальт».

Отдел технологий, исследований и развития

Организационное подразделение компании «ОРЛЕН Асфальт», действующее в секторе производства. Существует с начала функционирования компании, т. е. с 2003 г. Занимается технологией продукции, контрольными испытаниями и разработками в области битумных вяжущих, 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, а также премия польского министра науки и высшего образования за достижения в сфере изобретений.

Технический консалтинг для клиентов доступен по электронному адресу: technology@orlen-asfalt.pl

«Битумный справочник 2014», подготовленный Отделом технологий, исследований и развития компании «ОРЛЕН Асфальт», содержит технические сведения о битумных вяжущих и методах их испытаний, а также результаты этих испытаний.

В первой части справочника содержатся сведения о методах исследования битумных вяжущих. Во второй части читатель найдет свод знаний о вяжущих, производимых компанией «ОРЛЕН Асфальт» и их свойствах в соответствии с требованиями стандартов EN, а также американской системы Performance Grade. В третьей части представлены сведения из области битумной техники, полезные для каждой лаборатории дорожного строительства в стране.

«Битумный справочник 2014» предназначен для клиентов компании «ОРЛЕН Асфальт» и всех лиц, интересующихся применением дорожного битума в строительстве дорог.

