



SCR-E/110623/C/SV/RU

Управление Дорогами  
Северо-Запада России

Технический отчет 13

Улучшение  
износостойкости дорог с  
асфальтобетонным  
покрытием

Окончательная версия

31 декабря 2002

---

Опубликовано: декабрь 2002

Copyright © 2002 by Tacis services DG IA, European Commission.

Запросы на использование материалов посылать на адрес  
Информационного офиса Тасис:  
European Commission, Aarlenstraat 88 1/06 Rue d' Arlon, B-1040 Brussels.

Данный Отчет был подготовлен Консорциумом Finnroad Ltd, ВСЕОМ и JP-Transplan Ltd. Все выводы, предположения и интерпретации в данном документе принадлежат только Консорциуму и никоим образом не отражают политику или мнения Европейской Комиссии.

## Что такое Тасис?

Программа Тасис является инициативой Европейского Союза для Новых Независимых Государств и Монголии, которая содействует развитию гармоничных и успешных экономических и политических связей между Европейским Союзом и этими странами-партнерами. Ее целью является поддержка инициатив стран-партнеров по развитию общества, основанного на политических свободах и экономическом процветании.

Тасис осуществляет эту цель путем предоставления безвозмездного финансирования передачи ноу-хау для поддержки процесса перехода к рыночной экономике и демократическому обществу.

За первые шесть лет своей деятельности, с 1991 по 1996 гг., Тасис реализовал 2,807 миллионов ЕВРО на осуществление свыше 2 500 проектов.

Тасис тесно работает со странами-партнерами для определения направления использования средств. Это гарантирует, что финансирование Тасис соответствует политике реформ и приоритетам каждой конкретной страны. В рамках международного содействия Тасис тесно работает с другими донорами и международными организациями.

Тасис предоставляет ноу-хау с помощью большого числа государственных и частных организаций, что позволяет комбинировать опыт стран с рыночной экономикой и демократическим устройством с местными знаниями и умениями. Ноу-хау передается в форме стратегических консультаций, с помощью групп консультантов, путем проведения исследований и обучения, развития и реформирования правовой и нормативной базы, институтов и организаций, а также с помощью установления партнерства, механизмов породнения и экспериментальных проектов. Тасис также служит катализатором, открывая средства основных кредиторов и инвесторов с помощью пред-инвестиционных и технико-экономических исследований.

Тасис содействует пониманию и оценке демократии и рыночно ориентированной социально-экономической системы путем развития связей и долгосрочных отношений между организациями в странах-партнерах и их коллегами в Европейском Союзе.

Основными приоритетами для финансирования по линии Тасис являются государственные административные реформы, реструктуризация государственных предприятий и развитие частного сектора, транспортной и телекоммуникационной инфраструктур, энергетики, ядерной безопасности и охраны окружающей среды, строительства и эффективного производства пищевых продуктов, производственной и распределительной системы, развитие социальных услуг и образование. Поэтому, каждая страна выбирает приоритетные сектора в зависимости от её нужд.

## Форма 1.2. ТИТУЛЬНАЯ СТРАНИЦА ОТЧЕТА

Название проекта: **Управление дорогами Северо-Запада России**

Номер проекта: **SCR-E/110623/C/SV/RU**

Страна: **Российская Федерация**

	Местный партнер	Консультант ЕУ
Название:	Архавтодор	Финнроуд
Адрес :	Комсомольская 38-1 163045 Архангельск, Россия	Опастинсилта 12 Н 00521 Хельсинки Финляндия
Тел. :	+7 8182 229891	+358 9 86898810
Факс :	+7 8182 229176	+358 9 86898820
Телекс :	_____	_____
Контактное лицо:	Г-н Попов Сергей Иванович	Г-н Раймо Салланмаа
Подписи :	_____	_____

Дата отчета: 31.12.2002

Название Отчета: Улучшение износостойкости дорог с асфальтобетонным покрытием.

Авторы отчета: Консультант ЕС (С. Данн)

Мониторинг ЕС	_____	_____	_____
	[имя]	[подпись]	[дата]
Делегация ЕС	_____	_____	_____
	[имя]	[подпись]	[дата]
ТАСИС [управляющий проектами]	_____	_____	_____
	[имя]	[подпись]	[дата]

## Содержание

<b>ПРЕДИСЛОВИЕ</b> .....	<b>1</b>
<b>1 ИЗУЧЕНИЕ СОСТОЯНИЯ СЕТИ ДОРОГ, ОБСЛУЖИВАЕМЫХ "АРХАВТОДОРОМ"</b> .....	<b>2</b>
1.1 Зона распространения температурных трещин.....	2
1.2 Центральные продольные трещины.....	2
1.3 Трещинообразование в результате морозного пучения.....	3
1.4 Выводы относительно происхождения обследованных трещин.....	3
<b>2 ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ТРЕЩИН</b> .....	<b>4</b>
2.1 Испытания, направленные на оценку свойств битума в холодных условиях.....	4
2.2 Пригодность российских битумов к использованию в Архангельской области.....	5
<b>3 СОСТАВЛЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ, УСТОЙЧИВОЙ К ОБРАЗОВАНИЮ КАК ТЕМПЕРАТУРНЫХ ТРЕЩИН, ТАК И КОЛЕЙНОСТИ</b> .....	<b>6</b>
3.1 Составление скелета заполнителя.....	6
3.2 Альтернативное решение – использование модифицированных битумов.....	7
<b>4 ПРЕДЛАГАЕМЫЕ НОВЫЕ СТАНДАРТЫ</b> .....	<b>9</b>
<b>5 РЕКОМЕНДАЦИИ</b> .....	<b>10</b>
5.1 Составление асфальтобетонных смесей для использования в Архангельской области 10	
5.2 Улучшение износостойкости покрытия посредством обеспечения гарантии качества ..	10
5.3 Предотвращение трещинообразования в результате морозного пучения.....	11
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ 1 - ВЫБОР БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО, УСТОЙЧИВОГО К ОБРАЗОВАНИЮ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ТРЕЩИН</b> .....	<b>12</b>
Испытание на прямое натяжение (AASHTO TP3).....	14

## Предисловие

Данный документ представляет Технический Отчет №13 в контексте проекта «Управление Дорогами Северо-Запада России», финансируемого программой Тасис. В отчете рассматривается вопрос улучшения износостойкости федеральных и территориальных дорог с асфальтобетонным покрытием, обслуживаемых "Архавтодором".

В разделе 1 представлены результаты визуального обследования федеральных и территориальных дорог Приморского района с асфальтобетонным покрытием. Консультанты проекта пришли к выводу, что образование поперечных температурных трещин является основным типом повреждений, наблюдаемых на сети федеральных и территориальных дорог Приморского района, обслуживаемых "Архавтодором".

В разделе 2 рассматриваются вопросы предотвращения образования температурных трещин, описываются технологии испытаний, направленных на оценку свойств битума при эксплуатации в холодных условиях, а также оценивается пригодность российских битумов к использованию в Архангельской области.

Раздел 3 посвящен вопросам составления асфальтобетонной смеси, являющейся устойчивой к образованию, как температурных трещин, так и колеяности. Описываются вопросы составления скелета заполнителя, а также рассматривается альтернативное решение проблемы: использование полимеров для модифицирования битумов, например, стирол-бутадиен-стирол (SBS).

В разделе 4 рассматривается предложение по использованию новых стандартов, находящихся в настоящее время в разработке. В том числе, речь идет о проекте ГОСТа Р "Улучшенный дорожный битум" в котором представлены новые типы битума БНД и усилены требования к их свойствам, необходимым для эксплуатации при низких температурах.

В разделе 5 представлены рекомендации Консультантов по поводу составления асфальтобетонных смесей, предполагаемых для использования в Архангельской области, улучшения износостойкости дорожного покрытия путем обеспечения лучшей гарантии качества, а также способы предотвращения трещинообразования, обусловленного морозным пучением.

В Приложении 1 представлены руководства по выбору битумного вяжущего, устойчивого к термическому трещинообразованию, и описаны технологии проведения испытания "Измерение сгибающегося бруска с помощью реометра" (BBR) и испытания на прямое натяжение.

# 1 Изучение состояния сети дорог, обслуживаемых "Архавтодором".

Консультанты проекта уделили особое внимание визуальному обследованию федеральных и территориальных дорог с асфальтобетонным покрытием Приморского района. В ходе исследования были получены ниже представленные сведения относительно поверхностных дефектов, в частности трещинообразования.

## 1.1 Зона распространения температурных трещин

На большей части дорог Приморского района наблюдается образование поперечных температурных трещин, которые, видимо, и являются причиной начала и развития износа поверхности дорог. В соответствии с частотой образования этих трещин становится очевидным тот факт, что использованные асфальтобетонные смеси не рассчитаны на сопротивление температурным напряжениям, возникающим в результате суточных и сезонных перепадов температур.

На большинстве дорожных покрытий первые трещины появляются в виде мелких поперечных температурных трещин с интервалом примерно в 6м. Со временем эти трещины становятся шире, и между ними, по мере затвердевания асфальта, появляются новые поперечные трещины, некоторые из которых не распространяются на всю ширину проезжей части, а поражают лишь одну из полос. Большинство таких трещин также имеют температурное происхождение.

В дальнейшем, такие трещины продолжают расширяться, и их края начинают выкрашиваться. В процессе выкрашивания раскрытые трещины образуют впадины, создающие воздушные ямы для проезжающих транспортных средств, и существенно увеличивая тем самым неровность дорожного покрытия. Талая вода, двигаясь весной вдоль трещин, вымывает мелкие частицы дорожного материала, делая повреждения еще более глубокими.

На следующей стадии продольные трещины, которые обычно являются структурными и появляются в результате действия постоянной нагрузки от транспортных средств, соединяются с некоторыми из поперечных трещин и образуют четырехугольники, представляющие собой блоки трещин. Очевидно, что эти блоки появляются в результате комплексного действия температурного напряжения, морозного пучения и потери устойчивости конструкции дорожной одежды. Если на такие блоки трещин вовремя не нанести слой износа, они будут продолжать развиваться до тех пор, пока поверхность дороги не покроется сеткой трещин типа "крокодиловой кожи".

Важным наблюдением является то, что на федеральных и территориальных дорогах Архангельской области (даже на тех, поверхность которых более чем на 60% покрыта трещинами) только очень небольшой процент трещин можно охарактеризовать как структурные (т.е. появившиеся в результате потери устойчивости конструкции дорожной одежды).

## 1.2 Центральные продольные трещины

Типичной формой трещинообразования являются трещины, пролегающие вдоль центральной линии дороги. Обычно они появляются в месте устройства продольного рабочего шва, соединяющего полосы дороги. Такие продольные трещины

присутствуют не везде, и их появление зависит от того, насколько качественно был выполнен шов. Таким образом, шов не является обязательным показателем месторасположения ослабленного сечения, предрасположенного к трещинообразованию. Подверженность стыка полос трещинообразованию является показателем плохого контроля качества строительных работ.

### 1.3 Трещинообразование в результате морозного пучения

Территориальные дороги, толщина одежды которых недостаточна для сокращения воздействия морозного пучения, часто подвержены образованию продольных трещин. Такие трещины проникают на глубину не только дорожного покрытия, но и верхнего слоя основания.

Причиной формирования таких трещин является тот факт, что центральная часть проезжей части дороги промерзает на большую глубину, чем ее края, и, соответственно, центральная часть двигается больше. Разница в движении различных частей проезжей части создает поперечные растягивающие напряжения дорожного материала, что в сочетании с температурным напряжением, возникающим в дорожном покрытии, превышает предел прочности материала к растяжению, и материал трескается. Сжатие дорожного покрытия при сопротивлении ему подстилающего слоя обычно является достаточным и для разрыва верхнего слоя дорожного основания.

### 1.4 Выводы относительно происхождения обследованных трещин

Поперечные температурные трещины являются основным видом трещин и наиболее распространенным типом повреждений, наблюдаемых на федеральных и территориальных дорогах Приморского района, обслуживаемых "Архавтодором". Если предотвратить образование температурных трещин, то полезный срок службы сети дорог значительно увеличится, а расходы на их содержание существенно сократятся.

## 2 Предотвращение образования температурных трещин

Образование температурных трещин можно предотвратить или, по крайней мере, существенно сократить путем добавления в асфальтобетонную смесь определенного количества битума, который является достаточно вязким для обеспечения сопротивления трещинообразованию в зимнее время при самой низкой преобладающей температуре дорожного покрытия. В асфальтобетонной смеси именно свойства битумного вяжущего определяют степень сопротивления трещинообразованию при низких температурах.

### 2.1 Испытания, направленные на оценку свойств битума в холодных условиях

Как западные европейские стандарты, так и российский ГОСТ 11507-780 используют испытание на точку разрыва Фраасса (Fraass Breaking Point Test) для характеристики поведения битумов при низких температурах. Данное испытание предполагает нанесение тонкого слоя битума на пластину, которую при охлаждении изгибают. Точка разрыва Фраасса – это температура, при которой образец битума трескается. К сожалению, воспроизводимость результатов данного испытания не очень хорошая.

Сложность получения постоянных и достоверных данных по Фраассу заставила исследователей разработать более показательные методы испытания. В рамках программы (SHRP)<sup>1</sup>, стоимость которой составила 150 млн. долларов США, были разработаны технические характеристики системы "Superpave" ("Суперпейв"), в которой исследователи отказываются от классификации битумов по степени пенетрации/температуре размягчения и используют цифровую систему, определяющую тот температурный диапазон, в рамках которого свойства битума удовлетворяют требованиям к эксплуатации.

В рамках программы были разработаны следующие методы испытания: "Измерение сгибающегося бруска с помощью реометра" (Bending Beam Rheometer Test (AASHTO TP1)) и "Испытание на прямое растяжение" (Direct Tension Tester (AASHTO TP3)). Оба метода определяют свойства, которыми должны обладать битумные слои, укладываемые на подверженные холодным условиям дороги, для сопротивления разрыву. При оценке вероятного поведения битума на дороге особенно важным является имитация процессов смешивания при повышенных температурах, уплотнения и долгосрочного старения материала на протяжении всего периода его эксплуатации. Ранее данный подход не был принят как метод испытания.

В Приложении 1 представлена дополнительная информация об обоих методах. Необходимо также отметить, что стоимость требуемого для испытаний оборудования настолько высока, а область его применения настолько узка, что о приобретении его для областной лаборатории не может быть и речи. Однако, такое оборудование может оказаться полезным для использования в государственной национальной лаборатории, которая удовлетворяет потребности всех регионов страны.

Вяжущее, выбираемое для асфальтобетонной смеси, должно являться стойким к термическому растрескиванию при минимальных возможных температурах и, в тоже

<sup>1</sup>Программа стратегического дорожного исследования, США (SHRP)

время, достаточно жестким для сопротивления самым высоким преобладающим температурам. Кроме того, вяжущее должно обладать достаточной устойчивостью к образованию усталостных трещин и колеиности.

На территории Архангельской области среднегодовая минимальная температура воздуха составляет  $-38^{\circ}\text{C}$  и соответствует температуре дорожного покрытия, равной примерно  $-34.5^{\circ}\text{C}$ . Средняя высокая семидневная температура воздуха оценивается как  $+23^{\circ}\text{C}$ , и соответствующая ей расчетная температура покрытия составляет  $+34^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, необходимо выбрать тип битума, удовлетворяющий требованиям температуры дорожного покрытия как при  $-34.5^{\circ}\text{C}$ , так и при  $+34^{\circ}\text{C}$  (диапазон температур составляет  $68.5^{\circ}\text{C}$ ).

В соответствии с технологией "Performance Graded Asphalt" ("Эксплуатационные качества битума с подобранным гранулометрическим составом") по программе SHRP было установлено, что в Архангельской области хорошие эксплуатационные качества покажет асфальтобетонная смесь, гранулометрический состав которой удовлетворяет PG 46-34 (это значит, что битум должен удовлетворять критериям испытаний при низких температурах при следующей температуре окружающей среды, обеспеченной во время испытания:  $-34 + 10 = -24^{\circ}\text{C}$ ). Поскольку в России для определения гранулометрического состава смесей не используют технологии, подобные "Performance graded asphalt", то в настоящее время не существует определенного способа выбора (без проведения испытаний SHRP) тех российских битумов, которые наиболее подходят для применения в Архангельской области.

Результаты испытаний уровней пенетрации западных битумов по программе SHRP показали, что только битумы, пенетрация которых превышает 200дмм, обладают шансом удовлетворить критерии SHRP при расчетной температуре  $-34^{\circ}\text{C}$ .

## 2.2 Пригодность российских битумов к использованию в Архангельской области

В настоящее время в соответствии с ГОСТ 9128 и климатическими условиями в Архангельской области рекомендуется использовать битумы следующих двух типов: 60/90 и 90/130. В ходе беседы с начальником дорожной лаборатории "Архавтодора" было выяснено, что наиболее используемым типом битума является 90/130, однако, битум пенетрации 60/90 время от времени также применяется. Начальник лаборатории считает, что битум пенетрации 60/90 слишком хрупок для использования при таких низких температурах, которые наблюдаются в Архангельской области.

Однако, у нас возникли небольшие сомнения в том, что битум 60/90 является слишком хрупким для достижения удовлетворительного результата. Наши консультанты также выразили сомнения по поводу того, сможет ли битум 90/130 пройти испытание SHRP на устойчивость к трещинообразованию при низких температурах. Выше описанные результаты осмотра сети дорог позволяют предположить то, что и эксплуатационные качества битума 90/130 не так уж хороши для использования при преобладающих холодных условиях.

Российскими битумами, которые, возможно, явились бы устойчивыми к низким температурам, названы (ГОСТ-2245-90) битумы БНД 130/200 и 200/300, ни один из которых не применяется в Архангельской области. Причина заключается в том, что эти битумы становятся мягкими при высоких температурах. Следовательно, дорожное покрытие, построенное из нетщательно составленного и плохо управляемого асфальтобетона, содержащего один из таких битумов, в течение короткого летнего периода подвержено деформациям и колееобразованию. Таким образом, оказывается, что если битум является устойчивым к трещинообразованию при холодных условиях, его эксплуатационные качества не удовлетворяют теплым летним условиям.

### 3 Составление асфальтобетонной смеси, устойчивой к образованию как температурных трещин, так и колеиности

Устойчивость асфальтобетонной смеси к колееобразованию обеспечивается совместной устойчивостью минерального материала и битума. Однако, структура заполнителя играет основную роль в устойчивости смеси. Если при высоких температурах устойчивость битума снижается, то скелет заполнителя, обладающий высокой устойчивостью к сдвигу, компенсирует утраченные битумом свойства. Таким образом, в качестве заполнителя используют минеральный материал с высоким внутренним трением, т.е. такой, который обладает угловатой формой, шероховатой поверхностной текстурой, тщательно подобранным гранулометрическим составом и способностью к уплотнению для усиления контакта частицами друг с другом.

#### 3.1 Составление скелета заполнителя

Минеральные материалы, удовлетворяющие российские нормы, могут быть пригодны к применению при условии уделения особого внимания расчету гранулометрического состава заполнителя. Метод программы SHRP "Superpave"<sup>2</sup> относится как раз к данному аспекту. Заполнителем с оптимальным гранулометрическим составом, по этому методу, является тот, график состава которого приближается к прямой линии. При этом на вертикальной оси координат отмечают долю материала, проходящего через сито (%), а на горизонтальной – размеры сит до 0,45мм. В таблице 9.1 представлены рекомендуемые границы зернового состава заполнителя, который нужно использовать для приготовления смесей, пригодных для проведения испытаний на уплотнение. Нужно также отметить, что размеры сит, используемых в Америке, немного отличаются от тех, что используются в России. Однако, если каждый российский размер сит заменить на ему соответствующий ближайший размер по нормам США, то погрешность будет незначительной.

**Таблица 1 - Числовые границы зернового состава для пяти номинальных максимальных размеров зерен заполнителя.**

	Номинальный максимальный размер зерен заполнителя (мм) - Контрольная точка (прохождение материала, %)									
	37.5		25.0		19.0		12.5		9.5	
Размер отверстия сит, мм	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.	Мин.	Макс.
50.0	100									
37.5	90	100	100							
25.0		90	90	100	100					
19.0				90	90	100	100			
12.5						90	90	100	100	
9.5								90	90	100
4.75										90
2.36	15	41 (23.3)	19	45 (30.8)	23	49 (34.6)	28	58 (39.1)	32	67 (47.2)
0.075	0	6	1	7	2	8	2	10	2	10

<sup>2</sup> Superpave Mix Design, Asphalt Institute Superpave Series No.2 (SP-2), USA 2001

Прямая линия графика гранулометрического состава представляет такой состав, в котором частицы материала в наиболее уплотненном положении прилегают друг к другу. Однако, опыт показывает, что такие смеси часто оказываются недостаточно пористыми для заполнения их битумным вяжущим и являются чувствительными к содержанию битума. Незначительные изменения содержания битума могут отразиться на упругости смеси, обуславливая ее чувствительность к колееобразованию. В этом случае программа SHRP рекомендует уменьшить процентное содержание песка фракции 0,6 - 1,18мм с тем, чтобы создать смесь с оптимальной пористостью для заполнения битумом (VMA). График выбранного зернового состава должен выглядеть как ровная линия, за исключением прогиба в секции между 0,6 и 1,18мм. В таблице 9.1 числа в скобках, соответствующие размеру сит 2,36мм, представляют долю материала, проходящего через сито, удовлетворяющую смеси с уменьшенным содержанием вышеуказанных фракций песка.

Содержание вяжущего необходимо тщательно рассчитывать с тем, чтобы обеспечить достаточное содержание воздуха в уплотненной смеси, что необходимо для предотвращения развития избыточного давления битума под воздействием нагрузок, создаваемых транспортными средствами. Если смесь содержит избыток битума, или если во время срока службы материал настолько уплотняется под воздействием движения транспорта, что все поры заполняются битумом, то материал становится подверженным пластическим деформациям. Рекомендуемое целевое содержание пор с воздухом в уплотненной смеси составляет 4%. Программа SHRP также рекомендует обеспечивать не менее 13% содержания VMA и 0,6-1,2% каменной пыли.

Нужно составить пробные смеси и подвергнуть их испытанию на уплотнение, желательно выполнить уплотнение до отказа (до тех пор, пока материал не будет полностью утрамбован). Далее нужно определить процентное содержание VMA и пор с воздухом, а затем содержание битумного вяжущего и отношение содержания пыли к содержанию битума. Наконец, можно приготовить вторую группу пробных смесей с другим содержанием битума с тем, чтобы выверить количество битума, требуемое для обеспечения 4% пор с воздухом.

Само собой разумеется, что важно не только тщательно рассчитать состав смеси и подвергнуть ее испытанию, но исполнитель также должен обеспечить высокий уровень контроля за дозированием, смешением, транспортировкой, распределением и уплотнением смеси на дороге с тем, чтобы достичь желаемых результатов, т.е. требуемых свойств материала.

### **3.2 Альтернативное решение – использование модифицированных битумов**

Опыт показывает, что битумы, модифицированные с помощью сополимеров, таких как, например, стирол-бутадиен-стирол (SBS), способны уменьшать модуль упругости материала при низких температурах таким образом, что когда температура дорожной поверхности понижается, и в модифицированном материале возникают температурные напряжения, то они намного меньше тех, что возникают в немодифицированных. Следовательно, модифицированное вяжущее трещинообразованию подвержено меньше, чем немодифицированное.

Результаты исследования модифицированного битума посредством метода "Vialit Pendulum<sup>3</sup>" показали, что обычно при повышении температуры вяжущего когезия модифицированного битума значительно возрастает по сравнению с немодифицированным. Дополнительные когезионные свойства совместно с повышенными свойствами упругого восстановления уменьшают чувствительность асфальтобетонной смеси к образованию колеи и трещин.

Велика вероятность того, что асфальтобетонная смесь, приготовленная с использованием битума пенетрации 90/130, правильно модифицированного посредством определенного количества SBS для достижения требуемых свойств вяжущего, окажется устойчивой к образованию как температурных трещин, так и колеи. Однако, необходимо уделять особое внимание предотвращению разделения битума и полимера во время хранения, иначе вяжущее может стать гетерогенным. Также необходимо уделять повышенное внимание температуре нагрева вяжущего при перемешивании, так как перегрев ведет к уничтожению эффективности полимера.

К сожалению, использование полимеров для модифицирования битума является дорогим процессом, и стоимость битума возрастает практически в два раза. В общем, если не предполагается использование больших объемов модифицированного битума, то устройство установки для его производства является экономически невыгодным. Другими словами, использование такой установки должно предполагать выполнение крупной программы по восстановлению покрытий, а не применяться для устройства отдельных слоев износа.

Некоторое время назад поступило предложение использовать модифицированный битум для устройства слоев износа на федеральных дорогах, но недавно вышел указ, отменяющий данное предложение.

---

<sup>3</sup> Данное испытание предполагает устройство тонкой пленки вяжущего между двумя кубами и последующее измерение энергии, необходимой для отрыва верхнего куба.

## 4 Предлагаемые новые стандарты

В настоящее время российские специалисты по дорожным материалам понимают, что основной проблемой ухудшения состояния дорог с асфальтобетонным покрытием является трещинообразование, возникающее, главным образом, при низких температурах. По этой причине ведутся обсуждения улучшения технических характеристик материалов и методов контроля качества. Институт "Союздорнии" подготовил проект ГОСТа Р "Улучшенный дорожный битум", в котором представлены новые типы битума БНД и усилены требования к их свойствам, необходимым для эксплуатации при низких температурах. Например, температуры хрупкости следующих типов битума не должны превышать ниже представленные значения:

Пенетрация 40/60	-12 °С
Пенетрация 90/110	-17 °С
Пенетрация 110/130	-18 °С
Пенетрация 120/200	-19 °С
Пенетрация 260/300n	-20 °С

В недавно вышедшей в свет статье Евгения Железко<sup>4</sup> обсуждается проблема существующих стандартов, и критике подвергаются как существующий ГОСТ 22245-90, так и предлагаемый ГОСТ "Улучшенный дорожный битум". В то же время авторы делают некоторые предложения относительно упрощения и улучшения стандартов. Так, для битума пенетрации 40/60 авторы предлагают установить температуру хрупкости не менее -15°С, для битума БНД 70/90 пенетрации при 25 °С – не менее 25°С, для битума 40/60 – не менее 23°С. Статья также предлагает обращать больше внимания на гранулометрический состав вяжущего, в соответствии с современными европейскими стандартами EN 12591. Освещается необходимость создать такой стандарт, который бы не допускал использование битумов, не обеспечивающих дорожное покрытие устойчивостью к трещинообразованию.

Авторы подчеркивают тот факт, что устойчивость асфальтобетонного покрытия к трещинообразованию при низких температурах определяется, главным образом, следующими свойствами битумного вяжущего: зависимость деформаций от напряжения. Даже низкокачественный битум, свойства которого удовлетворяют требованиям к эксплуатации при низких температурах, можно использовать для приготовления асфальтобетонной смеси с удовлетворительными характеристиками, но при условии, что состав такой смеси правильно рассчитан, обеспечивает высокую плотность смеси и хорошие адгезионные качества битума.

---

<sup>4</sup> Евгений Железко (2002) "Какие битумы нам нужны?" Статья в журнале "Автомобильные дороги", 1/2002

## 5 Рекомендации

### 5.1 Составление асфальтобетонных смесей для использования в Архангельской области

1. С целью сокращения трещинообразования на дорогах Архангельской области в ближайшем будущем рекомендуется перейти на использование битума БНД 130/200 (а не битума БНД 90/130), температура хрупкости которого не превышает  $-19^{\circ}\text{C}$  и пенетрация при  $0^{\circ}\text{C}$  составляет не менее 23. Кроме того, необходимо тщательно рассчитывать состав смеси, использовать качественный наполнитель с плотной структурой и высокой устойчивостью к сдвигу. При выборе гранулометрического состава наполнителя руководствоваться таблицей 1.
2. Предлагается изучить свойства доступных для использования в Архангельской области битумов на поведение при низких температурах с тем, чтобы выбрать самые подходящие источники.
3. Поскольку самым значительным и самым распространенным видом разрушения дорожного покрытия является образование температурных трещин, возможно, имеет смысл выяснить, удовлетворяют ли какие-нибудь битумы из имеющихся в распоряжении требованиям программы SHRP к эксплуатации при температуре  $-34^{\circ}\text{C}$ . В качестве начального шага в этом направлении рекомендуется следующее: два характерных образца битумов, чьи свойства четко определены в соответствии с российскими параметрами, необходимо подвергнуть испытанию на старение и испытанию на прямое натяжение при низкой температуре ( $-24^{\circ}\text{C}$ ) по программе SHRP. В случае если образцы удовлетворяют требованию к тому, что деформация при разрушении должна превышать 1% при  $-24^{\circ}\text{C}$ , то такие битумы можно использовать с большей уверенностью.
4. Консультанты не рекомендуют использовать модифицированные битумы для выполнения обычных работ по содержанию. Также еще нужно доказать, является ли выгодным использование модифицированного битума для реконструкции или укладки нового битумного покрытия на дорогах с интенсивностью движения свыше 3000 АТС в сутки. Консультанты предлагают рассматривать использование модифицированного битума как альтернативный вариант при выполнении работ, требующих укладки большого количества асфальта. Строителям можно предложить этот вариант как альтернативный.

### 5.2 Улучшение износостойкости покрытия посредством обеспечения гарантии качества

Многие дефекты, появляющиеся на дороге в течение ее срока службы, являются проявлением недочетов, допущенных при строительстве дороги в результате некачественно выполненных работ или плохого контроля качества материалов. Основными примерами таких дефектов являются следующие:

- (а) некачественное выполнение центральных продольных и поперечных рабочих швов способствует развитию трещинообразования.

- (b) плохое прилипание (из-за некачественно выполненной подготовки основания) слоя износа к нижнему слою приводит к тому, что со временем слой износа отстаёт и образует впадины;
- (c) неравномерное распределение битума при выполнении поверхностной обработки приводит к отслоению заполнителя и образует узкие обнаженные участки;
- (d) использование битума с низкой устойчивостью к образованию температурных трещин для приготовления асфальтобетонной смеси приводит к тому, что трещины, расширяясь, обеспечивают проникновение воды в конструкцию дорожной одежды;
- (e) недостаточный контроль за контуром и уровнем укладываемого слоя со стороны оператора асфальтобетоноукладчика не позволяет обеспечить требуемые ездовые характеристики дорожного покрытия (изначальная высокая неровность покрытия);
- (f) уплотнение асфальтобетона при температуре, которая является слишком низкой для выполнения уплотнения, приводит к образованию мелких поперечных трещин и не обеспечивает достаточной прочности конструкции (в связи с низкой плотностью).

Необходимость в обязательном осуществлении контроля качества нельзя переоценить. Рекомендуется уделить особое внимание предотвращению выше описанных дефектов.

### 5.3 Предотвращение трещинообразования в результате морозного пучения

Морозное пучение может быть значительно сокращено путем устройства дорожных одежд определенной толщины из морозостойких материалов. Требуемую толщину дорожной одежды можно рассчитать по следующему уравнению:

$$Z_o = 10(24F)^{1/2} - 50h/(SP + 1.8) \dots \dots \dots (1)$$

где  $Z_o$  = толщина морозостойкой дорожной конструкции (мм),  
включающая подстилающий слой, укладываемый под дорожную одежду, из любого морозостойкого грунта (например, песок насыпи)

$F$  = индекс промерзания (градусо-дни)

$h$  = максимальное морозное пучение (мм)

$SP$  = потенциальное льдовыделение (мм<sup>2</sup>/км)

На основе опыта, полученного в Финляндии, финский институт "VTT", который и разработал выше представленную зависимость, вывел следующие рекомендации:

**Рекомендуемые критерии для проектирования:**

Основные дороги (федеральные и территориальные).....  $h < 90$  мм

Местные дороги.....  $h < 120$  мм.

## ПРИЛОЖЕНИЕ 1 - Выбор битумного вяжущего, устойчивого к образованию температурных трещин

Несмотря на то, что поведение асфальтобетонной смеси при холодных погодных условиях зависит от свойств всех компонентов смеси, но если смесь составлена, смешана и уложена в соответствии с нормами, то ее поведение при холодных условиях зависит, главным образом, от свойств битумного вяжущего.

Образование температурных трещин – это проблема, характерная для регионов с холодными климатическими условиями. В рамках программы стратегического дорожного исследования (SHRP) были разработаны два метода испытания битумного вяжущего, направленные непосредственно на оценку свойств вяжущего, влияющих на его эксплуатационные качества при низких температурах. Данные технологии были приняты к использованию в Северной Америке, точнее в Канаде и на Аляске. По сведению консультантов в России еще нет оборудования, необходимого ни для проведения данных испытаний, ни им аналогичных, поэтому ниже приводится краткое описание этих технологий.

Необходимо также отметить, что перед проведением испытаний вяжущее нужно подвергнуть процедурам "Rolling Thin Film Oven Procedure" (AASHTO T240) и "Pressure Aging Vessel Procedure" (AASHTO PP1), которые имитируют воздействия, оказываемые на вяжущее, при смешивании в установке, использовании при строительстве, а также имитируют долгосрочное старение при эксплуатации.

### "Измерение сгибающегося бруска с помощью реометра" (BBR) (AASHTO TP1)

Для проведения испытания "BBR" нужно взять образец битума в форме бруска (длиной 125мм, шириной 12,5мм и 6,25мм толщиной) и поместить его в спирт, температура которого должна быть равна минимальной расчетной температуре дорожного покрытия плюс 10°C. Центральную часть бруска подвергают воздействию постоянной нагрузки (980mN) в течение 240с и затем измеряют отклонение.

На рисунке 1 представлена схема системы, используемой при проведении данного испытания. Компьютер, контролирующий нагрузку и измеряющий отклонение и ползучесть во времени, строит график отклонения во времени и диаграмму жесткости при ползучести. Компьютер рассчитывает жесткость при ползучести каждые 60 секунд.

На рисунке 2 представлен типичный график отклонения во времени (секунды). В соответствии с техническими условиями жесткость при ползучести не должна превышать 300 мПа за 60с.

Вторым параметром является значение  $m$ , которое представляет отрицательный уклон кривой зависимости жесткости от времени в любой период времени, как показано на рисунке 3. Значение  $m$  за 60с должно быть равно или превышать 0.300 за 60с.

Вяжущее, обладающее такой ползучестью, вероятно, и при низкой температуре окружающей среды обнаружит достаточную ползучесть для ослабления термического растягивающего напряжения и предотвращения трещинообразования.

Если значение ползучести составляет 300-600 мПа, то такой битум все равно можно использовать, но только если он пройдет испытание на прямое натяжение (AASHTO TP3 test).

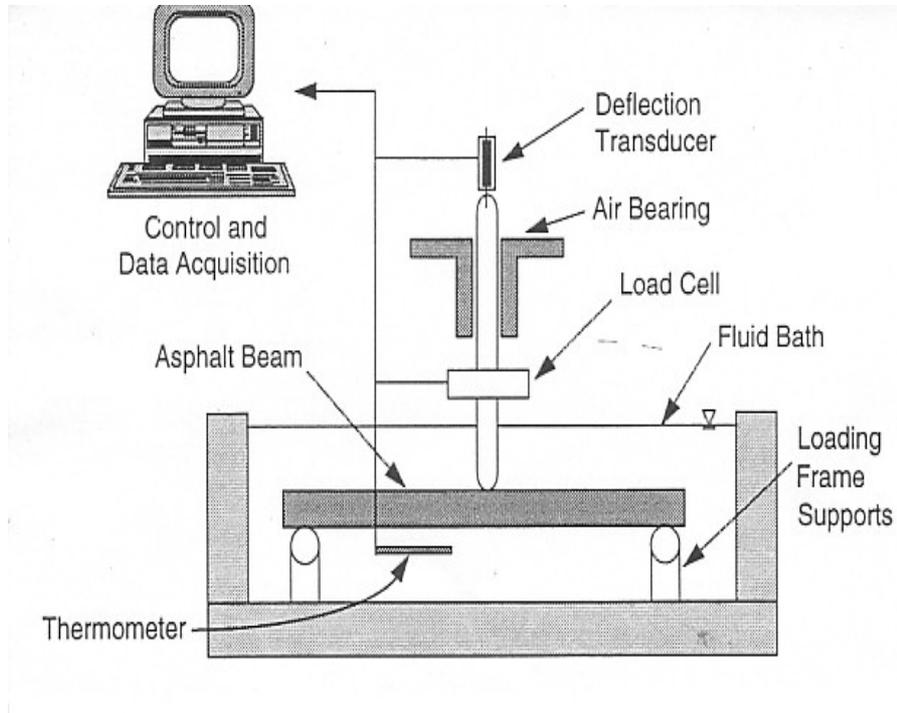


Рисунок 1 - Измерение сгибающегося бруска с помощью реометра.

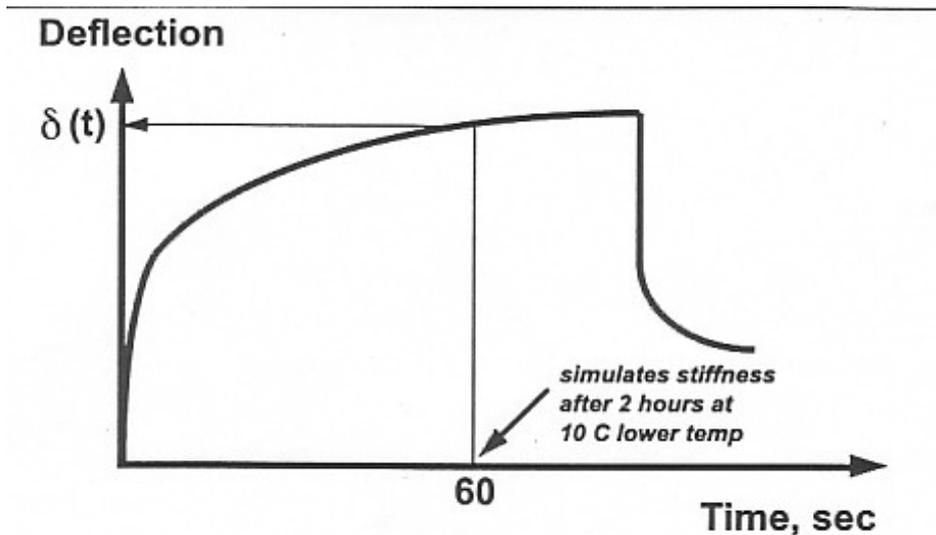


Рисунок 2 - График зависимости отклонения от времени действия нагрузки.

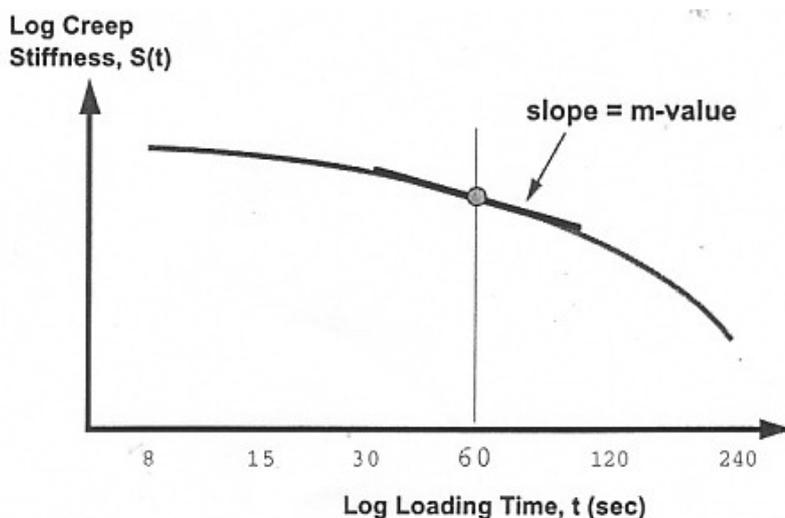


Рисунок 3 - Определение значения  $m$ .

### Испытание на прямое натяжение (AASHTO TP3)

При этом испытании измеряется объем растяжения, которое битум может выдержать до разрыва. Образец битума в форме кости (две головки, соединенные перемычкой), выдержанный в течение одного часа при минимальной расчетной температуре дорожного покрытия, растягивается с медленной, но постоянной скоростью до тех пор, пока образец не порвется. Необходимо измерить среднее натяжение при разрыве у четырех образцов, и оно должно составить не менее 1%.

Проведение обоих выше описанных испытаний требует использования очень сложного оборудования, обеспечивающего не только точный и постоянный контроль за низкой температурой, но и высокоточные компьютеризированный контроль за уровнем нагрузки, измерение данных нагрузки, натяжения и времени, а также запись данных температуры.

Консультанты запросили расценки на выполнение серии испытаний одного образца битума при низких температурах в коммерческой лаборатории Франции. Стоимость испытаний составляет 1 600 евро. Стоимость оборудования, необходимого для проведения испытаний, настолько велика, что его использование будет оправдано только в центральной лаборатории, где такое оборудование будет использоваться постоянно специалистами, выполняющими как исследования, так и централизованный контроль качества.

Само собой разумеется, что смесь, подвергаемая испытаниям, должна быть тщательно составлена, точно измерена, смешена, транспортирована, распределена и уплотнена. В смесь должны входить компоненты, удовлетворяющие требуемым свойствам и существующим нормам.