

УДК 665.637.8.004.12:678.04

## Разработка полимерно-битумного вяжущего для дорожного строительства с учетом специфики сырья Самарского региона

А. Б. СОКОЛОВ, С. В. ЛЕВАНОВА

*Самарский государственный технический университет,  
ул. Молодогвардейская, 244, Самара 443100 (Россия)**E-mail: kinterm@samgtu.ru*

### Аннотация

Разработана математическая модель определения качества полимерно-битумного вяжущего для дорожного строительства на основе сырья региональных нефтеперерабатывающих заводов. Полученная на основе исследований по подбору оптимального состава модифицированного дорожного битума модель позволяет прогнозировать качество продукта в зависимости от состава исходного сырья, обеспечивая гибкость процесса получения полимерно-битумного вяжущего.

### ВВЕДЕНИЕ

В результате недостаточного финансирования дорожного строительства, растущих требований, предъявляемых к дорожному покрытию, и увеличивающейся нагрузки на дороги более 70 % протяженности дорог общего пользования не отвечают современным требованиям. По данным диагностики федеральной сети, почти 28 тыс. км дорог нуждаются в ремонте и более 4 тыс. км – в реконструкции. Основные проблемы здесь связаны с недостаточной прочностью дорожной “одежды”, неудовлетворительным сцеплением, отсутствием требуемой ровности покрытия и низкой пропускной способностью [1]. Одна из главных причин указанных недостатков – низкое качество битума, важнейшего дорожного материала. Поступающий в дорожные организации заводской битум в ряде случаев не удовлетворяет требованиям ГОСТ, в том числе, по таким важным показателям, как температура размягчения, растяжимость при 25 и 0 °С, температура хрупкости, сцепление с каменными материалами.

Как показывает зарубежный и отечественный опыт, в настоящее время один из возможных способов улучшить качество вяжущих материалов для дорожного строительства –

это их модифицирование различного рода добавками [2]. Выбор модификаторов должен производиться с учетом эффективности воздействия добавки на физико-механические показатели битума и экономического обоснования. Добавки классифицируются по области их применения и характеру воздействия на битум: пластифицирующие (олигомеры, масла), структурирующие (синтетический каучук, термоэластопласты, сополимеры типа СКЭПТ) и смешанные (кубовые остатки ректификации стирола, бензола, сланцевый мягчитель) [3].

При использовании полимерно-битумного вяжущего (ПБВ) наибольший интерес представляют структурирующие добавки, обеспечивающие необходимый комплекс механических свойств в широком температурном интервале. Так, необходимо отметить более широкий температурный интервал работоспособности полимерно-битумных материалов по сравнению с традиционными битумными материалами, которые применяются во всех климатических зонах страны без учета этого показателя.

В работе с битумами, модифицированными полимерами, необходимо учитывать свойства и особенности структуры исходного материала, что позволит избежать неоправ-

данных затрат, обусловленных неэффективностью применения дорогостоящих полимеров в такой материалоемкой отрасли, как дорожное строительство.

Для понимания взаимосвязи между структурой битумов и изменениями реологических свойств, вызванных модификацией полимерами, надо обратить внимание на состав исходного битума. Поскольку битумы достаточно сложны для анализа отдельных молекулярных типов, их принято разделять на ряд компонентных фракций посредством осаждения и хроматографии. Большинство методик фракционирования приводят к разделению битума на асфальтовую (осажденную) и мальтеновую (растворимую) фазы. Последняя может быть далее фракционирована, например, на насыщенные соединения, ароматические соединения и смолы. Асфальтовая фракция состоит из полициклических конденсированных кольцевых систем, содержащих гетероатомы и алифатические боковые цепи с молекулярной массой от нескольких сотен до сотен тысяч [4]. Групповой состав битумов определяет следующие их качества: асфальтены – твердость и высокую температуру размягчения; смолы – эластичность и пенетрацию; мальтены представляют собой среду, в которой растворены смолы и набухают асфальтены [5].

Добавление полимеров с подобными или более высокими, чем у асфальтенов, молекулярными массами нарушает равновесие фаз, поскольку и асфальтен, и полимер обладают способностью набухать в мальтеновой фазе и тем самым оказывают влияние на ее растворяющую способность. В зависимости от соотношения требуемой и имеющейся растворяющей способности может произойти разделение фаз. Битумы с высоким содержанием мальтеновой фазы обеспечивают более быстрое набухание полимера, чем битумы с высоким содержанием асфальтенов. Однако в ряде случаев быстрое набухание полимера нежелательно и зависит от типа применяемого оборудования (мешалки с большим или малым усилием сдвига) и вида полимера (по-рошкообразный или кусковой) [6].

Содержание асфальтенов также должно быть тщательно сбалансировано. Определенное количество асфальтенов необходимо для

образования ассоциата с полимером, повышающего сопротивление течению и температуру размягчения. Допустимое содержание асфальтенов зависит от содержания полимера, молекулярной массы полимера и асфальтенов и ароматичности битума [7], так как в битумы с высоким содержанием асфальтенов можно добавлять полимеры с невысокой молекулярной массой, а высокая ароматичность предопределяет низкую температуру размягчения получаемого ПБВ.

Таким образом, для того чтобы в полной мере использовать свойства полимера, необходимо сделать оптимальный выбор битума и полимера, который обеспечит эффективность операций смешения и приемлемые свойства получаемого ПБВ. Технология введения добавок должна быть достаточно простой и гибкой в отношении качества исходного сырья. Кроме того, модификация не должна приводить к значительному удорожанию дорожного покрытия.

Цель данной работы – адаптация существующей методики получения ПБВ (на основе дивинил-стирольного термоэластопласта ДСТ-30-01), используемого при строительстве асфальтобетонных покрытий (методика СоюздорНИИ), к сырью региональных нефтеперерабатывающих заводов (НПЗ).

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве исходного сырья использовали битум марок БНД 90/130 Новокуйбышевского НПЗ (НкНПЗ) и БНД 60/90 Сызранского и Куйбышевского НПЗ (СНПЗ и КНПЗ соответственно). Групповой углеводородный состав битумов, модификатора битума термоэластопласта ДСТ-30-01 (Воронежский завод СК) и гудронов с КНПЗ и НкНПЗ приведен в табл. 1 [3].

На наш взгляд, технология процесса модификации битума полимерными добавками определяется в основном способом введения модифицирующих добавок. Возможны два варианта: растворение добавок в исходном битуме или растворение добавок в растворителе с последующим компаундированием раствора с битумом. Методические рекомендации СоюздорНИИ [8] предусматривают полу-

ТАБЛИЦА 1

Групповой углеводородный состав исследуемых битумов (массовая доля), %

Группа углеводородов	БНД 90/130		
	НкНПЗ	СНПЗ	КНПЗ
Масла	50.3	51.8	50.8
В том числе:			
парафинонафthenовые и моноароматические	24.2	32.9	25.1
биароматические	12.3	10.6	16.6
полиароматические	13.8	8.3	9.3
Смолы	31.5	26.3	30.7
Асфальтены	18.1	21.7	18.3
Карбены, карбониды	0.2	0.2	0.2

чение ПБВ путем введения в нагретый до 90–110 °С дорожный битум 2–2.5 % ДСТ из 10–20 %-го раствора в углеродных растворителях – ксилоле, бензине, керосине, сольвенте, дизельном топливе, ТС-1. Нами предложено растворять ДСТ в гудронах и использовать полимерно-гудронный концентрат в качестве добавки в битум.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В качестве недостатка первого варианта (растворение ДСТ в битуме) нужно отметить следующее. Время полного растворения ДСТ в товарном битуме составляет около 4–5 ч, в течение которого в системе должна поддерживаться температура на уровне 130–170 °С, что не может не сказаться на качестве получаемого ПБВ. В открытых системах насыщение воздухом, вызванное длительным размешиванием при высокой температуре, нежелательно, как для битума, так и для полимера. Нельзя забывать и о предельных температурах, обусловленных термостойкостью ДСТ.

Второй вариант предпочтительнее, поскольку в качестве сырья можно использовать битумы и гудроны с широким интервалом физико-химических показателей. Изменяя соотношение битум : гудрон, можно получать исходное сырье с заданными характеристиками. ДСТ растворяется в гудроне всего за 1–1.5 ч при более низкой температуре (110–130 °С), что значительно сокра-

щает время пребывания полимера в зоне высоких температур и общее время приготовления ПБВ.

Проведены эксперименты по отработке оптимальных составов модифицированных дорожных битумов. В качестве сырья использовали гудрон с условной вязкостью 13–35 с и битум с пенетрацией, при 25 °С равной 70–120 мм, и температурой размягчения 42–52 °С. Навеску модификатора растворяли в гудроне в течение 1.5 ч, затем полученный раствор в определенных пропорциях смешивали с исходным битумом и анализировали по стандартным методикам [9]. В отличие от методики приготовления ПБВ [8], где предусматривается введение до 2.5 % ДСТ, определенная нами оптимальная массовая доля ДСТ в модифицированном дорожном битуме составляет 1 %, что снижает стоимость получаемого ПБВ без ухудшения физико-химических характеристик. В результате получен модифицированный дорожный битум со следующими показателями: температура размягчения 44–50 °С, пенетрация при 25 °С 90–130 мм, растяжимость при 25 °С 95–120, при 0 °С – 33–57 см, температура хрупкости –38...–40 °С, сцепление с мрамором соответствует образцу № 2.

Ввиду значительного разнообразия типов и структур молекул в битуме предсказать свойства модифицированных ДСТ битумных смесей, определяющие их эксплуатационные характеристики, на основании состава битума представляется весьма проблематичным. По результатам работы нами разработан математический аппарат – уравнения, с помощью которых можно рассчитать количество раствора ДСТ в гудроне, необходимое для приготовления модифицированного дорожного битума с заданными характеристиками, и параметры получаемого модифицированного битума на основании показателей качества сырья (вязкость условная гудрона, пенетрация исходного битума) Самарского региона:

$$П_{см} = (П_б - А) + [5.84 - (0.0190ВУ)]С_{гудр}$$

где  $П_{см}$  и  $П_б$  – пенетрации полученного ПБВ и исходного битума при 25 °С соответственно; ВУ – условная вязкость гудрона, с;  $С_{гудр}$  – массовая доля вводимого в смесь гудрона, %; А – поправочный коэффициент (для битумов с температурами размягчения в интервалах

40–46, 46–50 и 50–52 °С коэффициент А составляет 0, 20 и 40 соответственно);

$$T_{\text{см}} = T_6 - [0.31 - (0.0022BY)]C_{\text{гудр}}$$

где  $T_{\text{см}}$ ,  $T_6$  – температуры размягчения полученного ПБВ и исходного битума, °С.

Тщательный подбор количеств полимера, битума и гудрона, правильный температурный режим и более короткие периоды перемешивания за счет использования смесительного оборудования с большими усилиями сдвига существенно влияют на основные характеристики получаемого ПБВ. Для того чтобы обеспечить еще большую надежность свойств ПБВ, можно добавить антиоксиданты или применить во время смешения защитный азотный слой. При длительном хранении ПБВ следует применять как можно более низкую температуру и постоянное перемешивание.

Данный способ получения ПБВ можно рекомендовать к внедрению на асфальто-бетонных заводах с использованием установок блочно-модульного типа “Планета”, разработанных ЗАО “ИЦ Планета”.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По сравнению со стандартными методическими рекомендациями СоюздорНИИ предлагаемый нами способ позволяет более чем вдвое снизить количество ДСТ-30-01, применяемого для приготовления модифициро-

ванного дорожного битума, без ущерба качеству. Приведенная математическая модель дает возможность прогнозировать качество получаемого модифицированного битума в зависимости от используемого сырья и готовить битумы с заданными характеристиками.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 В. А. Кретов, А. Я. Эрастов, Научное обеспечение федеральной программы “Дороги России”, Москва, 1998.
- 2 Р. С. Ахметова, Современное состояние производства и пути повышения качества битумов различного назначения, изд. ЦНИИТЭнефтехим, Москва, 1979, 52 с.
- 3 С. В. Котов, Г. В. Тимофеева, С. В. Леванова и др., *Химия и технология топлив и масел*, 517, 3 (2003) 52.
- 4 Дж. А. Н. Скотт, Дискуссия по материалам – составляющим систем на основе обычного битума и битума, модифицированного полимерами, Материалы 8-го Междунар. конгресса по гидроизоляционным материалам, Мадрид, март, 1992 г.
- 5 А. К. Мановян, Технология переработки природных энергоносителей, Химия, КолосС, Москва, 2004, с. 128.
- 6 Приготовление смесей Карифлекса TR и битумов. Термопластичные каучуки, техническое руководство TR 6.5 (R), Материалы 8-го Междунар. конгресса по гидроизоляционным материалам, Мадрид, март, 1992.
- 7 Г. ван Гоосвиллиген, В. С. Вонк, Роль битумов в смесях с термопластичными каучуками, Материалы 8-го Междунар. конгресса по гидроизоляционным материалам, Мадрид, март, 1992.
- 8 Методические рекомендации по строительству асфальтобетонных покрытий с применением полимерно-битумного вяжущего (на основе ДСТ), СоюздорНИИ, Москва, 1975.
- 9 ГОСТ 22245–90, Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.