

**ПОЛУЧЕНИЕ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ
УЛУЧШЕННЫМИ СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ
ЗА СЧЕТ ВВЕДЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ДОБАВОК И НАНОТРУБОК**

¹Евфорицкий А.С., ¹Котенко Н.П., ²Данилова-Волковская Г.М.*

¹Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова

²Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова

*danilova-volk@yandex.ru

Исследована модификация нефтяного дорожного битума марки БНД 70/100. Получены асфальтобетонные смеси (АБС) с применением в качестве песков отсева отходов производства керамогранита. Модификаторы – сополимеры стирола с бутадиеном и этилена с винилацетатом, углеродные нанотрубки. Определены оптимальные концентрации для получения АБС с повышенной теплостойкостью, эластичностью, повышенной сдвигоустойчивостью и прочностью при температурах от 0 до 50 °С.

Ключевые слова: полимернобитумное вяжущее БНД 70/100, сополимеры бутадиен-стирола и этилен-винилацетата, отходы производства керамогранита, нанотрубки, асфальтобетон, сдвигоустойчивость, рабочий температурный интервал.

**PRODUCTION OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES WITH
IMPROVED STRUCTURAL AND MECHANICAL PROPERTIES DUE
TO THE INTRODUCTION OF POLYMER ADDITIVES AND NANOTUBES**

¹Evforitsky A.S., ¹Kotenko N.P., ²Danilova-Volkovskaya G.M.

¹M.I. Platov South Russian State Polytechnic University (NPI)

²Kabardino-Balkarian State University

The modification of petroleum road bitumen of the BND 70/100 brand was investigated, asphalt concrete mixtures (ABS) were obtained using porcelain stoneware waste as screening sands. Modifiers are copolymers of styrene with butadiene and ethylene with vinyl acetate, carbon nanotubes. Optimal concentrations have been determined for the production of ABS with increased heat resistance, elasticity, increased shear resistance and strength at temperatures from 0 to 50 °C.

Keywords: polymer bitumen binder BND 70/100, copolymers of styrene butadiene and ethylene vinyl acetate, waste products of porcelain stoneware, nanotubes, asphalt concrete, shear resistance, operating temperature range.

Введение

Данные исследования посвящены перспективному и актуальному решению проблемы повышения долговечности асфальтобетонных покрытий путём разработки составов качественных полимерно-битумных вяжущих (ПБВ) и функционально модифицированных битумов для асфальтобетонных смесей.

Целью данных исследований является получение асфальтобетонных смесей (АБС) с улучшенными структурно-механическими свойствами и температурной устойчивостью с применением в качестве песков отсева отходов производства керамогранита.

Структура асфальтобетона должна обеспечивать высокую сдвиго- и трещиностойкость в течение требуемого срока службы покрытия. Поэтому в настоящей работе поставленная цель достигается путём составления асфальтобетонных смесей с использованием модифицированных вяжущих материалов, определяющих устойчивость материала к накоплению различного рода дефектов и деформаций.

Полимеры, применяемые для улучшения качества дорожных органических вяжущих

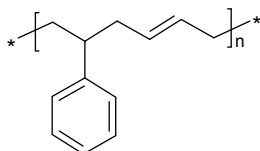
В настоящее время широкое распространение получили полимерно-битумные вяжущие с использованием таких термопластов как полиэтилен, полипропилен, полистирол, этилен-винилацетат (EVA), полиэтилентерифталат, а также каучуки на основе полибутадиена, хлоропрена, этилен-пропилена СКЭПТ-Э-30, стирол-бутадиен-стирола (СБС), дивинилстирола и полиуретана [1–3].

Практически во всех литературных источниках описаны свойства ПБВ на основе наиболее распространенных нефтяных дорожных битумах БНД 60/90 и БНД 90/130 (ГОСТ 22245-90). В данной работе основой для приготовления модифицированных битумов, отвечающих современным требованиям, был выбран битум марки БНД 70/100 (ГОСТ 33133-2014). Он относится к категории вязких битумов и применяется для дорожных работ в теплое время года, при среднесуточной температуре не ниже +5 °С. Материал широко используется для ремонтных работ, а также для прокладки новых дорог.

Эксперимент

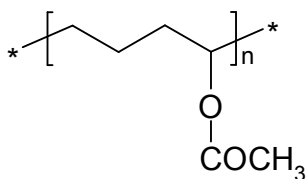
В представленной экспериментальной работе рассмотрено влияние модификаторов на физико-механические свойства вяжущего, а также свойства асфальтобетона на основе ПБВ с оптимальными концентрациями.

В качестве полимерных модификаторов применялись сополимеры стирола с бутадиеном и этилена с винилацетатом.



Сополимер бутадиена и стирола (СБС) – синтетический каучук, в котором жесткие стирольные блоки чередуются с подвижными цепями бутадиена. В смеси с битумом они образуют высокоэластичную структуру.

Введение в битум 2,5–6,0 % (в зависимости от марки БНД) СБС в качестве полимерной добавки повышает температуру размягчения и морозостойкость битумов, придает органическому вяжущему высокую эластичность, что в свое время повышает теплостойкость и сдвигоустойчивость асфальтобетона [4]. Использование порошкового полимера позволяет достаточно быстро приготовить однородное вяжущее даже в лабораторных условиях при смешении составляющих. Крупные гранулы полимера измельчаются на специализированном оборудовании, оснащем коллоидными мельницами, до молекулярного уровня для формирования полимерной структурированной сетки.



Этиленвинилацетат – термопластичное вещество, получаемое в результате сополимеризации этилена и мономера винилацетата, его содержание определяет механические свойства сополимера. Сополимер ЭВА образует жесткую сетку в модифицированном битуме и противостоит деформации (образованию колеи). Термопласт довольно быстро растворяется в битуме при температуре 155–180 °С, что облегчает процесс приготовления ПБВ для асфальтобетона и не требует покупки дорогостоящего и технологически сложного оборудования, как при использовании СБС [4].

В качестве функционального модификатора были использованы одностенные углеродные нанотрубки (ОУНТ). Это инновационный наномодификатор. В данном исследовании для улучшения равномерного распределения ОУНТ в дорожном битуме были использованы не самостоятельные частицы, а заранее подготовленная концентрированная дисперсия 4 % ОУНТ в адгезионной добавке. Благодаря физическим силам Ван-дер-Ваальса нанотрубки равномерно распределяются в объеме вяжущего, что увеличивает их удельную поверхность, а уникальное сочетание механических и электронных свойств углеродных нанотрубок делает их лучшими в ряду углеродных волокон [4].

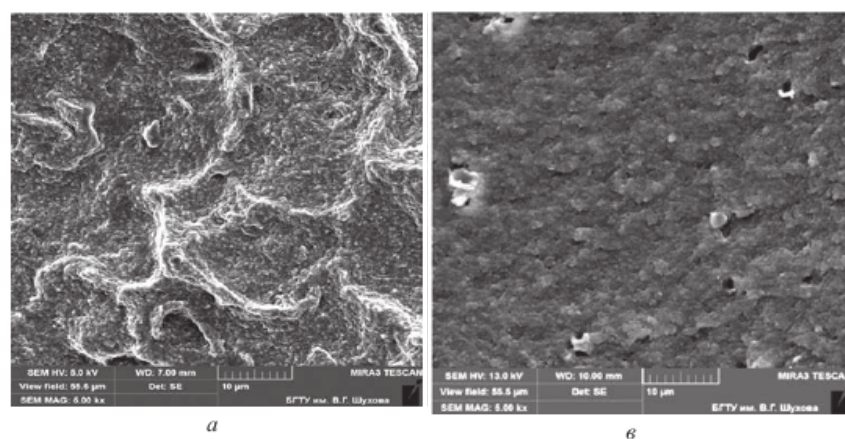


Рис. 1. Микрофотографии структуры асфальто-смолистых комплексов битумного вяжущего:
а) наномодификатор ОУНТ $1 \times 10^{-5} \%$; б) без наномодификатора

Приготовление битумного вяжущего производилось по следующей технологии: в предварительно обезвоженный и нагретый до 160–180 °С битум, при перемешивании со скоростью 100–150 об/мин порционно дозируем предварительно подготовленную навеску модификатора от заданной концентрации (для получения, например, 800 г ПБВ с 0,01 % ОУНТ – добавлялось 2 г концентрата; 800 г ПБВ с 0,02 % ОУНТ – 4 г концентрата; а 800 г ПБВ с 0,1 % ОУНТ – 20 г концентрата). Далее через 1–2 мин начинаем перемешивание до получения однородной смеси и полного растворения модификатора со скоростью 500–800 об/мин. Время перемешивания составляет 40–60 мин температура смеси в процессе производства ограничена интервалом 165–185 °С. Приготовленные полимерно-битумные вяжущие остывали до комнатной температуры и испытывались на следующий день после приготовления.

Результаты и их обсуждение

Испытания ПБВ проводились по стандартным методикам. Основные физико-механические свойства дорожных вяжущих на основе битума марки БНД 70/100 указаны в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические показатели исходного и модифицированных битумов

Количество добавки, % от массы битума	Температура размягчения по кольцу и шару, °С ГОСТ 11506-73	Температура хрупкости по Фраасу, °С ГОСТ 11507-78	Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм ГОСТ 11501-78	Пенетрация при 0 °С, 0,1 мм ГОСТ 11501-78	Растяжимость при 25 °С, см ГОСТ 11505-78	Растяжимость при 0 °С, см ГОСТ 11505-78	Сцепление с мрамором или песком ГОСТ 11508-74
БНД 70/100							
0	48	–18	84	23	94,1	4,0	удовл
ПБВ с СБС							
1	53	–20	72	24	95,8	5,7	удовл
2	59	–20	73	26	84,6	6,9	хор
3	68	–23	64	27	76,0	13,8	хор
4	76	–26	53	25	69,9	22,6	хор
8	107	–41	18	9	23	11	хор
ПБВ с ЭВА							
3	52	–17	66	20	60,5	0,5	удовл
4	58	–17	54	23	97,6	0,6	удовл
10	74	–11	64	24	7	3	удовл
Битум с ОУНТ							
0,01	55	–19	57	27	32	3	хор
0,02	56	–19	59	28	21	1,6	хор
0,10	60	–18	46	17	15	0,8	хор

Нанотрубки в качестве модификатора битума, как видно из табл. 1, заметно изменяют его свойства. ОУНТ в количестве 0,02 % повышают температуру размягчения в 1,17 раза, незначительно снижают температуру хрупкости, увеличивают пластичность вяжущего при 0 °С в 1,2 раза и улучшают адгезионные свойства. Исследование влияния наномодифицированных битумных вяжущих на прочностные и деформативные показатели асфальтобетона (табл. 1) показало, что нанотрубки выступают в роли сшивающего агента, и использование таких модифицированных вяжущих в составе асфальтобетонных смесей способствует повышению водостойкости асфальтобетона в 1,04 раза, сдвигоустойчивости в 2,86 раза, а также повышению предела прочности при температурах от 0 °С до 50 °С. Применения ОУНТ возможно при непосредственном их смешении с битумным вяжущим в цистерне на асфальтобетонном заводе (АБЗ) перед приготовлением АБС.

Термопласт на основе ЭВА изменяет реологические свойства дорожных битумов, которые в составе АБС оказывают положительное влияние на такие показатели как водо-, трещиностойкость и сдвигоустойчивость (табл. 1). При изготовлении асфальтобетонных смесей, без предварительного приготовления модифицированного битума, данный модификатор возможно вносить непосредственно на горячий каменный материал в асфальтобетонный смеситель на АБЗ любого типа.

Выводы

ПБВ на основе термоэластопласта типа стирол-бутадиен-стирол (СБС) в отличие от битума наряду с коагуляционным каркасом из асфальтеновых комплексов содержит дополнительную эластичную структурную сетку из макромолекул блоксополимера типа СБС, которая и определяет отличие его свойств от свойств битума. При этом минимальное содержание полимера, при котором эта сетка образуется, составляет (2–2,5) % полимера по массе. Повышение содержания полимера повышает прочность сетки, а следовательно, эластичность и теплостойкость вяжущего и за счет ориентационного эффекта его гибкость и трещиностойкость при низких температурах. СБС является самым популярным модификатором битумов для различных областей его применения. На основе СБС возможно приготовить качественный полимерно-модифицированный битум (ПМБ), отвечающий требованиям СТО АВТОДОР 2.30-2016. Асфальт, приготовленный на таком ПМБ обладает довольно высокой водо- и трещиностойкостью по сравнению с чистым БНД и ранее рассмотренных ПБВ. Также немаловажным фактором является то, что наряду с качеством, приготовление АБС на вяжущем с СБС экономически выгоднее и является эффективным в случае применения в качестве песка отсева отходов производства керамогранита.

Библиография

1. Корнейчук Н.С., Лескин А.И., Рахимова Н.А. Полимерно-битумное вяжущее на основе вторичного полипропилена для производства асфальтобетонных смесей // Инженерный вестник Дона. 2017. № 2 (45). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4240.
2. Щерба Ю.С., Котенко Н.П. Модификация нефтяного битума полимерными добавками // Студенческая научная весна – 2018: материалы региональной научно-технической конференции (конкурса научно-технических работ) студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Ростовской области. Новочеркасск, 2018. С. 241–242.
3. Котенко А.О., Котенко Н.П., Савостьянов А.П. Вторичное использование ПЭТ-бутылок в качестве добавок к асфальтобетонным смесям // Пластические массы. 2006. № 6. С. 51–52.
4. Котенко Н.П., Брагинец В.А., Котенко А.О. Влияние олигомерсодержащих отходов производства на качество дорожных битумов и асфальтобетонных смесей на их основе // Известия вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2003. Т. 1, № 1. С. 49–51.