

УДК 665.775

Ахметьянова Р. Р.

студент

Ахметьянова Р. Р.

студент

Научный руководитель: Евдокимова Н. Г., д. т. н.

*Институт нефтепереработки и нефтехимии
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной
технический университет» в г. Салавате,
Россия, Салават*

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ДОРОЖНЫХ БИТУМОВ

Аннотация В статье рассмотрено влияние полимерных добавок на свойства дорожных битумов. Проанализированы различные типы полимерных модификаторов (СБС-полимеры, полиэтилентерефталат, низкомолекулярный полиэтилен, полипропилен и его производные). Представлены данные об изменении пенетрации, температуры размягчения, растяжимости, эластичности и температуры хрупкости при введении полимеров. Рассмотрены технологические особенности получения полимерно-битумных вяжущих и основные ограничения метода.

Ключевые слова: дорожный битум, полимерная модификация, СБС-полимер, пенетрация, температура размягчения, эластичность.

Akhmetyanova R. R.

student

Akhmetyanova R. R.

student

Scientific supervisor: Evdokimova N.G., Doctor of Technical Sciences

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF POLYMER ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF ROAD BITUMENS

Abstract: The article examines the influence of polymer additives on the properties of road bitumens. Various types of polymer modifiers (SBS polymers, polyethylene terephthalate, low molecular weight polyethylene, polypropylene and its derivatives) are analyzed. Data on changes in penetration, softening temperature, ductility, elasticity and brittle point temperature upon introduction of polymers are presented. The technological features of producing polymer-bitumen binders and the main limitations of the method are considered.

Keywords: road bitumen, polymer modification, SBS polymer, penetration, softening temperature, elasticity.

ВВЕДЕНИЕ

Нефтяные дорожные битумы являются основным материалом для строительства и ремонта автомобильных дорог, мостов, аэродромных покрытий, а также используются в гидроизоляции и кровельных материалах. Традиционно их получают окислением гудронов и других тяжёлых нефтяных остатков кислородом воздуха. Основной недостаток окисленных битумов – узкий интервал пластичности: при отрицательных температурах они становятся хрупкими, при положительных – размягчаются [1]. Для улучшения свойств битумов применяют полимерную модификацию. Полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) получают смешением расплавленного битума с полимером, при температурах 150 – 180°C.

Цель работы – на основе анализа литературных и патентных источников обобщить данные о влиянии различных полимерных добавок на свойства дорожных битумов, выявить основные ограничения полимерной модификации.

1 Модификация битумов: понятие и назначение

Модификация битумов – это процесс целенаправленного улучшения их эксплуатационных свойств путём введения специальных добавок. Модифицированный битум (ПБВ) представляет собой композиционный материал, в котором полимерная добавка равномерно распределена в битумной матрице.

Обычный немодифицированный битум, получаемый окислением гудрона, имеет ряд недостатков, ограничивающих его применение в дорожном строительстве: низкая эластичность, хрупкость при отрицательных температурах, слабая адгезия к некоторым видам каменных материалов. Введение полимерных добавок позволяет устранить эти недостатки: обеспечивает повышение температуры размягчения, снижение температуры хрупкости, расширение интервала пластичности, повышение эластичности и растяжимости, улучшение адгезии.

2 Виды полимерных добавок и их влияние на свойства битумов

1) СБС-полимеры (стирол-бутадиен-стирол).

В патенте [2] описан способ получения битумного вяжущего с использованием блок-сополимеров стирола и бутадиена (СБС). Полимер предварительно смешивают с индустриальным маслом (1,9–33,3 мас. %) при 80–160 °С, затем полученный раствор вводят в битум (44,4–98,0 мас. %) при 110–160 °С. Эта технология позволяет получить вяжущее с улучшенными эксплуатационными характеристиками: температура размягчения достигает до 71 °С; температура хрупкости снижается до минус 40 °С; растяжимость при 25 °С составляет 26–69 см; эластичность при 25 °С достигает до 91,8 %, при 0°С – до 82 %;

Применение такого вяжущего увеличивает срок службы дорожного покрытия в 1,5–2 раза по сравнению с немодифицированным битумом [2].

2) Вторичный полиэтилентерефталат (ПЭТ).

В работе [3] вторичный полиэтилентерефталат ПЭТ (из отходов пластиковых бутылок) применяли для модификации битума марки БНД 100/130. Измельчённый ПЭТ предварительно смешивали с индустриальным маслом И-40 (соотношение 8:1) для улучшения совместимости ПЭТ с битумом при 130 °С. Затем добавляли в битум при 175 °С и перемешивали 6 часов.

При увеличении процентного содержания ПЭТ от 1 до 3 % в БНД динамическая вязкость повышается с 0,16 Па·с до 0,25 Па·с, также значение растяжимости ПБВ возрастает с 30 см до 72 см, при этом температура хрупкости ПБВ понижается с минус 32 °С до минус 36 °С соответственно. Предварительное смешение ПЭТ с пластификатором дало лучшие результаты по сравнению с прямым введением полимера в битум [3].

3) Низкомолекулярный полиэтилен (НМПЭ) и его сульфатированная форма.

Низкомолекулярный полиэтилен является побочным продуктом производства полиэтилена высокого давления. Для улучшения совместимости с битумом НМПЭ сульфатировали серной кислотой (3–10 мас. %). Сульфатированный полимер вводили в глубокоокисленный битум в количестве 3–7 %, после чего компаундировали с гудроном. Полимер повышает температуру размягчения до 92–96 °С и пенетрацию при 25 °С до 95–109 х 0,1 мм, что свидетельствует о росте и пластичности модифицированного битума [4].

4) Полимерная композиция на основе отходов (ПЭТФ, ПЭВД, поликапролактон).

Полимерную композицию готовили из пылевидного полиэтилентерефталата, термонестабильного полиэтилена высокого давления и некондиционного поликапролактона в соотношении 1:1:1. Смесь оплавливали при 220 °С, охлаждали, дробили, экструдировали и снова дробили до гранулята [5].

Модифицированный битум получали смешением 4 % полимерной композиции и 4 % пластифицирующей добавки «Унипласт» при температуре свыше 200 °С в течение 20 минут, после чего расплав смешивали с битумом при 150 °С в течение 30 минут и выдерживали не менее 12 часов при комнатной температуре.

Исходный некондиционный битум марки БНД 70/100 имел температуру размягчения 44 °С, температуру хрупкости минус 16°С, растяжимость при 25 °С 146 см. После модификации температура размягчения повысилась до 52,2 °С, температура хрупкости снизилась до минус 31 °С, растяжимость при 25 °С снизилась до 80,5 см, что связано с повышением жесткости материала, эластичность – 91 %, интервал пластичности расширился до 83 °С [5].

3 Ограничения и проблемы при полимерной модификации битумов

Несмотря на значительное улучшение свойств, полимерная модификация битумов сталкивается с рядом ограничений, которые затрудняют её широкое промышленное внедрение.

Одной из главных проблем является термическая деструкция полимеров. При нагреве выше 200 °С полимеры разрушаются, теряя эластичность. Поэтому температура приготовления ПБВ не должна превышать 160–180°С.

Серьёзной проблемой является также несовместимость полимера с битумом. При простом смешении они часто не образуют однородной системы: полимер плохо распределяется в битумной матрице, образуются

комки или происходит расслоение. Для решения этой проблемы используют пластификаторы [2, 3, 5].

Ещё одно ограничение связано с нестабильностью вяжущего при хранении. ПБВ склонны к расслоению из-за разной плотности полимера и битума. Для повышения стабильности применяют стабилизаторы или гидродинамическую кавитацию, метод интенсивного перемешивания, который обеспечивает равномерное распределение полимера в битуме [6].

Существует и экономическая проблема, связанная с дороговизной СБС-полимеров, что увеличивает себестоимость дорожного покрытия. Поэтому ведутся поиски более дешёвых альтернатив: вторичных полимеров и побочных продуктов промышленного производства. Однако такие альтернативы менее эффективны [3, 4].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основе анализа литературных и патентных источников установлено, что введение полимерных добавок значительно улучшает свойства дорожных битумов. Наиболее эффективными модификаторами являются СБС-полимеры, которые повышают температуру размягчения, снижают температуру хрупкости и расширяют интервал пластичности [2]. В качестве альтернативы СБС могут использоваться вторичный ПЭТ и полимерные композиции на основе отходов, что позволяет снизить себестоимость и решить экологические проблемы, однако их эффективность ниже [3-5]. Основными ограничениями метода являются термическая деструкция полимеров, нестабильность вяжущего при хранении и высокая стоимость СБС-полимеров. Перспективными направлениями дальнейших исследований являются разработка термостабильных полимерных композиций и совершенствование методов стабилизации, также поиск более дешёвых, но достаточно эффективных альтернатив СБС-полимерам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Гун Р.Б. Нефтяные битумы: учеб. пособие для рабочего образования. М.: Химия, 1973. 432 с.

2 Битумное вяжущее для дорожного покрытия и способ его получения: пат. 2038360 Рос. Федерация. №94035647/33 / Лейтланд В.Г., Юмашев В.М., Гохман Л.М., Лапшин В.А., Броницкий Е.И. ; заявл. 12.10.94 ; опубл. 27.06.95. 8 с.

3 Кривошеин А.А., Прокофьев А.И., Шаглаева Н.С. Модификация нефтяного битума вторичным полиэтилентерефталатом // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. № 6 (156). DOI: 10.60797/IRJ.2025.156.14.

4 Байгузина Ю.А., Спаскова В.В., Евдокимова Н.Г. Сульфатированный низкомолекулярный полимер как модификатор битумов // Форум молодых учёных. 2020. № 2(42). С. 39–42.

5 Способ получения модифицированного дорожного битума на основе полимерной композиции: пат. 2841548 Рос. Федерация. №2024109843 / Япаев Р.Р., Калмыков Ф.М., Ахметов А.Ф., Просочкина Т.Р. ; заявл. 10.04.2024 ; опубл. 09.06.2025, Бюл. № 16. 11 с.

6 Способ получения битумных вяжущих для дорожных покрытий: пат. 2162867 Рос. Федерация. №98113097/04/ Полякова С.В., Полякова В.И., Кобылко Ю.Б., Никитин Е.В., Суюров М.П. ; заявл. 30.06.98 ; опубл. 10.02.2001. 6 с.