

УДК 665.6
МРНТИ 61.01.91
<https://doi.org/10.56525/NVLS6037>

МОДИФИКАЦИЯ НЕФТЯНЫХ БИТУМОВ ПОЛИМЕРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

АККЕНЖЕЕВА А.Ш.

Университет Есенова, г. Актау, Казахстан
e-mail: anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz

БУСУРМАНОВА А.Ч.

Университет Есенова, г. Актау, Казахстан
e-mail: akkenzhe.bussurmanova@yu.edu.kz

ВИКТОРС ХАРИТОНОВС

Рижский технический университет, г. Рига, Латвия

ҚУАНҒАЛИ АСЫЛТАС

Университет Есенова, г. Актау, Казахстан
e-mail: asyltaskuangali@gmail.com

Аннотация. В настоящее время в мире, из-за недавнего стремления к переработке, многие дорожные власти рассматривают возможность использования переработанного пластика на дорогах. В данной работе представлена модификация битума переработанными пластиками из отходов. Модификация битума для дорог Казахстана считается одним из наиболее подходящих и популярных подходов. В этой исследовательской работе описываются детали использования пластиковых отходов в качестве модификаторов битума с особым акцентом на переработанные пластмассы и то, как они потенциально могут быть использованы для улучшения характеристик битума и долговечности дорог. Основные физико-механические характеристики модифицированного битума были определены после обычных испытаний, пенетрации и пластичности, температуры размягчения и температуры хрупкости по Фраасу.

Ключевые слова: бытовые полимерные отходы; нефтяной битум; модификация; физико-механические характеристики.

Введение

В дорожной промышленности наиболее подходящими классами полимеров для модификации битумов являются термоэластопласты и термопласты. Термопластичные пластмассы составляют около 80% от всех произведенных пластмасс. Поэтому основную часть отходов составляет пластиковые отходы на основе полиэтилентерефталата (ПЭТ) и они находят применения в качестве добавок при дорожном производстве, так как состоит в основном сложного полиэфира. Сегодня работ, посвященных использованию ПЭТ в дорожной отрасли не так много, в частности, в работах [1-5] показано, как использование ПЭТ непосредственно в асфальтобетонной смеси улучшает устойчивость смеси к колеобразованию. Авторами работ [6] показаны исследования добавления ПЭТ в составе битумного вяжущего. По результатам исследования установлено, что добавление ПЭТ в диапазоне 2-10 % эффективно воздействовал на деформативные характеристики битума. Данная исследования рекомендует новый способ вторичного использования ПЭТ-отходов для их применения в составе битумного вяжущего.

Последнее годы условия работы дорожных битумов в покрытии позволили сформулировать некоторые требования к используемую полимеров, которые наиболее

пригодны для получения полимерно-битумных вяжущих с заданными свойствами. То есть молекулы полимера должны обладать склонностью к ассоциации и должен хорошо и быстро распределяться в дисперсионной среде битума без деструкции. Полимеры должны образовывать в битуме структурную сетку. Эта структурная сетка должна сохранять эластичность при температуре до минус 60 °С и прочность при температурах не ниже 60 °С. В данном научно-исследовательской работе изучено влияние полимерных отходов на физико-механические характеристики модифицированных битумов.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали полимерные бытовые отходы на основе пластиковых бутылок. Полимерные отходы получены методом механического рециклинга. Суть этого метода состоит в механическом измельчении пластиковых отходов с целью дальнейшей термической обработки и получения качественного сырья. В настоящем исследовании для приготовления модифицированного битума был использован битум марки БНД 100/130 производства ТОО «СП CASPI BITUM» (Казахстан). Характеристика битума нефтяной дорожной марки БНД 100/130 приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика битума нефтяного дорожного марки БНД 100/130

№	Наименование показателя	Нормативные показатели марки БНД 100/130	Фактическое значение	Метод испытания
1	Глубина проникания иглы, не ниже, при температуре 25 °С, мм	101-130	113	СТ РК 1226
2	Температура размягчения по КиШ °С, не ниже	43	44	СТ РК 1227
3	Растяжимость, не менее: при температуре 25 °С, см	90	>150	СТ РК 1374
5	Вязкость динамическая при 135 °С, мм ² /с не менее	180	352	СТ РК 1210
6	Температура вспышки °С, не ниже	230	282	СТ РК 1804
7	Температура хрупкости по Фраасу °С, не выше	- 22	- 24	СТ РК 1229
8	Индекс пенетрации	от - 0,1 до + 1,0	- 0,7	
9	Растворимость %, не менее	99,0	99,9	СТ РК 1228

Результаты испытаний показали, что фактические показатели БНД 100/130, такие как температура размягчения по кольцу и шару 44 °С, растяжимость при 25 °С – ≥ 150 см, вязкость кинематическая при 135 °С – 352 мм²/с, температура вспышки – 282 °С, хрупкость по Фраасу – 24 °С и соответствуют требованиям по СТ РК 1373-2013.

Для приготовления полимербитумных вяжущих была собрана установка. Установка состоит из цилиндрического реактора 1 длиной 20 см с внутренним диаметром 15 см. Реактор нагревается с помощью электрической печи. Для определения и поддержки температуры в реакторе имеется термометр, который подключен к температурному регулятору. Скорость перемешивания битума с полимером регулируется с помощью мешалки, скорость вращения 1000 оборотов в минуту. Регулировку нагрева осуществляют увеличением напряжения питания печи через температурный регулятор. Навеска битума составляла в среднем 200 г. Перед проведением процесса модификации образец битума расплавляли до подвижного состояния (при температуре не выше 105 °С) и медленно добавляли полимерные отходы и готовую полимер. Температура процесса

поддерживалась в пределах 175-180 °С в течение 180 мин. Для установления соответствия приготовленных смесей полимербитумных вяжущих определены следующие основные физико-механические характеристики: температура размягчения, глубина проникания иглы (пенетрация), растяжимость (дуктильность) и температура хрупкости по Фраасу. Температуру размягчения определяют методом «Кольцо и шар» по СТ РК 1227. Пенетрация определяется пенетрометром по СТ РК 1226. Растяжимость косвенно характеризует также прилипание (адгезию) битума и связан с природой его компонентов. Растяжимость определяли дуктилометром ЦКБ-974Н по СТ РК 1374. Температура хрупкости по Фраасу определяли на аппарате для определения температуры хрупкости битумов АТХ-04.

В качестве модификатора использовали готовый высокоэластичный полимер СБС-01-10 (стирол-бутадиен-стирол) для предотвращения расслаивания полимербитумных вяжущих. При введении данного модификатора в битум полимер-битумная смесь становится мягкой и более гибкой при низкой температуре и более вязкой при высокой. Соответственно адгезия модифицированного битума увеличивается.

Результаты и обсуждение

Одним из основных свойств, которым должно обладать полимербитумное вяжущее – это однородность распределения качественных характеристик во всем объеме вяжущего. В ходе транспортировки на длительные расстояния, при производстве асфальтобетонной смеси полимербитумное вяжущее ненадлежащего качества может расслаиваться, образуя не однородную коллоидную систему, а распределение полимерных конгломератов или вовсе отслоение полимера от битума. В этом случае асфальтобетон, изготовленный на таком вяжущем, не будет обладать прогнозируемой надежностью в местах разрыва полимера и битума, и укладывая участок дороги, подрядчик изначально не сможет гарантировать расчетную прочность асфальтобетона, а при эксплуатации дороги неизбежно будут возникать локальные «слабые» зоны, которые приведут к преждевременному разрушению дорожного покрытия.

Наиболее часто используемыми полимерами для модификации битума, а также утвержденными к использованию казахстанским стандартам являются стирол-бутадиен-стирольные каучуки.

Как видно из таблицы 2, с увеличением количества добавляемой полимерных отходов наблюдается повышение температуры размягчения, которая характеризует твердость материала. Без добавления СБС полимера и присутствии только полимерного отхода в модификации битумов происходит небольшое смягчение битума, но затем добавлением СБС полученный продукт отвердевает. Эти данные подтверждают о постепенном уплотнении дорожного битума в присутствии СБС и полимерных отходов. Среди приготовленных образцов, вяжущее с содержанием 2 и 3 мас. % полимерного отхода по показателям удовлетворяет требования технические условия на ПБВ 90.

Таблица 2 – Изменение температуры размягчения модифицированного битума от концентраций полимерных отходов

С _{пласт.отходы}	Температура размягчения по КиШ, °С			
	СБС - 0%	СБС - 1%	СБС - 2%	СБС - 3%
0		43	47	48
1	43,5	46	47,5	55,5
2	51	48,5	53	57,5
3	61	56	58	60,5

В таблице 3 представлена зависимость изменения пенетрации модифицированного битума от количества вводимой полимерных отходов при различных соотношениях. Из

графика видно, что в результате модификации битума полимерными отходами в присутствии СБС значение пенетрации понижается. Это объясняется тем, что в результате введения полимерных отходов в битум вязкость системы становится больше, что и уменьшают глубину проникновения иглы (пенетрацию) по сравнению с без добавления СБС. В образцах 2 и 3 при добавлении 1 % полимерного отхода повышается пенетрация, но затем понижается. Это связано, очевидно, с тем, что в результате термодеструкции полимерных отходов процесс набухания происходит быстрее в сравнении с обычными полимерами.

Таблица 3 – Изменение пенетраций модифицированного битума от концентраций полимерных отходов

С _{пласт.отходы}	Пенетрация, 0,1 мм			
	СБС - 0%	СБС - 1%	СБС - 2%	СБС - 3%
0		49,5	51,5	61
1	61	55,3	58,5	45
2	45	53	43,8	40
3	38,3	41,3	33,8	31

В таблице 4 представлена зависимость изменения растяжимости полимербитумных вяжущих от количества вводимой отходов. Растяжимость изменяется монотонно и достигает своего минимального значения при 3-х процентном содержании полимерного отхода до 10 см. Это объясняется тем, что в процессе диспергирования полимерного отхода в объеме нерастворимых набухших полимерных частиц находятся смолы и полиароматические компоненты, влияющие на значение показателя растяжимости вяжущего. Среди приготовленных образцов, вяжущее с содержанием 1, 2 и 3 мас. % полимерного отхода по показателям удовлетворяет требования технические условия на ПБВ 90.

Таблица 4 – Изменение растяжимости модифицированного битума от концентраций полимерных отходов

С _{пласт.отходы}	Растяжимость при 25 °С, см			
	СБС - 0%	СБС - 1%	СБС - 2%	СБС - 3%
0		больше 150	124,3	85,3
1	46,1	124,9	57,4	76
2	16,3	41,9	49,8	54,2
3	9,6	24,7	36,3	29,5

Установлено, что полимерные отходы в составе вяжущего выступают в роли частиц полимерного компонента, которые осуществляют дисперсно-эластичное армирование асфальтобетона. При этом частицы полимера полностью не разлагаются и не растворяются, а связываются с компонентами битума прочными, но достаточно подвижными химическими связями и проявляют свои качества уже в составе нового материала. [7, 8]. В их составе битум выполняет функции жидкой или псевдожидкой термопластичной матрицы, а частицы полимерного отхода создают упругий силовой каркас в объеме вяжущего.

Заключение

Разработанная оригинальная рецептура полимерно-битумного вяжущего отличается улучшенными эксплуатационными характеристиками по сравнению с нефтяным битумом. Введение использованных полимерных отходов в качестве модификатора не требует установки дополнительного гомогенизатора (коллоидной мельницы), также нет

необходимости вводить пластификатор для достижения нужной однородности системы и требуемой по казахстанскому стандарту ПБВ 40 и ПБВ 90.

Благодаря использованию данного технологического решения возможно нивелировать проблему утилизации бытовых полимерных отходов (ПЭТФ) с получением полимерно-битумного вяжущего.

Данный полимерный модификатор отличается дешевизной его получения. Достоинством использованной полимерной добавки является стадия приготовления полимера – процесса совместной химической деструкции вторичного ПЭТ в присутствии СБС для торможения расслаивания полимерных компонентов в битуме, благодаря которой решается проблема изготовления качественного усреднения продукта.

ЛИТЕРАТУРА

1. C. Vargas, A. El Hanandeh Systematic literature review, meta-analysis and artificial neural network modelling of plastic waste addition to bitumen // Journal of Cleaner Production. – Vol. 280, Part 1. 2021, 124369

2. Amir M., Hamidreza H. Developing laboratory fatigue and resilient modulus models for modified asphalt mixes with waste plastic bottles (PET) // Construction and Building Materials. – 2014. – Vol. 14. – P. 259-267.

3. Y. Erkuş, B.V. Kök, M. Yilmaz Evaluation of performance and productivity of bitumen modified by three different additives // Construction and Building Materials. – Vol. 261. 2020, 120553

4. P. Ahmedzade, A. Fainleib, T. Günay, O. Grygoryeva Modification of bitumen by electron beam irradiated recycled low density polyethylene. Construct. Build. Mater., 69 (2014), pp. 1-9, 10.1016/j.conbuildmat.2014.07.027

5. P. Ahmedzade, T. Gunay, O. Grigoryeva, O. Starostenko Irradiated recycled high density polyethylene usage as a modifier for bitumen J. Mater. Civ. Eng., 29 (3) (2017), 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0001757

6. H.I. Al-Abdul Wahhab, M.A. Dalhat, M.A. Habib Storage stability and high-temperature performance of asphalt binder modified with recycled plastic Road Mater Pavement, 18 (5) (2017), pp. 1117-1134, 10.1080/14680629.2016.1207554

7. B. Sengoz, A. Topal, G. Isikyakar Morphology and image analysis of polymer modified bitumens // Construction and Building Materials. – Vol. 23. Issue 5. 2009. P. 1986-1992.

8. G.M. Duarte, A.L. Faxina Asphalt concrete mixtures modified with polymeric waste by the wet and dry processes: A literature review // Construction and Building Materials. – Vol. 312. 2021. 125408

МҰНАЙ БИТУМДАРЫН ПОЛИМЕР МАТЕРИАЛДАРЫМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАУ

Қуанғали Асылтас¹, Аккенжеева Анар¹, Бусурманова Аккенже¹

Есенов университеті, Актау, Қазақстан

Викторс Харитоновс²

Рига техникалық университеті, Рига қаласы, Латвия

Аңдатпа. Қазіргі уақытта әлемде, қайта өңдеуге ұмтылғандықтан, көптеген жол органдары қайта өңделген пластикті жолдарда пайдалануды қарастыруда. Бұл жұмыста қалдықтардан қайта өңделген пластиктермен битумның модификациясы ұсынылған. Қазақстан жолдары үшін битум модификациясы ең қолайлы және танымал тәсілдердің бірі болып саналады. Бұл зерттеу жұмысы қайта өңделген пластмассаларға ерекше назар аударып, пластикалық қалдықтарды битум модификаторы ретінде пайдалану

туралы мәліметтерді және оларды битум өнімділігі мен жолдардың беріктігін жақсарту үшін қалай пайдалануға болатынын сипаттайды. Модификацияланған битумның негізгі физика-механикалық сипаттамалары әдеттегі сынақтардан, иенің енуі мен икемділіктен, жұмсару температурасынан және Фраас бойынша сынғыштық температурасынан анықталды.

Түйін сөздер: тұрмыстық полимер қалдықтары; мұнай битумы; модификация; физикалық және механикалық сипаттамалары.

MODIFICATION OF OIL BITUMENS WITH POLYMERIC MATERIALS

Kuangali Asyltas¹, Akkenzheyeva Anar¹, Bussurmanova Akkenzhe¹

University Yesenova, Aktau, Kazakhstan

Viktors Haritonovs²

Riga Technical University, Riga, Latvia

Abstract: Currently, in the world, due to the recent push for recycling, many road authorities are considering using recycled plastic on roads. This paper presents the modification of bitumen with recycled plastics from waste. Bitumen modification for roads in Kazakhstan is considered one of the most suitable and popular approaches. This research paper describes the details of using plastic waste as bitumen modifiers, with a particular focus on recycled plastics and how they can potentially be used to improve bitumen performance and road durability. The main physical and mechanical characteristics of the modified bitumen were determined after routine tests, penetration and plasticity, softening temperature, and Fraas brittleness temperature.

Keywords: household polymer waste; petroleum bitumen; modification; physical and mechanical characteristics.