

Торайғыров университетінің хабаршысы
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайғыров университета

Торайғыров университетінің ХАБАРШЫСЫ

Энергетикалық сериясы
1997 жылдан бастап шығады



ВЕСТНИК Торайғыров университета

Энергетическая серия
Издается с 1997 года

ISSN 2710-3420

№ 3 (2024)

ПАВЛОДАР

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
Вестник Торайгыров университета

Энергетическая серия
выходит 4 раза в год

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ 14310-Ж

выдано

Министерство информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

публикация материалов в области электроэнергетики,
электротехнологии, автоматизации, автоматизированных и информационных
систем, электромеханики и теплоэнергетики

Подписной индекс – 76136

<https://doi.org/10.48081/MEBG1583>

Бас редакторы – главный редактор

Талипов О. М.

доктор PhD, ассоц. профессор (доцент)

Заместитель главного редактора

Калтаев А.Г., *доктор PhD*

Ответственный секретарь

Сағындық Ә.Б., *доктор PhD*

Редакция алқасы – Редакционная коллегия

Клецель М. Я.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никифоров А. С.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Новожилов А. Н.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Никитин К. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Алиферов А. И.,	<i>д.т.н., профессор (Российская Федерация)</i>
Кошеков К. Т.,	<i>д.т.н., профессор</i>
Приходько Е. В.,	<i>к.т.н., профессор</i>
Кислов А. П.,	<i>к.т.н., доцент</i>
Нефтисов А. В.,	<i>доктор PhD</i>
Омарова А. Р.	<i>технический редактор</i>

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник Торайгыров университета» обязательна

МРНТИ 61.51.37

<https://doi.org/10.48081/YYWW4503>

***Г. Сейтенова¹, Р. Дюсова², Ж. Нурахметова³,
С. Коспармакова⁴, А. Джексембаева⁵**

^{1,3,4,5} Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева,
Республика Казахстан, г. Астана

²Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар

*e-mail: gainiseitenova@gmail.com

¹ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6202-3951>

²ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3083-5255>

³ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2558-8579>

⁴ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4700-364X>

⁵ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6153-9580>

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ПОЛИМЕР- МОДИФИЦИРОВАННОГО БИТУМА

В данной статье представлена технология производства полимер-модифицированного битума, направленная на оптимизацию процесса. Полимерно-модифицированный битум (ПМБ) с использованием полипропилена (ПП) может использоваться в качестве альтернативы первичному вяжущему для выдерживания значительной транспортной нагрузки. В статье приведена принципиально новая технология производства полимер-модифицированного битума из сырья казахстанских производителей одного региона и, как следствие, организация производства в одном регионе, способствующей снижению затрат на транспортировку сырья и готовой продукции, что в свою очередь приводит к снижению энергопотребления и в целом к оптимизации производственных процессов. Результаты исследования показывают хорошую динамику по улучшению эксплуатационных характеристик дорожного битума с использованием полипропилена. Добавление вакуумного газойля в

качестве пластификатора приводит к увеличению эластичности, улучшению адгезии к поверхности, изменению реологических свойств, модификации температурных свойств, энергосбережению, улучшению устойчивости к окислению и старению в качестве антиоксиданта. Растворимость полипропилена в парафиновых, изопарафино-нафтеновых и ароматических углеводородах различна, следовательно, огромное влияние имеет химический состав вакуумного газойля, необходимо иметь данные группового и компонентного состава и требует дальнейшего исследования.

Ключевые слова: битум, полипропилен, пластификатор, вакуумный газойль, оптимизация.

Введение

Согласно отчетам мировых агентств мировой рынок битума будет расти между 2023 и 2030 гг (табл.1) [1; 2].

Таблица 1 – Рынок битума, по регионам, млрд. долл. США

Страна	2020	2027
Северная Америка	12	16
Европа	10	13
Азиатско-Тихокеанский регион	27	37
Южная Америка	2	5
Ближний Восток и Африка	3	5

Таблица 2 – Динамика объема рынка битумов в РК

Год	2019	2020	2021	2022	2023
Значение, тыс.тонн	830	961	980	1200	1373

Полимерно-модифицированный битум (ПМБ) может использоваться для выдерживания значительной транспортной нагрузки. Использование полимерных материалов во всем мире имеет тенденция к росту, поскольку их утилизируют как твердые бытовые отходы (ТБО) и заменяют первичные полимеры в качестве модификатора битума [3]. Можно производить высококачественный переработанный ПП, демонстрирующий идентичные или улучшенные характеристики по сравнению с первичным ПП, что

экономит 20–50 % стоимости. Количество полимеров обычно колеблется от 1 % до типичных 3 %, и в некоторых случаях – 7%. Термопластичные эластомеры придают битуму жесткость при высоких температурах и делают его менее хрупким при низких температурах, а их каучуковые свойства придают битуму наилучшее сочетание свойств для достижения желаемых характеристик в зависимости от конечного использования. Во многих работах [4-18] известно об исследованиях модификации битума полипропиленом, изучение свойств полимер-битумов.

Целью данного исследования является оптимизация процесса производства полимер-модифицированного битума (производитель – ТОО «ПНХЗ») с использованием термопласта – производитель ТОО «Компания Нефтехим LTD» (г. Павлодар) и пластификатора – жидкого нефтяного остатка (производитель ТОО «ПНХЗ») и организация производства в одном регионе, способствующей снижению затрат на транспортировку сырья и готовой продукции, что в свою очередь приводит к снижению энергопотребления и в целом к оптимизации производственных процессов.

Материалы и методы

Для приготовления смесей в исследовании использовался битум марки 100/130, производитель –ТОО «ПНХЗ», (г. Павлодар). В качестве термопласта использовался полипропилен марок PP Н030, PP Н350. Производитель ТОО «Компания Нефтехим LTD» (г. Павлодар). В качестве добавки для снижения вязкости и увеличения растяжимости использовался вакуумный газойль ТОО «ПНХЗ».

Таблица 3 – Свойства и характеристики битума 100/130

<i>Показатель</i>	<i>Значение</i>
Глубина проникновения иглы при 25°C, 0,1 мм	111
Температура размягчения по КиШ(°C)	46
Растяжимость при 25 °C, см	121
Температура хрупкости по Фраасу, °C	-26
Растворимость, %	99,98
Содержание парафина, %	1
Изменение массы после прогрева, %	0,1
Изменение температуры размягчения, °C	5

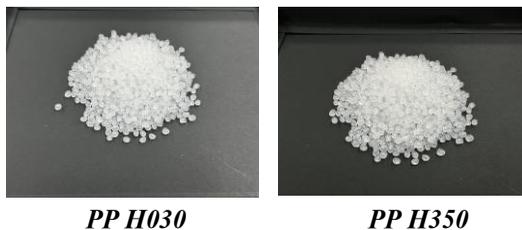


Рисунок 1. Образцы полипропилена

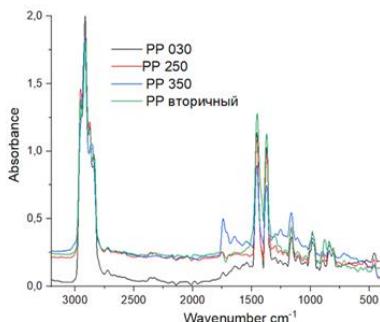


Рисунок 2. ИК-спектры ПП

ИК-спектры ПП и ППВ измерялись в диапазоне $4200 \dots 400 \text{ см}^{-1}$. Полученные ИК-спектры ПП и ППВ приведены на рис.2. В области $1741\text{-}1742 \text{ см}^{-1}$ проявляется слабое «плечо», свидетельствующее о наличии $\text{C}=\text{O}$ карбонильных групп в ПП с массой 350 и 30. Пики в ИК-спектре $2914\text{-}2918 \text{ см}^{-1}$ соответствуют колебаниям асимметричных метиленовых групп ($-\text{CH}_2$). Пики 1372 см^{-1} характеризует CH_3 - метиловые группы, пики $1170\text{-}1458 \text{ см}^{-1}$ связаны с колебаниями CH_2 - метиленовых групп, пики в диапазоне $1160\text{-}1162 \text{ см}^{-1}$ соответствует асимметричным колебаниям связи C-C-C в полимерной цепи.

Физико-механические характеристики битума БНД 100/130 были определены в соответствии с СТ РК 1373-2013 «Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вяжущие. Технические условия» [19], а модифицированные битумы определены по СТ РК 2534 – 2014 «Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные модифицированные, дорожные. Технические условия» [20].

Таблица 4 – Характеристики полипропилена

	PP H030	PP H350
Показатель текучести расплава, г/10мин	3,3	36,7
Разброс значений показателя текучести в пределах партии, % не более	4,6	8,4
Модуль упругости при изгибе, Мпа, не менее	1187	1083
Массовая доля летучих веществ, %, не более	0,04	0,04
Предел текучести при растяжении, МПА, не менее	33,0	30,4
Относительное удлинение при пределе текучести, %, не менее	11	10
Размер гранул, мм	4,3	4,3
Интенсивность запаха, балл, не более	1	1

Исходный битум и полимер-модифицированный битум были проанализированы с помощью тестов на проникновение и определение точки размягчения с помощью кольца и шарика. Измерения при 25 °С определяют класс пенетрации испытуемого битума по СТ РК 1226-2003 «Битумы и битумные вяжущие. Метод определения глубины проникания иглы» [18].

Температура размягчения по кольцу и шару – это температура, при которой металлический шар диаметром 9,5 мм и массой 3,5 г, располагаемый перед началом испытания на поверхности битума, залитого в ступенчатое кольцо с внутренним диаметром 15,7 мм и высотой 6,35 мм, в процессе нагрева, начиная от 5⁰С, со скоростью 5 град/мин коснется нижней поверхности измерительного прибора. Данное испытание проводилось в соответствии с СТ РК 1227-2003 «Битумы и битумные вяжущие. Определение точки размягчения методом кольца и шара» [19].

Растяжимость или дуктильность оценивается показателем растяжимости, который определяется по удлинению шейки образца восьмерки при его растяжении с определенной скоростью (0,5 мм/мин) при температуре 25⁰С в специальном приборе дуктилометре, отсюда широко распространен термин дуктильность, характеризующий растяжимость.

Данное испытание проводят согласно СТ РК 1374-2005 «Битумы и битумные вяжущие. Метод определения растяжимости» [20].

Результаты и обсуждение

Были проведены испытания исходных битумов, получены результаты, представленные в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты исследования исходного битума

Битум БНД 100/130	1	2	3	4	5
Глубина проникания иглы х0,1 мм, 25°	107,9	106,3	118,4	103,7	104,8
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	45,2	45,2	46,2	45,6	45,4
Растяжимость при температуре 25°С, см, не менее	9 5,07	8 3	8 5,5	9 5,75	9 6,5

Полимербитумы приготовлены с помощью механического смесителя при скорости 2000 ± 10 об/мин в течение 2 часов. Также были смеси, приготовленные в течении 1–1,5 ч, которые не дали нужных результатов, гранулы полипропилена не растворялись равномерно в смеси. Температура смешивания поддерживалась в пределах 165 –175 °С. Битум 200 – 300 г нагревали до 165 -175°С, чтобы получить жидкий битум для смешивания. Затем включали мешалку, и постепенно добавляли полипропилен, непрерывно смешивая. Для каждой марки ПП было приготовлены различные смеси с процентным соотношением 2,5 %, 3 %, 3,5 %, 4%.

Вакуумный газойль добавляли за 15 – 20 мин до окончания смешивания, в процентном соотношении 0,3 %, 0,9 %, 1,5 %, 2,1 %. Результаты исследования представлены в таблицах 6-8.

Таблица 6 – Результаты исследования смеси битум БНД 100/130 – полипропилен Н030

Состав	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4
Битум БНД 100/130, содержание, %	97,5	97	96,50	96

PP H030, содержание,%	2 ,5	3	3 ,50	4
Глубина проникания иглы x0,1 мм, 25°	6 1,2	5 9,1	5 6,8	46 ,8
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	5 0	5 3,4	5 7	61 ,2
Растяжимость при температуре 25°С, см, не менее	2 1,7	1 7,1	1 2,2	10 ,05

Исходя из результатов испытаний, можно проанализировать влияние добавления ПП на характеристики битума. Так значение пенетрации (глубина проникания иглы) снижается с увеличением содержания ПП, что указывает на улучшение показателей проникающей способности смеси. Уменьшение глубины проникания иглы свидетельствует об увеличении к стойкости к деформациям и водонепроницаемости. Температура размягчения по методу КиШ постепенно повышается с увеличением содержания ПП. Это свидетельствует о повышении термической стойкости смеси при добавлении полимера. Более высокая температура размягчения указывает на увеличение диапазона температур, при которых смесь остается устойчивой и не подвержена деформации.

Растяжимость существенно снижается при увеличении содержания полимера. Это может указывать на уменьшение эластичности смеси при использовании полимера. Уменьшение растяжимости означает, что смесь становится менее способной к деформациям без разрушения, поэтому будет целесообразным использование пластификатора.

Таблица 7 – Результаты исследования смеси битум БНД 100/130 – полипропилен H030 – вакуумный газойль

Состав	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4
Битум БНД 100/130, содержание, %	96	95,4	95,10	94,50
PP H 030, содержание, %	4	4	4	4
Вакуумный газойль, содержание, %	0	0,30	0,90	1,50
Глубина проникания иглы x0,1 мм, 25°	46,8	39,6	34,35	39,96

Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	61,2	65	65,4	58,4
Растяжимость при температуре 25°С, см, не менее	10,05	7,35	7,7	10,5

Значение пенетрации снижается при добавлении вакуумного газойля. Это может указывать на уплотнение структуры смеси и улучшение ее проникающей способности. Однако, можно уверенно сказать о сложном влиянии добавления ВГ на структуру смеси.

Температура размягчения постепенно повышается с добавлением вакуумного газойля. Это указывает на увеличение термической стойкости смеси при его использовании. Растяжимость снижается при добавлении вакуумного газойля на первых этапах (от 0,30% до 0,90%), далее на четвертом этапе она увеличивается. Это связано с изменением структуры смеси под воздействием добавленного компонента.

Таблица 8 – Результаты исследования смеси битум БНД 100/130 – полипропилен Н350 – вакуумный газойль

Битум БНД 100/130	96%	95,7	96,10%	95,10 %	94,5%	93,9
PP Н350	4%	4%	3%	4%	4%	4%
ВГ	0	0,30%	0,90%	0,90%	1,50%	2,10%
Глубина проникания иглы х0,1 мм, 25°	46,8	69,2	57,25	53,7	31,4	76,4
Температура размягчения по КиШ, °С, не ниже	61,2	54	56,6	59,75	62,2	53
Растяжимость при температуре 25°С, см, не менее	10,05	17,9	14,1	11	7,7	18,6

Значение пенетрации изменяется при различном содержании полимера и ВГ. Добавление 1,5 % ВГ приводит к снижению глубины проникания иглы, тогда как наличие полимера PP Н350 в смеси может

способствовать ее увеличению. Температура размягчения существенно влияет в зависимости от химического состава ВГ.

Информация о финансировании

Данное исследование финансируется в рамках программно-целевого финансирования Комитетом по науке Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (№ «BR21882278 Создание строительного-технического инжинирингового центра по оказанию полного цикла аккредитованных услуг строительного, дорожно-строительного сектора Республики Казахстан»).

Выводы

Результаты исследования показывают хорошую динамику по улучшению эксплуатационных характеристик дорожного битума. Добавление вакуумного газойля приводит к увеличению эластичности, улучшению адгезии к поверхности, изменению реологических свойств, модификации температурных свойств, энергосбережению, улучшению устойчивости к окислению и старению в качестве антиоксиданта. Использование компонентов в модифицировании битума, производимого из одного сырья региона снижает экономическую стоимость технологии из-за доступности, способствует снижению энергозатрат на логистику и транспортировку, что сокращает общее энергопотребление в производственном процессе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Global Bitumen Market Report 2024 Market Size Split by Type // Natural Bitumen // Petroleum Bitumen, Coal Tar Pitch, Application (Roadways, Waterproofing, Adhesives, Insulation) – 2024.

2 Bitumen Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Type, by End-use Industry : Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023-2032 // MC : Renewable, Speciality And Fine Chemicals Sep 2023 – Report Code: A01263 – P.212.

3 **Dong W, Li M, Xing H, Wang L, Zhang Z, Qiu J, Zhang G, Tang T.** Preparation and characterisation of long-chain branched polypropylene mediated by different heteroaromatic ring derivatives // Polymer 54, 2023 – P. 639–651

4 **Li Y, Jia S, Du S, Wang Y, Lv L, Zhang J.** Improved properties of recycled polypropylene by introducing the long-chain branched structure through reactive extrusion // *Waste Manage* 76. – 2018 – P. 172–179.

5 **Shaffie E, Arshad AK, Putra Jaya R, Masri KA, Hashim W** (2020) Permanent deformation investigation of rubber polymer modified binder in superpave hot mix asphalt mixture, 2020. [Электронный ресурс] – URL: <https://nsembilan.uitm.edu.my/joacns/> (Дата обращения: 17.01.2024).

6 **Abtahi S.M, Sheikhzadeh M., Hejazi S. M.** Reinforced asphalt-concrete – a review // *Constr Build Mater* – 2010 – 24(6) – P. 871–877.

7 **Bocci E, Prosperi E, Bocci M.** Rheological Modeling of Bituminous Mixtures Including Polymer-Modified Binder and Fine Crumb Rubber Added through Dry Process – 2023. DOI: 10.3390/ma16010310

8 **Gupta A., Lastra-Gonzalez P., Rodriguez-Hernandez J.** Critical assessment of new polymer-modified bitumen for porous asphalt mixtures – 2021. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2021.124957

9 **А. Хайбуллина, Б. Ваганов.** Современные модификаторы для получения полимерно-битумных вяжущих. – 2020. URL: [10.1088/1755-1315/516/1/012040](https://doi.org/10.1088/1755-1315/516/1/012040)

10 **Калангар, З. Н., Карим, М.Р. и Мarez, А.** Обзор использования отходов и первичного полимера в дорожном покрытии. Строительство и строительные материалы. – 2012 – №33 – С. 55–62.

11 **Zhang W, Zhen M, Liu X, Ju J, Dong C.** Preparation of emulsified type cold-mix asphalt with waterborne epoxy resin and polypropylene for pothole repair // *J Mater Civ Eng* – 2022.

12 Impact of molecular structure of PP on thermo-rheological properties of polymer-modified bitumen // *Schaur aunterberger slackner R* – 2021. DOI:10.1016/j.conbuildmat122981.

13 **Yuanita, E., Hendrasyawan, B., & Firdaus, D., & Chalid, M.** Improvement of polypropylene (PP)-modified bitumen through lignin addition. // In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing. – 2017.

14 **Habib, N., Kamaruddin, I., Napiah, M., & Tan, I.** Rheological properties of polyethylene and polypropylene modified bitumen // *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. – 2011 - №3. – P. 96–100.

15 Hemanta Kumar Behera, Debabrata Giri, Sudhanshu Sekhar Das. Moisture and rutting resistance of recycled polypropylene fiber-modified dense bituminous mix // Innovative Infrastructure Solutions. – 2023. <https://doi.org/10.1007/s41062-023-01118-5>

16 Национальный стандарт Казахстана. СТ РК 1373-2013 «Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия». – 01.07.2014 – С. 20.

17 Национальный стандарт Казахстана. СТ РК 2534 – 2014 «Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные модифицированные, дорожные. Технические условия». – 2014. – С. 72.

18 Национальный стандарт Казахстана. СТ РК 1226-2003 «Битумы и битумные вяжущие. Метод определения глубины проникания иглы». – 01.01.2005 – С.38.

19 Национальный стандарт Казахстана. СТ РК 1227-2003 «Битумы и битумные вяжущие. Определение точки размягчения методом кольца и шара». – 01.01.2005 – С.15.

20 Национальный стандарт Казахстана. СТ РК 1374-2005 «Битумы и битумные вяжущие. Метод определения растяжимости». – 01.01.2005. – С 31.

REFERENCES

1 Global Bitumen Market Report 2024 Market Size Split by Type (Natural Bitumen, / Petroleum Bitumen, Coal Tar Pitch), Application (Roadways, Waterproofing, Adhesives, Insulation). – 2024.

2 Bitumen Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report by Type, by End-use Industry : Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2023-2032 // MC : Renewable, Speciality And Fine Chemicals Sep 2023 – Report Code: A01263. – P.212.

3 **Dong W, Li M, Xing H, Wang L, Zhang Z, Qiu J, Zhang G, Tang T.** Preparation and characterisation of long-chain branched polypropylene mediated by different heteroaromatic ring derivatives // Polymer 54 – 2023 – P. 639–651.

4 **Li Y, Jia S, Du S, Wang Y, Lv L, Zhang J.** Improved properties of recycled polypropylene by introducing the long-chain branched structure through reactive extrusion // Waste Manage 76. – 2018 – P. 172–179.

5 **Shaffie E, Arshad AK, Putra Jaya R, Masri KA, Hashim W.** Permanent deformation investigation of rubber polymer modified binder in superpave hot mix asphalt mixture. – 2020 [Electronic resource]. – URL: <https://nsembilan.uitm.edu.my/joacns/> (Data obrasheniya [date of application]: 17.01.2024).

6 **Abtahi SM, Sheikhzadeh M, Hejazi SM.** Reinforced asphalt-concrete - a review // *Constr Build Mater* – 2010 – 24(6) – P. 871–877.

7 **Bocci E, Proserpi E, Bocci M.** Rheological Modeling of Bituminous Mixtures Including Polymer-Modified Binder and Fine Crumb Rubber Added through Dry Process. – 2023. URL:–[10.3390/ma16010310](https://doi.org/10.3390/ma16010310).

8 **Gupta A., Lastra-Gonzalez P., Rodriguez-Hernandez J.** Critical assessment of new polymer-modified bitumen for porous asphalt mixtures. – 2021. DOI: [10.1016/j.conbuildmat.2021.124957](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124957).

9 **A. Khaibullina, B. Vagapov.** Sovremennie modificatory dliya poluzcheniya polimerno-bitumnih vyazhushih. [Modern modifiers for the production of polymer-bitumen binders] – 2020. URL:–[10.1088/1755-1315/516/1/012040](https://doi.org/10.1088/1755-1315/516/1/012040).

10 **Kalantar Z.N., Karim M.R. i Marez A.** Obzor ispolzovaniya othodov I pervichnogo polimera v dorojnom pokritii. Stroitel'stvo i stroitel'nie materialy. [An overview of the use of waste and primary polymer in the road surface. Construction and building materials] – 2012 – №33. – P.55–62.

11 **Zhang W, Zhen M, Liu X, Ju J, Dong C.** Preparation of emulsified type cold-mix asphalt with waterborne epoxy resin and polypropylene for pothole repair. *J Mater Civ Eng* – 2022 – 04022231(34):9.

12 Impact of molecular structure of PP on thermo-rheological properties of polymer-modified bitumen // *Schaur aunterberger slackner R* – 2022. URL:–[10.1016/j.conbuildmat.2021.122981](https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.122981).

13 **Yuanita, E., Hendrasetyawan, B., & Firdaus, D., & Chalid, M.** Improvement of polypropylene (PP)-modified bitumen through lignin addition. // *In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. IOP Publishing. – 2017.

14 **Habib, N., Kamaruddin, I., Napiah, M., & Tan, I.** Rheological properties of polyethylene and polypropylene modified bitumen. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. – 2011 – №3. P. 96–100.

15 Hemanta Kumar Behera, Debabrata Giri, Sudhanshu Sekhar Das. Moisture and rutting resistance of recycled polypropylene fiber-modified dense bituminous mix

// Innovative Infrastructure Solutions – 2023. – <https://doi.org/10.1007/s41062-023-01118-5>.

16 Natsional'nyi standart Kazakhstana [The national standard of Kazakhstan]. ST RK 1373-2013 «Bitumy i bitumnye vyazhushchie. Bitumy neftyanye dorozhnye vyazkie. Tekhnicheskie usloviya [ST RK 1373-2013 «Bitumen and bitumen binders. Bitumen oil road viscous». Technical conditions] – 01.07.2014 – P. 20.

17 Natsional'nyi standart Kazakhstana [The national standard of Kazakhstan]. ST RK 2534 – 2014 «Bitumy i bitumnye vyazhushchie. Bitumy neftyanye modifitsirovannye, dorozhnye. Tekhnicheskie usloviya» [ST RK 2534 – 2014 «Bitumen and bitumen binders. Modified petroleum bitumen, road bitumen. Technical conditions»] – 2014. – P. 72.

18 Natsional'nyi standart Kazakhstana. [The national standard of Kazakhstan]. ST RK 1226-2003 «Bitumy i bitumnye vyazhushchie. Metod opredeleniya glubiny pronikaniya igly». [ST RK 1226-2003 «Bitumen and bitumen binders. The method of determining the depth of penetration of the needle»] – 01.01.2005 – p.38.

19 Natsional'nyi standart Kazakhstana. [The national standard of Kazakhstan]. ST RK 1227-2003 «Bitumy i bitumnye vyazhushchie. Opredelenie tochki razmyagcheniya metodom kol'tsa i shara». [ST RK 1227-2003 «Bitumen and bitumen binders. Determination of the softening point by the ring and ball method»] – 01.01.2005 – P.15.

20 Natsional'nyi standart Kazakhstana. [The national standard of Kazakhstan]. ST RK 1374-2005 «Bitumy i bitumnye vyazhushchie. Metod opredeleniya rastyazhimosti». [ST RK 1374-2005 «Bitumen and bitumen binders. The method of determining extensibility»] – 01.01.2005. – P. 31.

Поступило в редакцию 15.04.24

Поступило с исправлениями 13.05.24

Принято в печать 05.09.24

**Г. Сейтенова¹, Р. Дюсова², Ж. Нурахметова³, С. Коспармакова⁴,
А. Джексембаева⁵*

^{1,3,4,5}Д. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,

Республика Қазақстан, г. Астана

²Торайғыров университет, Республика Қазақстан, г. Павлодар

15.04.24 ж. баспаға түсті.

13.05.24 ж. түзетулерімен түсті.

05.09.24 ж. басып шығаруға қабылданды.

ПОЛИМЕР-МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН БИТУМ ӨНДІРІСІНІҢ ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕЙТІН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ

Бұл мақалада процесті оңтайландыруға бағытталған полимер - модификацияланған битумды өндіру технологиясы келтірілген. Мақалада бір өңірдің қазақстандық өндірушілерінің шикізатынан палимер-модификацияланған битум өндірісінің түбегейлі жаңа технологиясы және соның салдарынан шикізат пен дайын өнімді тасымалдауға жұмсалатын шығындарды азайтуға ықпал ететін бір өңірде өндірісті ұйымдастыру келтірілген, бұл өз кезегінде энергия тұтынудың төмендеуіне және жалпы өндірістік процестерді оңтайландыруға алып келеді. Зерттеу нәтижелері полипропиленді қолдана отырып, жол битумының өнімділігін жақсартудың жақсы динамикасын көрсетеді. Пластификатор ретінде вакуумдық газойлды қосу серпімділіктің жоғарылауына, бетке адгезияның жақсаруына, реологиялық қасиеттердің өзгеруіне, температуралық қасиеттердің өзгеруіне, энергияны үнемдеуге, антиоксидант ретінде тотығуға және қартаюға төзімділіктің жақсаруына әкеледі. Парафинді, изопарафинді-нафтенді және хош иісті көмірсутектердегі полипропиленнің ерігіштігі әртүрлі, сондықтан вакуумдық газойлдың химиялық құрамы үлкен әсер етеді, топтық және компоненттік құрамы туралы мәліметтер болуы керек және одан әрі зерттеуді қажет етеді.

Кілтті сөздер: битум, полипропилен, пластификатор, вакуумдық газойль, оңтайландыру.

G. Seitenova¹, R. Dyussova², Zh. Nurakhmetova³, S. Kosparmakova⁴,

A. Jexembayeva⁵

^{1,3,4,5}L. N. Gumilyov Eurasian National University,

Republic of Kazakhstan, Astana,

²Toraighyrov university, Republic of Kazakhstan, Pavlodar

Received 15.04.24

Received in revised form 13.05.24

Accepted for publication 05.09.24

ENERGY-SAVING TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF POLYMER-MODIFIED BITUMEN

This article presents a technology for the production of polymer-modified bitumen aimed at optimizing the process. The article presents a fundamentally new technology for the production of polymer-modified bitumen from raw materials from Kazakhstani producers in one region and, as a result, the organization of production in one region, which helps to reduce the cost of transporting raw materials and finished products, which in turn leads to lower energy consumption and, in general, to optimize production processes. The results of the study show good dynamics in improving the performance of road bitumen using polypropylene. The addition of vacuum gas oil as a plasticizer leads to an increase in elasticity, improved adhesion to the surface, a change in rheological properties, modification of temperature properties, energy conservation, improved resistance to oxidation and aging as an antioxidant. The solubility of polypropylene in paraffin, isoparaffin-naphthenic and aromatic hydrocarbons is different, therefore, the chemical composition of vacuum gas oil has a huge impact, it is necessary to have data on group and component composition and requires further research.

Keywords: bitumen, polypropylene, plasticizer, vacuum gas oil, optimization

Теруге 10.09.2024 ж. жіберілді. Басуға 30.09.2024 ж. қол қойылды.

Электронды баспа

29.9 Мб RAM

Шартты баспа табағы 22,2. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: А. К. Мыржиқова

Корректорлар: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Тапсырыс №4277

Сдано в набор 10.09.2024 г. Подписано в печать 30.09.2024 г.

Электронное издание

29.9 Мб RAM

Усл. печ. л. 22,2. Тираж 300 экз. Цена договорная.

Компьютерная верстка: А. К. Мыржиқова

Корректоры: А. Р. Омарова, М. М. Нугманова

Заказ № 4277

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайгыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайгыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

www.vestnik-energy.tou.edu.kz