



ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛАСТИКОВЫХ ОТХОДОВ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

 **Чугулев Бексултан Дулатович^{1,2}**

¹АО «Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», г. Астана, Казахстан

²Евразийский Национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Астана, Казахстан

*Корреспондент автор: beksultan_d@mail.ru

Аннотация. В статье рассматривается проблема утилизации пластиковых отходов и их повторного использования в дорожном строительстве. В условиях роста объемов пластмассового мусора поиск эффективных методов его переработки становится особенно актуальным. Одним из перспективных направлений является введение переработанных пластиковых добавок в состав асфальтобетонных покрытий, что позволяет не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и улучшить эксплуатационные характеристики дорожных конструкций.

Результаты испытаний показали, что введение пластиковых отходов в состав асфальтобетонных смесей способствует повышению прочностных характеристик, долговечности покрытия и снижению глубины образования колеи. Полученные данные подтверждают целесообразность применения данной технологии в дорожном строительстве как экологически и экономически эффективного решения.

Ключевые слова: пластиковые отходы, дорожное строительство, полимер-ЩМАС, переработка пластика, модифицированные асфальтобетоны.

Введение

Проблема утилизации пластиковых отходов и их повторного использования в строительстве становится все более актуальной в условиях стремительного роста объемов пластмассового мусора в Казахстане [1]. Одним из перспективных направлений является применение переработанных пластиковых добавок в асфальтобетонных смесях, что позволяет не только снизить нагрузку на окружающую среду, но и повысить эксплуатационные характеристики дорожных покрытий [2].

В данной работе рассматривается эффективность использования модифицирующей добавки в составе полимер-щебеночно-мастичного асфальтобетона (полимер-ЩМАС). Проведены лабораторные исследования, направленные на определение влияния этой добавки на физико-механические свойства материала, его устойчивость к трещиностойкости. Полученные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности внедрения данной технологии в дорожное строительство, что открывает новые горизонты в сфере переработки пластиковых отходов и повышения качества асфальтовых покрытий.

В работе [3] авторы рассматривают проблемы утилизации пластиковых отходов и их повторного использования в дорожном строительстве. Авторы подчеркивают важность разработки ресурсосберегающих технологий для улучшения качества дорожных покрытий и снижения затрат на утилизацию отходов.

С увеличением объемов производства и потребления пластиковых изделий проблема их утилизации становится все более актуальной. В статье отмечается, что в некоторых странах перерабатывается до 90% отходов, тогда как в России этот показатель значительно ниже. Это создает необходимость в разработке эффективных решений для переработки пластикового мусора.

Основная цель работы заключается в поиске путей решения проблемы утилизации пластиковых отходов и разработке экономичных дорожных покрытий с высокими эксплуатационными характеристиками. Авторы анализируют существующие конструкции дорожных покрытий, их достоинства и недостатки.

Статья делит дороги на постоянные и временные, описывая различные типы покрытий:

- грунтовые дороги - недолговечные, но экономичные;
- дерево-грунтовые покрытия - быстро возводимые, но требуют регулярного ремонта;
- сборные конструкции - простота монтажа, но высокая стоимость;
- асфальтовые покрытия - популярны благодаря экономичности и простоте обслуживания, но имеют проблемы с прочностью;
- бетонные дороги - долговечные и устойчивые к погодным условиям, но дорогие в укладке.

Авторы акцентируют внимание на преимуществах использования переработанного пластика в дорожных покрытиях:

- снижение затрат на утилизацию пластиковых отходов;
- повышение прочности и долговечности дорожных покрытий;
- возможность создания водонепроницаемых асфальтовых смесей с добавлением пластиковых отходов.

Примеры успешного применения таких технологий включают проекты в Ванкувере и компании VolkerWessels, которые разрабатывают дороги из пластиковых плит [4].

Статья подчеркивает необходимость внедрения инновационных технологий в дорожное строительство для решения экологических проблем и повышения качества инфраструктуры. Использование переработанного пластика может стать важным шагом к более устойчивому будущему в сфере дорожного строительства.

Методология

На первом этапе были проведены испытания компонентов асфальтобетонной смеси, включая:

- щебень фракций 10-20 мм и 5-10 мм – исследованы физико-механические характеристики;
- песок из отсева дробления;
- минеральный порошок;
- битум марки БНД 100/130.

В рамках исследования были проведены испытания полимер-щебеночно-мастичного асфальтобетона (полимер-ЩМАС) с применением модифицирующей добавки. Испытания выполнялись в соответствии с требованиями СТ РК 1218-2003 – «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний».

Для лабораторных испытаний [5] были подготовлены образцы-цилиндры диаметром 71,4 мм и высотой 71,4 мм. Процесс подготовки включал:

- взвешивание и дозирование исходных материалов (щебень фракций 10-20 мм и 5-10 мм, песок из отсева дробления, минеральный порошок, битум, стабилизирующие и адгезионные добавки);

- нагрев каменных материалов и битума до требуемой температуры (~160 °C);
- смешивание компонентов в лабораторной лопастной мешалке до получения однородной массы;
- формирование образцов методом виброуплотнения или прессования.

Испытания проводились в соответствии с методами, регламентированными СТ РК 1218, и включали следующие показатели:

- средняя плотность смеси (г/см³) – определялась методом гидростатического взвешивания;
- водонасыщение (%) – рассчитывалось по разнице между массой сухого и насыщенного водой образца;
- прочность при сжатии (МПа) – испытания выполнялись при температурах 20 °C и 50 °C путем приложения нагрузки до разрушения;
- трещиностойкость (МПа) – определялась по максимальному сопротивлению при растяжении по косому срезу;
- коэффициент внутреннего трения – вычислялся на основе величины сдвиговой нагрузки, приложенной к образцу;
- сцепление при сдвиге (МПа) – определялось при температуре 50 °C методом прямого сдвига;
- устойчивость к расслаиванию (%) – рассчитывалась как отношение массы отслаивающихся частиц к общей массе образца.

Выбор исходных материалов обоснован имеющимися результатами испытаний щебеночно-мастичных асфальтобетонов, подобранных и апробированных в лаборатории Института и соответствующих требованиям СТ РК 2373.

Для приготовления щебеночно-мастичного полимерасфальтобетона применялись следующие исходные материалы:

- щебень из плотных горных пород фр. 10-20 мм, карьер «Волгодоновка»;
- щебень из плотных горных пород фр. 5-10 мм, карьер «Волгодоновка»;
- песок из отсева дробления щебня фр. 0-5 мм, карьер «Волгодоновка»;
- битум марки БНД 100/130;
- порошок минеральный активированный марки МП-1;
- адгезионная добавка;
- стабилизирующая добавка;
- полимерная добавка.

Щебень фр. 10-20 мм и 5-10 мм, песок из отсева дробления щебня, минеральный порошок и битум были испытаны на соответствие национальным стандартам. Физико-механические свойства исходных материалов приведены в таблицах 1-4.

Таблица 1 – Физико-механические свойства исходного битума марки БНД 100/130

Наименование показателей	НД на методы испытаний	Норма по НД	Фактические результаты
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при температуре 25 °C	СТ РК 1226	101-130	118
Температура размягчения по кольцу и шару КиШ, °C	СТ РК 1227	не ниже 43	44,3
Растяжимость, см, при температуре 25 °C	СТ РК 1374	не менее 90	121

Таблица 2 – Физико-механические свойства каменных материалов

Наименование показателей	Норма по НД	Фактические результаты	
		фр. 10-20 мм	фр. 5-10 мм
Дробимость:			

- потеря массы, %	до 11 включ.	10,2	9,7
- марка	1200	1200	1200
Истираемость:			
- потеря массы, %	не более 25	19	21
- марка	И1	И1	И1
Содержание игловидных и лещадных зерен, %	св.10 до 15 группа 2	13,5 2	12,8 2

Таблица 3 – Характеристики пaska из отсева дробления щебня

Наименование показателей	Норма по НД	Фактические результаты
Содержание зерен %, мельче, мм:	не нормируется	
- 5,0		95,6
- 2,5		72,8
- 1,25		45,9
- 0,63		29,4
- 0,315		18,3
- 0,16		10,3
- 0,071		4,2
Содержание глинистых частиц, определяемое методом набухания, %	не более 0,5	0,36

Таблица 4 – Характеристики активированного минерального порошка

№	Наименование показателей	Результаты испытаний	Требования СТ РК 1276
1	Зерновой состав, % по массе:		
	- мельче 1,25	100,0	не менее 100
	- 0,315 мм	99,5	не менее 90,0
	- 0,071 мм	93,4	не менее 80,0
2	Пористость, % по объему	27,2	не более 28,0
3	Показатель битумоемкости, г на 100 см ³	47	не более 50,0
4	Влажность, % по массе	0,1	не более 0,5

Из анализа результатов следует, что каменные материалы соответствуют требованиям СТ РК 1284, СТ РК 2373.

Песок из отсева дробления щебня соответствует требованиям СТ РК 2373.

Порошок минеральный активированный соответствует требованиям СТ РК 1276.

Битум БНД 100/130 соответствует требованиям СТ РК 1373 для марки БНД 100/130.

Подбор минеральной части смеси приведен в таблице 5, кривая гранулометрического состава подобранной смеси показан на рисунке 1.

Таблица 5 – Подбор минеральной части смеси

Исходные данные											
№	Наименование материалов										
		20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
1	Щебень фр.10-20 мм	83,6	26,6	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2	Щебень фр.5-10 мм	100,0	100,0	84,0	8,0	2,0	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Отсев фр. 0-5 мм	100,0	100,0	100,0	95,6	73,0	46,0	29,0	18,0	10,0	4,0
4	Минеральный порошок	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,8	99,5	98,5	93,4

Расчетные данные

№	Наименование материалов	Содержание %, в смеси										
			20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
1	Щебень фр.10-20 мм	61,0	51,0	16,2	0,4	0	0	0	0	0	0	0
2	Щебень фр.5-10 мм	13,0	13,0	13,0	10,9	1,0	0	0	0	0	0	0
3	Отсев дробления фр. 0-5	14,0	14,0	14,0	14,0	13,4	10,2	6,4	4,1	2,6	1,4	0,2
4	Мин. порошок	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	11,9	11,8	10,4
ИТОГО:		100	90,0	55,2	37,3	26,5	22,5	18,6	16,1	14,5	13,8	11,8
Требования СТ РК 2373-2019			100-90	70-50	42-25	30-20	25-15	24-13	21-11	19-9	15-8	13-8

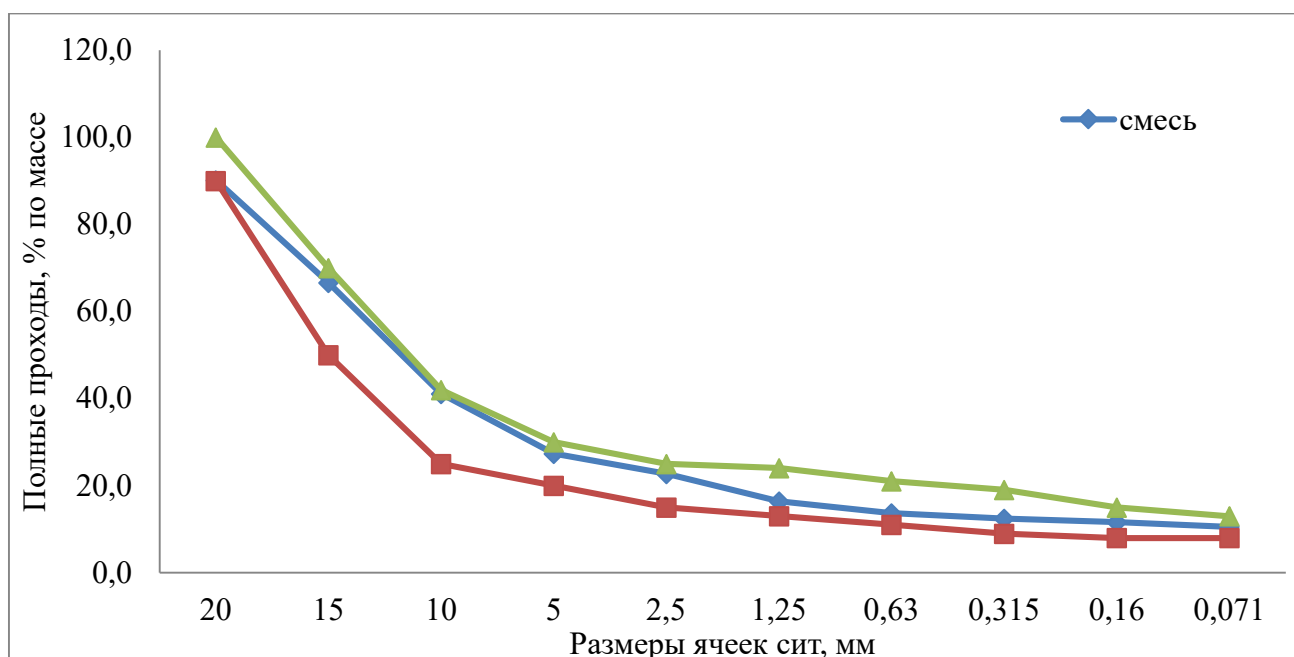


Рисунок 1 – Кривая гранулометрического состава подобранной смеси полимер-ЩМАС 20

Таким образом, для приготовления горячей полимер-ЩМА 20 был принят состав, представленный в таблице 6.

Таблица 6 – Состав для приготовления горячей полимер-ЩМА 20

Наименование	Содержание, %
щебень фр. 10-20 мм	61
щебень фр. 5-10 мм	13
песок из отсева дробления фр. 0-5 мм	14
порошок минеральный активированный	12
стабилизирующая добавка (от массы минеральной части)	0,3
адгезионная добавка (от массы битума)	0,3
модифицирующая добавка (от массы битума)	- 2,5 - 3,0 - 3,5
битум БНД 100/130	5,0

Результаты и Обсуждение

Показатели физико-механических свойств асфальтобетонов с применением модифицирующей добавки и без нее показаны в таблице 7.

Таблица 7 – Физико-механические свойства асфальтобетонов

Наименование показателей	Фактические результаты				Требования НД
	без добавки	с применением модифицирующей добавки			
		2,5%	3,0%	3,5%	
Средняя плотность, г/см³	2,53	2,54	2,55	2,55	не норм.
Водонасыщение, %	3,4	3,0	2,9	2,9	1,0-4,0

Прочность при сжатии при 20 °С, МПа	2,9	2,7	5,8	2,8	≥2,8
Прочность при сжатии при 50 °С, МПа	0,9	0,9	1,6	1,5	≥1,0
Трещиностойкость, МПа	3,1	2,6	3,5	2,7	3,0-6,5
Коэффициент внутреннего трения	0,96	0,98	0,97	0,97	≥0,94
Сцепление при сдвиге при температуре 50°С, МПа	0,26	0,23	0,27	0,26	≥0,25
Устойчивость к расслаиванию, %	0,13	0,14	0,10	0,09	≤0,25

Из анализа результатов следует, что показатели физико-механических свойств подобранного состава полимер-ЩМАС с содержанием модификатора 3,0 % от массы минеральной части, по физико-механическим показателям соответствуют требованиям СТ РК 2373.

Заключение

Согласно результатам испытаний, применение в составе модифицирующей добавки «в количестве 3,0 % позволяет увеличить прочностные свойства в 1,7 раз. Результаты подтверждены в лаборатории.

Подобранный состав полимер-ЩМА 20 с применением добавки 3,0 % от массы битума по всем показателям соответствуют требованиям СТ РК 2373.

Рациональное содержание добавки подбирается в зависимости от породы каменного материала, марки применяемого битумного вяжущего и требуемых эксплуатационных характеристик асфальтобетона.

Список литературы

1. Lygina O., Urazgaliyeva M., Kalaganova N., Rykova I., 2021. Waste management in the context of transition to a circular economy: The case of Kazakhstan. European Journal of Management Issues, 29(2), pp.93-100.
2. Жумагулова А.А., Дюсембинов Д.С., Сабитов Е.Е., Алшинбаева А.М., Бакирбаева А.А., Шахмов Ж.А., 2024. ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАТОРОВ НА СВОЙСТВА АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ КАЗАХСТАНА. Механика және технологиялар, (2 (84)), pp.207-217.
3. Лысянников А. В., Третьякова Е. А., Лысянникова Н. Н. Переработанный пластик в дорожном строительстве // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2017. № 7. С. 105–115.
4. URL: <https://www.volkerwessels.com/en/nieuws/plasticroad-offers-circular-infrastructure-made-plastic-waste-large-scale>
5. СТ РК 1218-2003 Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний.

Сведения об авторах (на трех языках):

Чугулев Бексұлтан Дулатұлы – магистр, инженер, «Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты» АҚ, Астана қаласы, Қазақстан Республикасы, beksultan_d@mail.ru

Чугулев Бексұлтан Дулатович - магистр, инженер, АО «Казакхстанский дорожный научно- исследовательский институт», г. Астана, Республика Казахстан, beksultan_d@mail.ru

Chugulyov Beksultan Dulatovich - Master, engineer, Joint Stock Company 'Kazakhstan Road Research Institute', Astana, Republic of Kazakhstan, beksultan_d@mail.ru

Вклад авторов:

Автор 1 - концепция, методология, ресурсы, сбор данных, тестирование, моделирование, анализ, визуализация, интерпретация, подготовка текста, редактирование, получение финансирования.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЖОЛ ҚҰРЫЛЫСЫНДА ПЛАСТИКАЛЫҚ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ПАЙДАЛАНУ

 **Чугулев Бексұлтан Дулатович^{1,2}**

¹АҚ «Қазақстан жол ғылыми-зерттеу институты», Астана қ., Қазақстан

²Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана қ., Қазақстан

*Корреспондент автор: beksultan_d@mail.ru

Аңдатпа. Мақалада пластикалық қалдықтарды кәдеге жарату және оларды жол құрылысында қайта пайдалану мәселесі қарастырылады. Пластикалық қоқыс көлемінің өсуі жағдайында оны өңдеудің тиімді әдістерін іздеу әсіресе өзекті болады. Перспективалы бағыттардың бірі асфальтбетон жабындарының құрамына қайта өңделген пластикалық қоспаларды енгізу болып табылады, бұл қоршаған ортаға жүктемені азайтып қана қоймай, жол құрылымдарының пайдалану сипаттамаларын жақсартуға мүмкіндік береді.

Сынақ нәтижелері асфальтбетон қоспаларының құрамына пластикалық қалдықтарды енгізу беріктік сипаттамаларын, жабынның беріктігін арттыруға және калибрдің пайда болу тереңдігін төмендетуге ықпал ететіндігін көрсетті. Алынған деректер осы технологияны жол құрылысында экологиялық және экономикалық тиімді шешім ретінде қолданудың орындылығын растайды.

Ключевые слова: пластикалық қалдықтар, жол құрылысы, полимер-ЩМАС, пластмассаны қайта өңдеу, модификацияланған асфальтбетондар.

THE USE OF PLASTIC WASTE IN ROAD CONSTRUCTION

 **Beksultan Chugulyov^{1,2}**

¹«Kazakhstan Highway Research Institute» JSC, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

*Correspondent author: beksultan_d@mail.ru

Abstract. The article discusses the problem of plastic waste disposal and reuse in road construction. With the growing volume of plastic waste, the search for effective recycling methods is becoming particularly relevant. One of the promising directions is the introduction of recycled plastic additives into the composition of asphalt concrete coatings, which allows not only to reduce the burden on the environment, but also to improve the operational characteristics of road structures.

The test results showed that the introduction of plastic waste into the composition of asphalt mixtures helps to increase the strength characteristics, durability of the coating and reduce the depth of track formation. The data obtained confirm the expediency of using this technology in road construction as an environmentally and economically efficient solution.

Keywords: plastic waste, road construction, polymer-CSMAC, plastic recycling, modified asphalt concrete.



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).