



Удк 628.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЯХ

0009-0007-3988-8915 Серик Альмира^{1*}, 0000-0002-6310-2501 Жумагулова Адия¹

¹Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева
Корреспондент автор: Almiraserik03@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию эффективности использования мелкодисперсной резиновой крошки в асфальтобетонных смесях для улучшения эксплуатационных характеристик дорожных покрытий в Казахстане. Применение резиновой крошки позволяет существенно снизить скорость образования колеи и увеличить межремонтный период, что снижает бюджетные расходы на ремонт дорог. Исследование имеет значительную экологическую составляющую, направленную на вторичное использование изношенных автомобильных шин, что способствует сокращению отходов и снижению загрязнения окружающей среды. Использование резиновой крошки в асфальтобетоне соответствует принципам устойчивого развития и циркулярной экономики, сочетая экономическую эффективность с экологической ответственностью.

Ключевые слова: резиновая крошка, асфальтобетонные смеси, модификация битума, устойчивое развитие, циркулярная экономика, дорожное строительство, экологическая безопасность.

Введение

Данная работа направлена на исследование эффективности использования резиновой крошки в асфальтобетонных смесях, способной значительно улучшить эксплуатационные характеристики дорожных покрытий в Казахстане. Предварительные результаты показывают, что применение мелкодисперсной резины может в разы снизить скорость колееобразования и существенно увеличить межремонтные сроки, что снизит бюджетные расходы на ремонт дорожных покрытий. Исследование также имеет значительную экологическую составляющую, поскольку направлено на вторичное использование изношенных автомобильных шин, миллионы которых ежегодно оказываются на свалках Казахстана. Использование резиновой крошки в асфальтобетонных дорогах отвечает современным требованиям устойчивого развития инфраструктуры и циркулярной экономики, сочетая экономическую эффективность с экологической ответственностью.

Дорожная инфраструктура Казахстана, несмотря на значительные инвестиции последних лет, продолжает сталкиваться с серьезными проблемами качества и долговечности. По данным министерства индустрии и инфраструктурного развития республики Казахстан, около 2,6 тысяч километров дорог республиканского значения в Казахстане находятся в неудовлетворительном состоянии, а по количеству и тяжести ДТП Казахстан занимает нижние строчки мирового рейтинга безопасности перевозок. Особенно остро стоит проблема образования колеи на дорогах с интенсивным движением транспорта. Это связано с тем, что большинство дорог в стране (86%) спроектированы и построены до 80-х годов в соответствии с нормативными требованиями, допускающими нагрузку со

стороны автомобиля не более 6 тонн. Однако за последние годы современные грузовики и автобусы часто имеют квалифицированную нагрузку более 10 тонн. [1]

Также одним из основных факторов, влияющих на ускоренное разрушение дорожного покрытия, являются резкие температурные колебания в различных регионах страны.

Анализ технического состояния дорожных покрытий в различных климатических зонах Казахстана показывает, что традиционные асфальтобетонные смеси недостаточно устойчивы к экстремальным температурным воздействиям. В южных регионах высокие летние температуры (до 45°С) вызывают размягчение битума и последующую деформацию покрытия, в то время как в северных областях низкие зимние температуры (до 40°С) приводят к хрупкости материала и образованию трещин. Текущие технологии строительства и ремонта дорог не обеспечивают необходимой долговечности покрытий, что приводит к сокращению межремонтных сроков и увеличению государственных расходов на поддержание дорожной сети.

Экологическая составляющая исследования имеет особое значение в контексте глобальных тенденций к устойчивому развитию и циркулярной экономике. По данным управления энергетики и водоснабжения в Казахстане ежегодно образуется около 60 тысяч тонн изношенных автомобильных шин, большая часть которых (около 70% не перерабатывается и размещается на полигонах или стихийных свалках, создавая серьезную экологическую угрозу). Высокая экологическая опасность изношенных шин обусловлена двумя основными факторами: токсичными свойствами материалов, используемых при их производстве, и выделением более ста химических веществ в окружающую среду на различных этапах их жизненного цикла, включая эксплуатацию, обслуживание, ремонт и хранение. [2]

Использование резиновой крошки из отработанных шин в качестве компонента дорожно-строительных материалов позволяет решить сразу несколько экологических проблем.

Во-первых, это сокращает объемы накопления опасных отходов на полигонах и снижает риск загрязнения окружающей среды. Во-вторых, переработка шин способствует сохранению природных ресурсов, поскольку резиновая крошка частично заменяет природные материалы в составе асфальтобетонных смесей. В-третьих, использование резиновой крошки снижает энергозатраты на производство дорожно-строительных материалов и, как следствие, уменьшает углеродный след отрасли.

В мировой практике преобладают два метода инкорпорации резиновой крошки: «мокрый» (wet process) и «сухой» (dry process). Ранние исследования подтверждают эффективность «мокрого» способа с использованием резиновой крошки фракции ≤ 1 мм.

Добавление резиновой крошки демонстрирует нелинейное влияние на свойства вяжущего:

- Пенетрация снижается на 35% при 8%-ном содержании крошки (с 91–130 до 48–68 0,1 мм); (таблица 1)
- Температура размягчения повышается на 10°С (с 43°С до 53°С); (таблица 1)
- Трещиностойкость асфальтобетона увеличивается на 6,6% (с 4,23 до 4,51 мпа). (таблица 2)

Таблица 1 – Влияние добавки резиновой крошки на физико-механические свойства битума БНД 90/130

БНД 90/130	Пенетрация, 0,1 мм, при 25 °С, не менее	Температура размягчения, °С, не ниже	Температура хрупкости, °С, не выше
Без добавок	91-130	43	-17
С добавкой 6 % резиновой крошки	55-78	50	-16
С добавкой + 8 % резиновой крошки	48-68	53	-16
С добавкой + 10 % резиновой крошки	42-64	55	-15

Таблица 2 – Свойства асфальтобетонной смеси марки 2 тип Б с различным содержанием резиновой крошки

Марка 2 тип Б (связующее БНД90/130)	Показатели свойств					
	ρ г/см ³	Прочность на сжатие, МПа при			Коэффициент влагостойкости	Трещиностойкость, МПа
		0 °С	20 °С	50 °С		
Без добавок	2,45	9,49	3,9	2,2	0,92	4,23
С добавкой 6 % резиновой крошки	2,43	7,9	4,2	2,7	0,93	4,34
С добавкой 8 % резиновой крошки	2,42	8,4	4,7	3,1	0,95	4,51
С добавкой 10 % резиновой крошки	2,41	8,3	4,8	3,1	0,95	4,52

Однако отмечают пороговый эффект: при содержании крошки >8% прирост параметров (прочность на сжатие при 50°С, влагостойкость) не превышает 1,5–2%, что экономически неоправданно.[3]

Методология

Процесс приготовления асфальтобетонной смеси осуществляется в соответствии с требованиями государственного стандарта республики Казахстан СТ РК 2373, который регламентирует состав, свойства и технологические параметры приготовления асфальтобетонных смесей, используемых в дорожном строительстве.

Приготовление образцов полимер-щмас производится путем взвешивания расчетного количества исходных материалов, нагрева каменных материалов в сушильном шкафу до требуемой температуры (180-185°С), введения минерального порошка, мелкодисперсной резиновой крошки от массы сухого материала, затем производится перемешивание сухой смеси, где количество битума добавленного в смесь должно составить 4-8% и затем перемешивают в лабораторной лопастной мешалке. Перемешивание осуществляется до достижения визуальной однородности.

Для определения физико-механических свойств щебеночно-мастичного полимерасфальтобетона необходимо приготовить образцы-цилиндры d и h - 71,4 мм.

Для установления устойчивости к колееобразованию (пластическим деформациям) асфальтобетонов с применением резины и без него, необходимо заформовать образцы размером 30,5*30,5*4,0 см. Испытание производится согласно СТ РК EN 12697-22-2012, при температуре +60 °С и 10 000 проходов колеса.

Таблица 3 – Требуемые физико-механические свойства асфальтобетонов

Наименование показателей	Требования ГОСТ 31015	Требования СТ РК 2373
Средняя плотность, г/см ³	Не норм.	Не норм.
Водонасыщение, %	1,5-4,0	1,0-4,0
Прочность при сжатии при 20 °с, мпа	≥ 2,5	≥ 2,8
Прочность При Сжатии При 50 °С, Мпа	≥ 0,7	≥ 1,0
Трещиностойкость, Мпа	3,0-6,5	3,0-6,5
Коэффициент Внутреннего Трения	≥0,94	≥0,94
Сцепление При Сдвиге При Температуре 50°С, Мпа	≥0,20	≥0,25
Устойчивость К Расслаиванию, %	≤0,20	≤0,25

Результаты и обсуждение

Анализ литературных источников показывает, что применение мелкодисперсной резиновой крошки в асфальтобетонных смесях положительно влияет на эксплуатационные характеристики дорожных покрытий. В ряде экспериментальных работ установлено, что добавление резиновой крошки в количестве 6–8% от массы смеси способствует повышению термостойкости и трещиностойкости асфальтобетонов.

Так, в исследовании [3] было зафиксировано снижение пенетрации битума на 35% и повышение температуры его размягчения на 10 °с при модификации крошкой, что свидетельствует о повышении устойчивости материала к высоким температурам и деформациям.

Также отмечается так называемый "порог насыщения", при котором дальнейшее увеличение содержания резиновой крошки не приводит к существенному улучшению характеристик смеси и может вызывать ухудшение укладываемости и гомогенности материала. Оптимальный диапазон дозировки крошки варьируется, как правило, от 5 до 10% в зависимости от рецептуры смеси и климатических условий региона применения.

Кроме технических аспектов, важно учитывать экологическую и экономическую целесообразность применения резиновой крошки, связанную с переработкой отходов шин и снижением затрат на ремонтно-восстановительные работы. Использование таких материалов согласуется с современными концепциями устойчивого строительства и ресурсосбережения.

Заключение

Проведённое исследование подтвердило актуальность применения резиновой крошки в дорожно-строительной отрасли Казахстана не только как эффективного модификатора асфальтобетонных смесей, но и как способа решения актуальных экологических проблем. Использование отходов шин в качестве добавки в строительные материалы представляет собой пример рационального природопользования и практического применения принципов циркулярной экономики.

Разработка и внедрение таких решений способствует комплексному подходу к модернизации дорожной инфраструктуры, обеспечивая одновременно техническое улучшение покрытий и снижение негативного воздействия на окружающую среду. Полученные результаты могут стать основой для разработки нормативных документов и рекомендаций, регулирующих применение вторичных материалов в строительстве.

Дальнейшие исследования целесообразно направить на уточнение параметров

рецептур и адаптацию технологии к различным типам дорожного покрытия, с учётом климатических, нагрузочных и эксплуатационных условий.

Список литературы

1. К вопросу развития транспортного потенциала Казахстана – Тажигулова Г.О.¹, Агзамов У.¹, Бейсенбеков М.¹ – ¹Карагандинский университет имени академика Е.А. Букетова
2. Воздействие автомобильных шин на окружающую среду и роль шипованной шины в загрязнении городской среды - М. Т. Куанышбаев, А. Б. Ескаир - Карагандинский Университет Казпотребсоюза, г. Караганда, Казахстан
3. Технология разработки и применения асфальтобетонной смеси с добавкой резиновой крошки- Крайнов Д. Н. - Алтайский государственный технический университет Им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия
4. СТ РК 1213-2003 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико- механических испытаний»
5. СТ РК 1217-2003 «Песок для строительных работ. Методы испытаний»
6. СТ РК 1218-2003 «Материалы на основе органических вяжущих для дорожного и аэродромного строительства. Методы испытаний».
7. СТ РК 1221-2003 «Порошок минеральный для асфальтобетонных смесей. Методы испытаний»
8. СТ РК 2373-2019 «Смеси щебёночно-мастичные полимерасфальтобетонные аэродромные и щебёночно-мастичный полимерасфальтобетон. Технические условия»
9. СТ РК 1276-2004 «Порошок минеральный для асфальтобетонных органических минеральных смесей. Технические условия»
10. СТ РК 1373-2013 «Битумы и битумные вяжущие. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия»

Сведения об авторах:

Серик Альмира – магистрант, «НТС-Қазақстан» ЖШС, Астана, Қазақстан, almiraserik03@mail.ru.

Серик Альмира – магистрант, ТОО «НТС-Казакстан», Астана, Қазақстан, almiraserik03@mail.ru.

Serik Almira – Master's student, NTS-Kazakhstan LLP, Astana, Kazakhstan, almiraserik03@mail.ru.

Жумагулова Адия – к.т.н., ТПГС кафедрасының доцент м.а., Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан Республикасы. zaaskarovna@gmail.com

Жумагулова Адия – к.т.н., и.о. доцента, кафедра ТПГС, ЕНУ имени Л.Н.Гумилева, Астана, РК. zaaskarovna@gmail.com

Zhumagulova Adiya – Doctor of Technical Sciences, Acting Associate Professor, Department of Transport and Civil Engineering, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan. zaaskarovna@gmail.com

Вклад авторов:

Серик Альмира - концепция, методология, ресурсы, сбор данных, тестирование, моделирование, анализ, визуализация, интерпретация, подготовка текста.

Жумагулова Адия – редактирование.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Использование искусственного интеллекта (ИИ): ИИ при подготовке статьи не использовался.

АСФАЛЬТОБЕТОН ҚОСПАЛАРЫНДА РЕЗЕҢКЕ ҮГІНДІСІН ҚОЛДАНУ

0009-0007-3988-8915  Серик Альмира^{1*}, 0000-0002-6310-2501  Жумагулова
Адия^{2*},

¹ Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.

*Корреспондент автор: Almiraserik03@mail.ru

Аннотация: Мақалада Қазақстандағы жол жамылғыларының пайдалану сипаттамаларын жақсарту мақсатында асфальтобетон қоспаларында ұсақ резеңке үгіндісін қолданудың тиімділігі қарастырылады. Резеңке үгіндісін пайдалану жол бетінің ойықтану жылдамдығын азайтып, жөндеуаралық мерзімді ұзартуға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде жол жөндеуге кететін бюджет шығындарын төмендетеді. Зерттеу экологиялық бағытта жүргізіліп, тозған автокөлік шиналарын қайта пайдалану арқылы қалдықтарды азайтуға және қоршаған ортаның ластануын төмендетуге үлес қосады. Асфальтобетонда резеңке үгіндісін қолдану тұрақты даму мен айналмалы экономика принциптеріне сай келеді және экологиялық жауапкершілікпен қатар экономикалық тиімділікті қамтамасыз етеді.

Түйінді сөздер: резеңке үгіндісі, асфальтобетон қоспалары, битумды модификациялау, тұрақты даму, айналмалы экономика, жол құрылысы, экологиялық қауіпсіздік

USE OF RUBBER CRUMB IN ASPHALT CONCRETE MIXTURES

0009-0007-3988-8915  Almira Serik^{1*}, 0000-0002-6310-2501  Adiya Zhumagulova¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Republic of Kazakhstan

*Corresponding author: Almiraserik03@mail.ru

Abstract: This article investigates the effectiveness of using fine rubber crumb in asphalt concrete mixtures to enhance the performance characteristics of road surfaces in Kazakhstan. The use of rubber crumb helps to significantly reduce rutting and extend the repair interval, thus lowering public spending on road maintenance. The study has an important environmental component aimed at the recycling of worn-out car tires, which helps reduce waste and mitigate environmental pollution. The incorporation of rubber crumb in asphalt concrete aligns with the principles of sustainable development and the circular economy, combining environmental responsibility with economic efficiency.

Keywords: rubber crumb, asphalt concrete mixtures, bitumen modification, sustainable development, circular economy, road construction, environmental safety



Copyright: © 2024 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/>).

