

АННОТАЦИЯ

к диссертации **Алипбековой Жамили Кожажельдиевны** на тему «Разработка технологии получения полимерно-битумных вяжущих модифицированных резиновой крошкой» представленную на соискание степени доктора философии PhD по специальности 6D072100 – «Химическая технология органических веществ»

Актуальность работы. Неотъемлемым условием динамики национальной экономики выступает развитие и поддержание эффективного функционирования транспортной инфраструктуры, поддерживающей целостность и непрерывность хозяйственных взаимодействий. Однако качество многих битумных материалов уже не удовлетворяет современным требованиям. Например, статистический анализ свидетельствует, что сроки службы дорожных покрытий, выполненных из битумоминеральных композиций, составляют всего 50-70% от нормативных. Низки также показатели температурной устойчивости битумных материалов, что ограничивает применение изделий из них и в жаркий летний период, и зимой, особенно в районах с резко континентальным климатом. Битумы имеют малую работоспособность в условиях знакопеременной деформации. Все эти недостатки приводят к снижению долговечности материалов, в которых они выполняют роль связующего и пропитывающего компонента.

Неуклонно повышающиеся требования к качеству и эксплуатационным характеристикам материалов на основе битума уже не могут быть удовлетворены только за счет выбора сырья и совершенствования технологии производства битума. В этой связи проблема создания и последующего совершенствования качества дорожных покрытий с учетом территориальных особенностей их эксплуатации является актуальной проблемой.

Одним из основных радикальных способов повышения качества и долговечности асфальтобетонных покрытий является модификация битумов полимерными материалами. Значительное количество используемых для регенерации старых автомобильных шин и перспективы развития мощностей по измельчению резины создают предпосылки для широкого использования вулканизированной измельченной резины в дорожном строительстве для повышения эксплуатационных свойств асфальтобетонных покрытий. Все это указывает на необходимость создания новых крупнотоннажных битумов производства Республики Казахстан, которые наряду с созданием битумных материалов с повышенными эксплуатационными свойствами решит вопросы утилизации изношенных резиновых шин.

Связь с научно-исследовательскими работами и государственными программами. Работа выполнялась в рамках программы фундаментальных исследований: Б-16-03-04 «Разработка технологии получения эластомерных композиций с использованием местного минерального сырья и техногенных отходов» (2015-2020 г.г.) и Б-21-03-03 «Разработка новых

технологий и процессов переработки тяжелого нефтяного сырья для получения композиционных материалов» (2021-2025 гг.).

Объект исследования. Полимерно-битумные вяжущие модифицированные резиновой крошкой.

Предмет исследования. Процесс получения полимерно-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой, исследование и обоснование физико-механических характеристик полимерно-битумных вяжущих на основе отечественных битумов БНД 70/100 и модифицированной резиновой крошки ТОО «ЭКО-Шина».

Цель исследования. Разработка технологии получения полимерно-битумных вяжущих модифицированных резиновой крошкой ТОО «ЭКО-Шина», получение полимерно-битумных вяжущих модифицированных резиновой крошкой, составление рецептуры с применением производственных отходов, исследование физико-механических характеристик полимерно-битумных вяжущих на основе отечественных битумов и промышленных отходов местного производства.

Задачи исследования:

- влияния физико-химических свойств резиновой крошки ТОО «ЭКО-Шина» на комплекс основных физико-механических показателей полимерно-битумных вяжущих;
- модифицировании резиновой крошки ТОО «Эко-Шина» и изучении закономерностей процесса структурообразования битумов при формировании полимерно-битумных вяжущих;
- разработке рецептур и технологий получения полимерно-битумных вяжущих, содержащих модифицированную резиновую крошку;
- анализ факторов, влияющих на физико-механические и эксплуатационные свойства резинобитумных вяжущих, используемых для повышения качества асфальтобетонов;
- разработке принципиальной технологической схемы получения полимерно-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой ТОО «ЭКО-Шина» и заключение.

Научная новизна диссертационной работы:

- определены новые полимерно-битумных вяжущих на основе отечественных битумов, используемых для повышения качества асфальтобетонов с улучшенными эксплуатационными свойствами;
- получены битумные вяжущие с модифицированной резиновой крошкой
- установлены закономерности структурных изменений, происходящих в процессе получения вяжущих модифицированных резиновой крошкой ТОО «ЭКО-Шина»;
- проанализированы факторы, влияющие на комплекс основных физико-механических показателей эксплуатационные свойства резинобитумного вяжущего;

- исследованы особенности модифицирования резиновой крошки ТОО «Эко-Шина» вспученным вермикулитом и определены специфика формирования структуры полимерно-битумных вяжущих;
- обоснован выбор параметров и разработана принципиальная технологическая схема получения полимерно-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой ТОО «Эко-Шина»

Практическая значимость диссертационной работы. В диссертации разработана технология получения полимерно-битумных вяжущих и составлен технологическая схема. В ТОО «ЭКО-Шина» и ТОО «Нефтехимстрой-Юг» проведены полупромышленные испытания. На основе промышленных отходов резиновой промышленности и Кулантауского вермикулита составлены рецептуры ПБВ с улучшенными эксплуатационными свойствами, рекомендован для использования повышения качества асфальтобетонов.

- в результатах исследования были рассмотрены пути что использование кулантауского вспученного вермикулита для модифицирования резиновой крошки в составе полимерно-битумного вяжущего обеспечивает повышение адгезионных свойств, расширение интервала пластичности и повышение стабильности свойств ПБВ при длительной их эксплуатации;
- материалы исследования были зарегистрированы в актах производственных испытаний.

Основные научно-исследовательские положения, выносимые на защиту:

- физико-химические свойства резиновой крошки ТОО «ЭКО-Шина» используемой для повышения качества битумов и асфальтобетонов;
- структурные изменения, происходящих в процессе получения битумных вяжущих с модифицированной резиновой крошкой;
- проанализированные факторы, влияющие на эксплуатационные свойства резинобитумного вяжущего;
- подобранные параметры и разработанная принципиальная технологическая схема производства получения полимерно-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой ТОО «ЭКО-Шина»;
- экономическая эффективность получения ПБВ на основе битума БНД 70/100 и резиновой крошки ТОО «ЭКО-Шина»;
- результаты производственных испытаний полимерно-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой «ЭКО-Шина».

В аналитическом обзоре рассмотрены современные представления о структуре нефтяных битумов и полимерно-битумных вяжущих с применением резиновой крошки. Как известно, наиболее универсальным материалом для применения в качестве вяжущего при устройстве дорожных покрытий, является нефтяной битум, благодаря способности выдерживать без разрушения воздействие низких температур, температурных перепадов, различных деформационных нагрузок. В настоящее время в Казахстане работают 4 завода по производству дорожного битума, суммарной мощностью 1,2 млн тонн в год. В 2016 году запущено основное производство битума на предприятии Каспий

битум. Анализ основных показателей Министерства энергетики РК за 2015-2020 годы показал, что объем производства битума с 2015 года вырос в 2 раза.

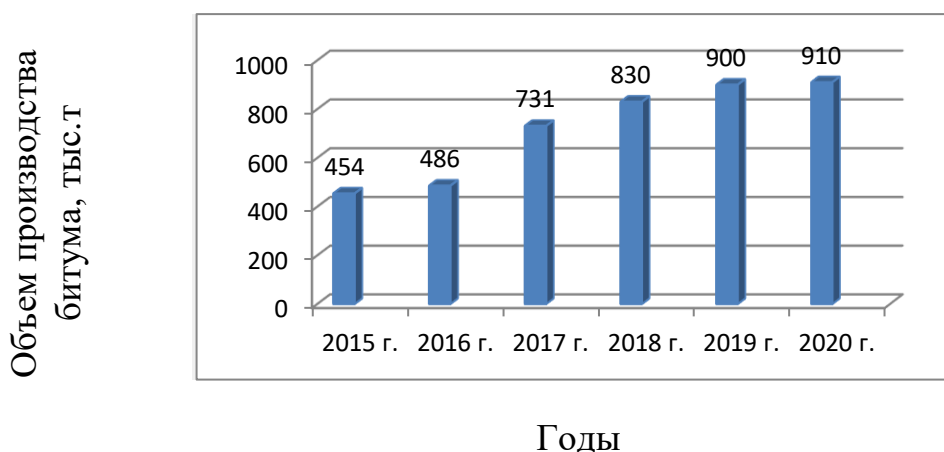


Рисунок 1 - Развитие битумной отрасли Республики Казахстан за 2015-2020 г.г.

Известно, что свойства обычного немодифицированного битума не позволяют получать дорожные покрытия с нужным комплексом свойств, что наиболее сильно проявляется при высоких и пониженных температурах. Практика эксплуатации дорожных покрытий с использованием битумов дорожных вязких марки БНД, свидетельствует о том, что разрушение покрытия начинается уже в первый год эксплуатации из-за недостаточной способности битумного вяжущего к растяжению. Основными причинами разрушения асфальтобетонов в дорожном покрытии являются климатические условия, нагрузки от транспортных потоков, в результате чего происходит старение битума, т.е. он становится хрупким, шелушится и растрескивается.

Наиболее эффективные способы создания новых материалов основаны на модификации вяжущего (битума) путем введения в его состав добавок (модификаторов), улучшающих его эксплуатационные свойства. Установлено, что экономически эффективными модификаторами являются те, которые доступны и недороги. С технической точки зрения для создания на основе битумов композиционных материалов с заданным комплексом свойств могут применяться только те модификаторы, которые не разрушаются при температуре приготовления асфальтобетонной смеси; совместимы с битумом при проведении процесса смешения на обычном оборудовании при температурах, традиционных для приготовления асфальтобетонной смеси; не придают битуму жесткость или ломкость при низких температурах в покрытии, а в летнее время повышают сопротивление битумов в составе дорожного покрытия к воздействию сдвиговых напряжений и при этом не увеличивают вязкость при температурах смешения и укладки; химически и физически стабильны, сохраняют свои свойства при хранении, переработке и в составе дорожного покрытия. В настоящее время в отечественной практике полимерно-битумные вяжущие (ПБВ) получают растворением полимера в битуме или

предварительным растворением полимера в специальном растворителе с последующим смешением раствора полимера с битумом.

Сравнение эффективности разных способов модификации битумов показало, что перспективным направлением модификации битумов является использование добавок резиновой крошки. Резиновая крошка широко применяется в качестве компонента трещинозаливных составов для дорожного строительства, строительных кровельных и различных антикоррозионных мастик. Свойства полимерно-битумных композиций (ПБК) определяются объемным содержанием и размером частиц дисперсной фазы – полимера в битумной матрице. В случаях малых размеров частиц дисперсная фаза оказывает слабое влияние на развитие необратимых деформаций в материале, а при увеличении размеров частиц дисперсной фазы сверх критического композиция склонна к расслаиванию. По причине ее слабой растворимости резину вводят в мелкодисперсном виде, что требует дополнительных энергетических затрат на ее измельчение.

Резиновая крошка представляет собой совокупность частиц разнообразной формы и дисперсности измельченной резины. Материал характеризуется тем, что в своей основе он сохраняет молекулярную структуру и свойства исходной резины. При этом поверхность частиц может быть изменена так, чтобы придать резиновой крошке особые, заранее определенные свойства. Данные изменения могут быть получены с помощью частичной девулканизации верхнего слоя частиц или путем химической, физической или физико-химической обработки.

Общий вид резиновых крошек различной дисперсности приведены на рисунках 2-4.



Рисунок 2 - Общий вид резиновой крошки ТОО «Эко-Шина» размером 2-4 мм



Рисунок 3- Резиновая крошка, выпускаемая на ТОО «Эко-Шина» размером 1-2 мм

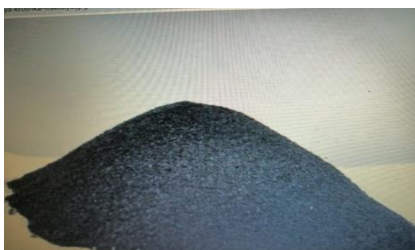


Рисунок 4 - Общий вид резиновой крошки ТОО «Эко-Шина» дисперсностью 0-1 мм

Резиновую крошку получают переработкой изношенных автомобильных шин и других отходов РТИ. Наиболее многотоннажным ресурсом изношенной резины являются автомобильные шины. Их утилизация представляет серьезную экологическую проблему во многих странах.

Многочисленные отечественные и зарубежные исследования и опыт применения резиновой крошки показывают, что модифицированные вяжущие имеют более высокие эксплуатационные свойства по сравнению с традиционными битумами. Асфальтобетоны на битумных вяжущих, содержащих модифицированную резиновую крошку, характеризуются повышенной износо- и теплостойкостью, устойчивостью к старению, меньшей жесткостью, хорошей звукопоглощающей и фрикционной способностью, устойчивы к действию воды, замораживанию – оттаиванию.

Одна из проблем получения резинобитумных вяжущих состояла в выборе размера резиновой крошки. Анализ номенклатуры размеров резиновой крошки, выпускаемой в ТОО «ЭКО-Шина», показал, что производители выставляют на продажу резиновую крошку размером до 1 мм, 1–2 мм и 2–4 мм. Необходимо было определиться, какая из представленных фракций наиболее пригодна для получения резинобитумных вяжущих. При этом оценивались такие технологические параметры как температура и время приготовления, необходимые для растворения резиновой крошки до размера неоднородностей, не превышающих 0,1 мм, а также физико-химические показатели резинобитумного вяжущего, такие как температура размягчения по кольцу и шару.

Физико-химические показатели резино-битумного вяжущего в зависимости от дисперсности резиновой крошки показаны в таблице 1.

Таблица 1- Физико-химические показатели резино-битумного вяжущего в зависимости от дисперсности резиновой крошки.

№	Дисперсность резиновой крошки, мм	Температура, °С	Время, час	Тем размягчения по кольцу и шару, °С
1	менее 0,1	185-195	1-1,5	50
2	0,1-1	185-195	1-2,0	50
3	1-2	185-195 200-210	3-3,5	44\17
4	2-4	210-220 235–245	3-3,5	45\25

Эксперимент показывает, что отношение максимального размера резиновой крошки к минимальному должно быть как можно меньшим, так как в этом случае деструкция резины идет более равномерно, что улучшает физико-химические свойства резинобитумного вяжущего, что подтверждается

спектрами микроструктур резиновых крошек, снятых на электронном микроскопе JSM-6490LV.

Таким образом для дальнейших исследований по применению резиновой крошки ТОО «ЭКО-Шина» в резино-битумных вяжущих была использована резиновая крошка фракции 0,5-1мм.

Для исследования структуры исследуемых материалов использовался аппарат ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IR Prestige-21 с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle фирмы PikeTechnologies. Были отобраны образцы БНД 70/100, резиновой крошки дисперсностью 0,5-1 мм. На рис. 5-7 приведены ИК-спектры структур резиновой крошки, исходного битума БНД 70/100 без добавления резиновой крошки, с добавлением разных количеств резиновой крошки 5%, 10%, и совмещенные ИК-спектры битумных композиций, содержащих разное количество резиновой крошки (от 5 % до 25%).

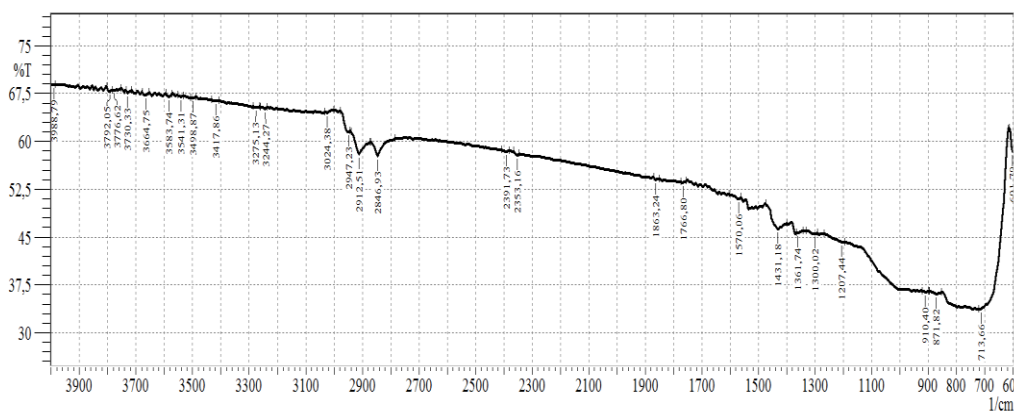


Рисунок 5 - Спектр образца резиновой крошки ТОО «Эко-Шина» дисперсностью 0,5-1 мм.

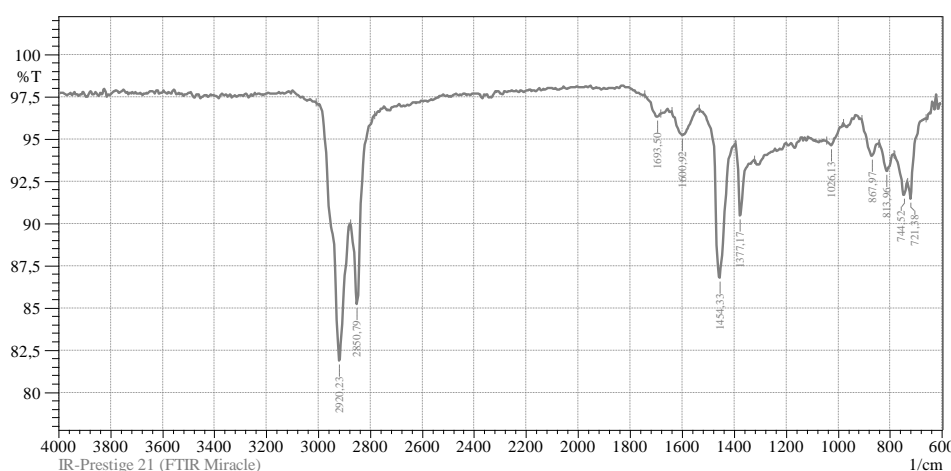


Рисунок 6 - ИК-спектр битума БНД с добавлением 5% резиновой крошки

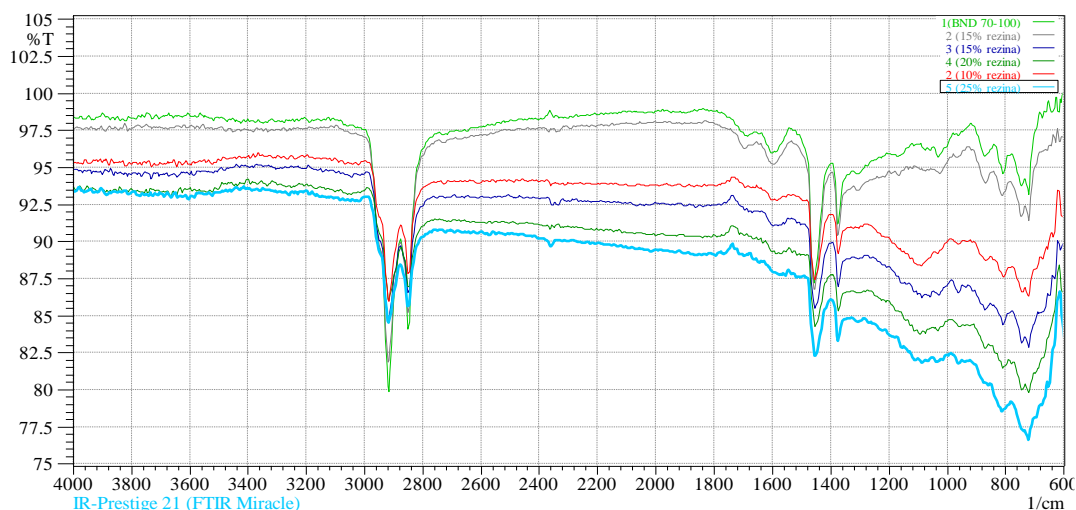


Рисунок 7 - Совмещенные ИК-спектры битумных композиций, содержащих разное количество резиновой крошки (от 5% до 25%).

Анализ полученных результатов исследований битумов марки БНД 70/100 показал наличие характерных для битумов интенсивных полос в области 3000-2800 см^{-1} (валентные колебания Н(СН) и СН₂ групп), 1460 см^{-1} (деформационные колебания $\delta(\text{СН}_2)$) и 1377 см^{-1} (деформационные колебания $\delta(\text{СН}_3)$). Указанные полосы всегда присутствуют в спектрах предельных углеводородов, парафинов, масел. В спектрах компонентов четко видна полоса пропускания при 720 см^{-1} , которая соответствует деформационным колебаниям $\delta(\text{СН}_2)$ групп в свободных парафиновых цепях. Отчетливо проявляется характеристический триплет 747, 812, и 870 см^{-1} - признак наличия ароматических структур. Техническим результатом изобретения явилось повышение долговечности битумно-резинового вяжущего с улучшенными реологическими характеристиками, значительное снижение себестоимости за счет увеличения сроков эксплуатации дорожного асфальтового покрытия. Физико-механические характеристики битумных вяжущих содержащих модифицированную крошку приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Физико-механические характеристики битумных вяжущих содержащих модифицированную крошку

№	Показатели	Предлагаемый состав							По ГОСТу 52056-2003 ПБВ 40
		1*	2*	3*	4*	5*	6*	7*	
1	Глубина проникания иглы, 0,1 мм:								
	при 25°C	75	54	52	53	50	52	54	40
	при 0°C, не менее	22	18	16	14	19	15	16	32

2	Температура размягчения по кольцу и шару, °С	48	50	54	55	56	54	55	54
3	Температура хрупкости, °С	-20	-13	-9	-12	-10	-13	-11	-20
4	Растяжимость, см: при 25°С при 0°С	65 32	65 35	70 28	80 44	78 48	58 56	60 54	25 11
5	Эластичность	55	59	63	67	66	63	64	70

*При различных содержаниях резиновой крошки и вермикулита

Приготовление резинобитумного вяжущего (РБВ) осуществлялось путем механического перемешивания битума с резиновой крошкой, соответствующей концентрации и температуры РБВ, соответствующей температуре приготовления асфальтобетонной смеси на асфальтобетонных заводах.

Физико-механические свойства РБВ определялись по стандартным методикам.

В результате исследований, проведенных на кафедре «Нефтепереработка и нефтехимия» ЮКУ им. М.Ауэзова» в период с 2018 по 2021 г.г., была разработана новая технология химического совмещения отечественных нефтяных битумов БНД 70/100 с мелкодисперсной резиновой крошкой, направленная, в основном, на улучшение качества отечественных битумов, свойства которых не отвечают современным эксплуатационным требованиям. При разработке технологии использовался комплексный подход, учитывающий физико-механические и химические процессы, происходящие как в исходных битумах и их смесях с резиной, так и в конечных продуктах - асфальтобетонах и дорожных покрытиях.

Технология основана на добавлении в смесь битума с резиновой крошкой вспученного Кулантауского вермикулита, определенным образом регулирующего процессы деструкции и сшивки каучуковых цепей резины и высокомолекулярных компонентов битума. В результате процесса частицы резины объединяются как между собой, так и с высокомолекулярными компонентами битума в гетерогенную, армирующую, полимерную пространственную структуру с помощью химических связей. Стабильность всей дисперсной гетерогенной системы, высокую и долговременную адгезию вяжущего обеспечивают полярные молекулярные группы вермикулита. За счет такой структуры у вяжущего появляется достаточная для эксплуатационных целей эластичность. Вяжущее становится устойчиво к сегрегации резиновой крошки и воздействию высоких (кратковременно до 250 °С) технологических температур.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что при температуре ниже 140°С время диспергирования резиновой крошки в битуме составляет более 4 часов. Это значение представляется в рамках данных исследований максимальным, так как при большей продолжительности стадии

диспергирования резиновой крошки производительность всего процесса приготовления РБВ не может считаться рентабельной. Оптимальным является 5-7 часов перемешивания. Верхнее значение температуры эксперимента 220°C , из-за того, что при этом начинает активно протекать термическая деструкция резиновой крошки

На рисунках 8-12 показаны изменения основных эксплуатационных характеристик ПБВ (глубина проникновения иглы, при 0°C и 25°C , температура размягчения по кольцу и шару, растяжимость и эластичность), приготовленных в зависимости от времени смешения в температурном диапазоне $150\text{-}220^{\circ}\text{C}$ в смесителе.

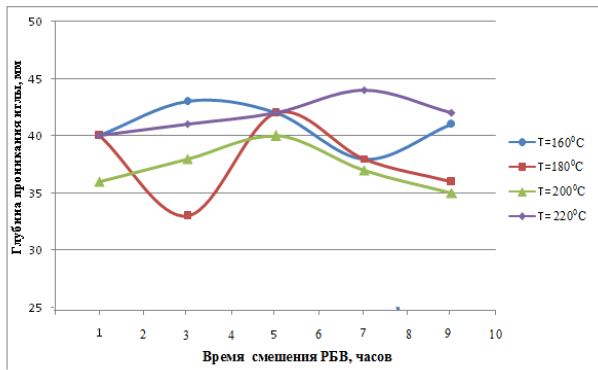


Рисунок 8 - Зависимость глубины проникновения иглы при 25°C от времени смешения ПБВ

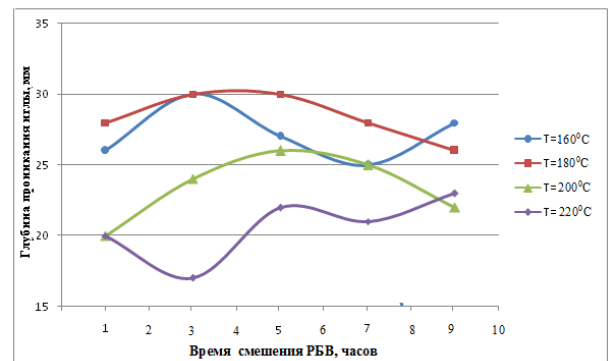


Рисунок 9 - Зависимость глубины проникновения иглы при 0°C от времени смешения ПБВ

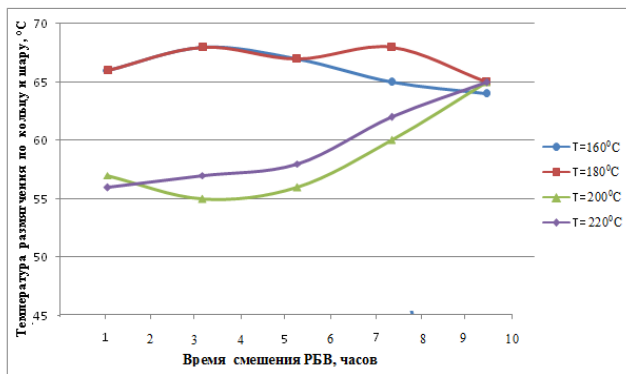


Рисунок 10- Зависимость температуры размягчения по кольцу и шару от времени смешения ПБВ

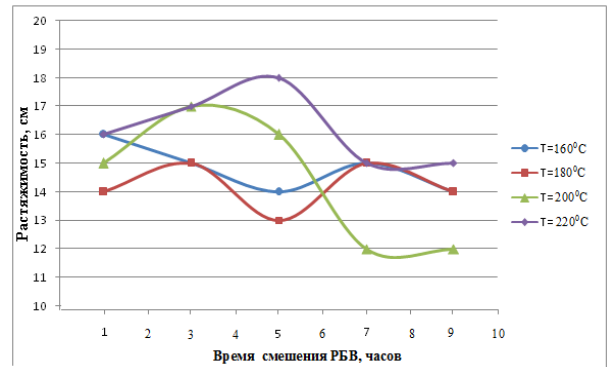


Рисунок 11 - Зависимость растяжимости полимерно-битумных вяжущих от времени смешения при 25°C

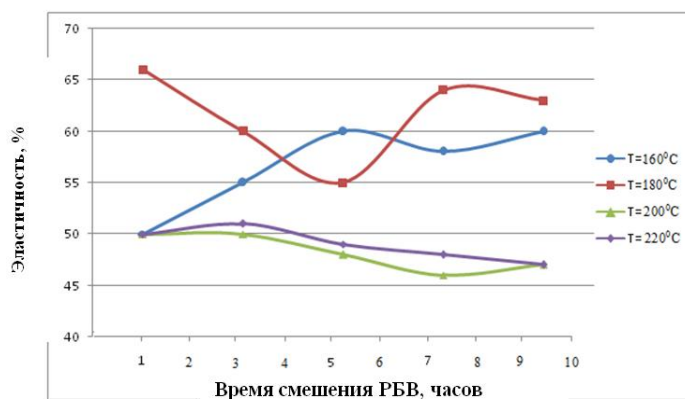


Рисунок 12 - Зависимость эластичности полимерно-битумных вяжущих от времени смешения

Основными причинами этих изменений являются окисление битума и влияние высокой температуры на резиновую крошку. Окисление легких компонентов битума, таких как смолы и масла, приводят к возрастанию температуры размягчения образцов и снижению пенетрации. Изменяется первоначальная структура модифицированной резиновой крошки, а также происходит сшивка его цепей по кратным связям. Это отрицательно сказывается на эластичности получаемого продукта.

Таким образом, оптимальной температурой приготовления РБВ является температура в интервале 150-170⁰ С. При этом необходимо отметить, что при сокращении продолжительности смешивания компонентов при одновременном увеличении температуры процесса в полимерно-битумном вяжущем интенсивно протекают процессы, при которых изменяются эксплуатационные показатели вяжущего. Можно отметить, что правильное определение температурного режима позволяет сэкономить рабочее время и энергоресурсы, увеличить производительность установки и наилучшим способом реализовать потенциал резиновой крошки, как высокоэффективного модификатора битума.

Технология основана на добавлении в смесь битума с резиновой крошкой вспученного Кулантауского вермикулита. В результате частицы резины объединяются как между собой, так и с высокомолекулярными компонентами битума в гетерогенную, армирующую, полимерную пространственную структуру с помощью химических связей. Стабильность всей дисперсной гетерогенной системы, высокую и долговременную адгезию вяжущего обеспечивают полярные молекулярные группы, введенные в большом количестве в структуру материала в процессе его приготовления. За счет такой структуры у вяжущего появляется достаточная для эксплуатационных целей эластичность. Вяжущее становится устойчиво к сегрегации резиновой крошки и воздействию высоких (кратковременно до 250⁰С) технологических температур.

В основу технологии переработки заложено механическое измельчение шин до небольших кусков с последующим механическим отделением металлического и текстильного корда, основанном на принципе «повышения

хрупкости» резины при высоких скоростях соударений, и получение тонкодисперсных резиновых порошков размером до 0,5-1мм путем экструзионного измельчения полученной резиновой крошки. Технологический процесс включает в себя три этапа: предварительная резка шин на куски; дробление кусков резины и отделение металлического и текстильного корда; получение тонкодисперсного резинового порошка. Технологическая схема приготовления полимерно-битумного вяжущего, модифицированного резиновой крошкой ТОО «Эко-Шина» приведена на рисунке 13.

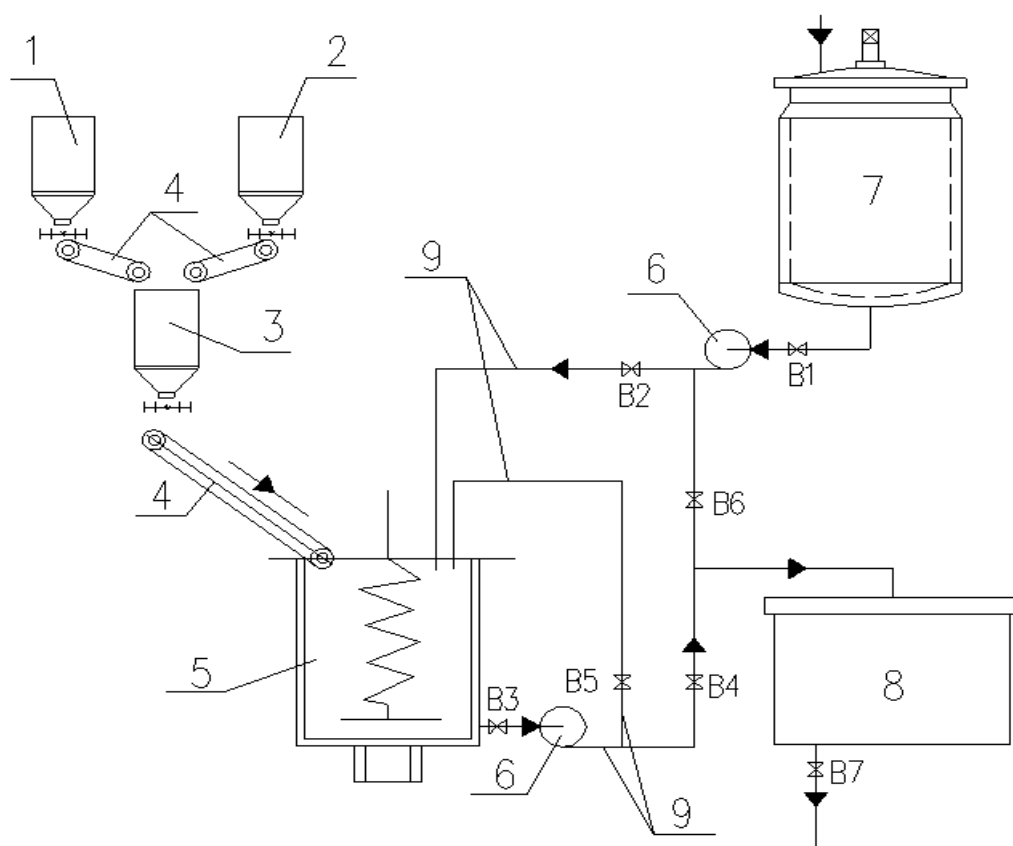


Рисунок 13 - Технологическая схема приготовления полимерно-битумного вяжущего, модифицированного резиновой крошкой ТОО «Эко-Шина»

1-бункер-дозатор резиновой крошки, 2- бункер-дозатор вермикулита, 3- бункер-дозатор модифицированной резиновой крошки, 4- транспортерная лента, 5-шнеколопастная мешалка, 6- битумные насосы, 7- битумный котел, 8-накопительная емкость, 9- трубопровод, В1,В2,В3,В4,В5,В6,В7 – вентили для перекрытия труб для изменения направления течения битума или смеси .

Битум (70-76 масс %), нагретый до рабочей температуры в битумном котле 7, подается насосом 6 в шнеколопастную мешалку 5. Резиновая крошка ТОО

«ЭКО-Шина (18-22 масс.%) поступает из бункера-дозатора резиновой крошки 1 в бункер 3. куда также из бункера-дозатора 2 поступает вспученный Кулантауский вермикулит в количестве 6-8 масс%. Модифицированная вспученным вермикулитом резиновая крошка из бункера 3 по ленточному транспортеру 4 поступает в шнеколопастную мешалку 5. Температура и продолжительность перемешивания зависят от вида и свойств резиновой крошки и битума. Модифицированная резиновая крошка ТОО «Эко-Шина» перемешивается с битумом БНД 70/100 при температуре 150 – 170 °С в течение 5 – 7 ч. Дополнительное перемешивание полимерно-битумного вяжущего осуществляют за счет циркуляции вяжущего насосом 7. Затем полимерно-битумное вяжущее по трубопроводу 9 поступает накопительную емкость 8.

Таким образом, на основе отечественного битума разработана технология получения полимерно-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой с высокими эксплуатационными свойствами, которые могут быть использованы при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

Опытно-производственные работы проводились на территории ТОО «Нефтехимстрой-Юг» и ТОО «ЭКО-Шина». На измельчительной установке ударного действия УИС-2У производительностью до 2-х тонн в час был произведен выпуск опытной партии смеси модифицированной крошки и песка (в отношении 1:2 по массе) в количестве 1000 кг. Затем полученная смесь в количестве 3 % от массы минеральной части вводился в асфальтобетонную смесь. В марте 2021 года. были проведены испытания вырубок асфальтобетонного покрытия. Результаты опытно-производственных исследований приведены в таблице 4.

Таблица 4 - Результаты опытно-производственных испытаний полимерно-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой ТОО «Эко-Шина»

Перечень показателей свойств	Результаты испытаний		Значение по ГОСТ 9128-97 для асфальтобетонных покрытий
	вырубок асфальтобетонного покрытия (используемый)	вырубок асфальтобетонного покрытия (предлагаемый)	
Предел прочности при сжатии, МПа при температурах, °С: 20 50 0	4,4 1,41 10,8	10,6 1,95 11,7	Не менее 2,2 Не менее 1 Не более 12
Водонасыщение, % по объёму	1,29	1,27	1,5-4,0
Коэффициент водостойкости после длительного водонасыщения	0,92	0,98	0,75

Проведенные испытания показали, что по своим санитарно-гигиеническим свойствам эти вяжущие материалы более чистые, чем битум, и отвечают самым жестким экологическим требованиям. Резиновая крошка в составе вяжущего

выступает в роли частиц полимерного компонента, которые осуществляют дисперсно-эластичное армирование асфальтобетона.

Опытно-производственные работы, проведенные на ТОО «ЭКО-Шина и ТОО «Нефтехимстрой-Юг» показали значительное преимущество асфальтобетонов на таком битумно-резиновом вяжущем с модифицированной резиновой крошкой отечественного производства при устройстве верхних слоев покрытий в сравнении с традиционными горячими асфальтобетонными смесями. Проверка опытных участков зафиксировала значительно лучшее состояние по сравнению с соседними участками, выполненными с использованием немодифицированных битумов. Асфальтобетонные покрытия находятся в хорошем состоянии, повреждения покрытия, трещины, келейность, выпотевания вяжущего отсутствуют. Расположенные рядом контрольные участки имеют повреждения в виде сетки мелких трещин, шелушения поверхности, пятен, келейности. общая площадь которых составляет более 10 % от общей площади покрытия.

Благодаря улучшению характеристик вяжущего, срок службы асфальтобетонных покрытий, приготовленных с применением полимерно-битумного вяжущего, модифицированного резиновой крошкой ТОО «ЭКО-Шина» в среднем в 2-3 раза выше, чем срок службы покрытий с использованием дорожных битумов, при тех же условиях эксплуатации, за счет более высокой трещиностойкости, водостойкости и прочности получаемого асфальтобетона. Такие покрытия позволяют снизить уровень шума и вибрации, уменьшают возможность образования ледяной корки, повышают сцепление, сокращают тормозной путь. Свойства вяжущего дают возможность успешно устраивать долговечные тонкослойные износостойкие покрытия и некоторые виды поверхностных обработок. Таким образом, разработанная технология позволяет получать полимерно-битумные вяжущие с широким диапазоном свойств, которые могут быть использованы при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Для решения проблем качества дорожных покрытий в Казахстане необходимы разработка новых материалов на основе битума, способных обеспечить более высокую прочность, долговечность дорожных покрытий по сравнению с принципиальными возможностями нефтяных битумов. Анализ современных представлений о структуре нефтяных битумов и полимерно-битумных вяжущих показал, что перспективным направлением модификации битумов является использование добавок резиновой крошки. В связи с этим на основе местных материалов и техногенных отходов из отработанных шин была разработана эффективная технология получения полимерно-битумных вяжущих

2. На базе основных положений теории нефтяных дисперсных систем сформулированы принципы эффективного модифицирования полимерно-битумных вяжущих с использованием резиновой крошки. Впервые исследованы физико-химические свойства резиновой крошки ТОО «ЭКО-Шина», используемой для повышения качества битумов и асфальтобетонов, исследована и установлена оптимальная дисперсность и количество резиновой крошки в композиции. Обоснованность и достоверность полученных результатов подтверждается применением современных методов исследования - растровый электронный микроскоп JSM-6490LV с системами энергодисперсионного микроанализа и структурного анализа и ИК-Фурье спектрометр Shimadzu IR Prestige-21 для исследования структур полимерно-битумных вяжущих.

3. Для улучшения технологических свойств резиновой крошки (слеживаемость при хранении) впервые исследовано влияние вспученного Кулантауского вермикулита на свойства полимерно-битумных композиций дорожного назначения. В результате взаимодействия битума с материалом, имеющим высокую удельную поверхность и тонкопористую структуру, происходит изменение группового состава битума за счет избирательной диффузии масел и смол внутрь материала, что приводит к изменению свойств битумных слоев на поверхности частиц и формированию на поверхности зерен прочных битумных пленок. Использование Кулантауского вермикулита в составе полимерно-битумного вяжущего обеспечивает стабильную адгезию в широком диапазоне температур, увеличение удельной поверхности, которая приобретает дополнительную энергетическую емкость, что и приводит к повышению степени сцепления с битумом. Характерной особенностью ПВВ является повышенная прочность во всем интервале исследуемых температур при введении вспученного вермикулита. Выбор вспученного Кулантауского вермикулита также определяется доступностью и относительной дешевизной. Разработан и защищен патентом на полезную модель состав «Модифицированная резиновая крошка», позволяющий получить качественные полимерно-битумные вяжущие.

4. Исследованы структурные изменения, происходящие в процессе получения битумных вяжущих с модифицированной резиновой крошкой.

Модификация битума резиновой крошкой приводит к изменениям частоты валентных Н(ОН) в высокочастотной части: интенсивность увеличивается, а максимум смещается от 3344 см⁻¹ (спектр битума) к 3440 см⁻¹ (модифицированного битума). Это изменение связано с некоторой перестройкой в структуре водородных связей битума при введении в него резиновой крошкой. Характерная полоса поглощения карбонильной группы, которая в спектре модифицированного битума показывает на концентрирование свободных радикалов, которые являются одним из факторов, определяющих склонность асфальтенов к ассоциации межмолекулярному взаимодействию, способствующему образованию надмолекулярных структур.

5. Анализ факторов, влияющих на эксплуатационные свойства резинобитумного вяжущего показал, что при повышенных температурах в резиновой крошке преобладают деструктивные процессы, которые в зависимости от температуры и продолжительности смешивания с битумом, могут привести к полной деструкции резины.

6. Опытно-производственные работы, проведенные на ТОО «Нефтехимстрой-Юг» и ТОО «ЭКО-Шина» показали значительное преимущество асфальтобетонов на новом битумно-резиновом вяжущем с модифицированной резиновой крошкой отечественного производства при устройстве верхних слоев покрытий в сравнении с традиционными горячими асфальтобетонными смесями. Благодаря улучшению характеристик вяжущего, срок службы асфальтобетонных покрытий, приготовленных с применением полимерно-битумного вяжущего, модифицированного резиновой крошкой ТОО «Эко-Шина», в среднем в 2-3 раза выше, чем срок службы покрытий с использованием дорожных битумов, при тех же условиях эксплуатации, за счет более высокой трещиностойкости, водостойкости и прочности получаемого асфальтобетона.

7. Выбраны параметры и разработана технологическая схема получения резино-битумных вяжущих с использованием модифицированной резиновой крошки для создания дорожных покрытий требуемого качества, позволяющих снизить стоимость вяжущих и экологическую напряженность в регионе. Правильное определение температурного режима - оптимальная температурой приготовления РБВ - температура в интервале 150-170⁰С и время перемешивания 5-7 часов, позволяют сэкономить рабочее время и энергоресурсы, увеличить производительность установки и наилучшим способом реализовать потенциал модифицированной резиновой крошки, как высокоэффективного модификатора битума.

Оценка экономической эффективности производства полимерно-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой ТОО «ЭКО-Шина» показал, что производство является рентабельным и экономически выгодным. Экономический эффект производства резино-битумных вяжущих, модифицированных резиновой крошкой ТОО «ЭКО-Шина» составляет 7 991 491,2 тенге в год.