

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Объект авторского права

УДК 678.074.046.3.03 (046.3)

БОБРОВА
Валерия Владимировна

ЭЛАСТОМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ
С УГЛЕРОД-КРЕМНИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ
НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук**

по специальности

05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Минск 2023

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет».

Научный руководитель

Прокопчук Николай Романович,
доктор химических наук, профессор, член-корреспондент НАН Беларуси, профессор кафедры полимерных композиционных материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»

Официальные оппоненты:

Шаповалов Виктор Михайлович,
доктор технических наук, профессор, заведующий отделом 1 «Композиционные материалы и рециклинг полимеров» государственного научного учреждения «Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого Национальной академии наук Беларуси»;

Крень Александр Петрович,
доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией контактно-динамических методов исследования государственного научного учреждения «Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси»

Оппонирующая организация

Учреждение образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»

Защита состоится «30» октября 2023 г. в 12.00 ч на заседании совета по защите диссертаций Д 02.08.04 при учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» по адресу: 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, ауд. 240, корп. 4.

E-mail: uss@belstu.by, тел.: 8-(017)-379-65-62.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет».

Автореферат разослан «28» сентября 2023 г.

Ученый секретарь совета
по защите диссертаций



Е.П. Усс

ВВЕДЕНИЕ

В составе резиновых смесей в качестве наполнителя широко используется технический углерод, однако его получение требует сжигания углеводородного топлива в условиях пониженного содержания кислорода. Учитывая растущий интерес, направленный на применение возобновляемого сырья в промышленных процессах, появляется потребность в разработке альтернативных материалов, которые будут использоваться в качестве наполнителей или новых компонентов для эластомерных композиций. В настоящее время в различных частях мира проводятся обширные исследования, основной целью которых является разработка материалов, полученных из побочных продуктов переработки растительного сырья.

Широкое применение натуральных материалов в качестве наполнителей в полимерных композициях обусловлено, главным образом, многими преимуществами композитов, армированных данным видом сырья, такими как экологичность, снижение расхода материалов на нефтяной основе, общедоступность, низкая цена, увеличение срока службы изделия и производительности. Однако использование материалов на основе возобновляемых ресурсов практически невозможно без их предварительной обработки ввиду нестабильности размеров, низкой дисперсности и высокого содержания влаги. Одним из доступных способов устранения данных недостатков является физическая модификация растительных материалов путем механообработки на различных видах измельчительного оборудования. Данный способ будет способствовать улучшению не только межфазного взаимодействия между эластомерной матрицей и материалом на основе растительного сырья за счет изменения физико-химических характеристик его поверхности, но и пластоэластических, деформационно-прочностных и эксплуатационных характеристик эластомерных композиций.

В связи с вышеизложенным, актуальной задачей является разработка рецептур эластомерных композиций с применением механоактивированного наполнителя на основе растительного сырья на основании установления зависимостей изменения основных свойств резиновых смесей и резин от дозировки данного наполнителя, что позволит не только сохранить эксплуатационные свойства композиций, но и снизить себестоимость готовой продукции.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с научными программами (проектами), темами. Диссертационная работа выполнялась в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» на кафедре полимерных композиционных материалов в рамках гранта молодых ученых Министерства

образования Республики Беларусь «Разработка эластомерных материалов с использованием гибридного углерод-кремнистого наполнителя растительного происхождения» (ГР № 20230539, 2023 г.).

Работа также выполнялась в рамках международного проекта грантового финансирования по научным и (или) научно-техническим проектам на 2023–2025 гг. Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан «Разработка перспективной технологии получения резиноармированных изделий для машиностроительного комплекса» (AP19679452, 2023 г.).

Тематика диссертационной работы соответствует приоритетному направлению научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021–2025 гг., утвержденного Указом Президента Республики Беларусь от 07.05.2020 г. №156, № 4 «Машиностроение, машиностроительные технологии, приборостроение и инновационные материалы: композиционные и многофункциональные материалы».

Цель, задачи, объект и предмет исследования. *Цель исследования* – разработка рецептур и технологии получения эластомерных композиций различного назначения с требуемым комплексом эксплуатационных свойств, содержащих углерод-кремнистый наполнитель (УКН) на основе растительного сырья.

Для достижения поставленной цели определены следующие *задачи*:

– изучить влияние условий механоактивации углерод-кремнистого наполнителя на межфазные взаимодействия его поверхности с каучуками общего и специального назначения;

– определить особенности изменения диспергирования частиц наполнителя в объемах эластомерных матриц различного назначения при введении углерод-кремнистого наполнителя;

– установить влияние исследуемого наполнителя на пластозластические, вулканизационные и деформационно-прочностные характеристики модельных эластомерных композиций на основе каучуков общего и специального назначения;

– установить зависимости изменения технологических и эксплуатационных свойств промышленных композиций на основе каучуков различного назначения от дозировки наполнителя на основе растительного сырья;

– провести опытно-промышленные испытания эластомерных композиций с углерод-кремнистым наполнителем.

Объект исследования – эластомерные композиции на основе каучуков общего и специального назначения, содержащие в своем составе углерод-кремнистый наполнитель и технический углерод, предназначенные для изготовления резинотехнических изделий.

Предмет исследования – свойства и структура эластомерных компози-

ций на основе каучуков общего и специального назначения с углерод-кремнистым наполнителем на основе растительного сырья.

Выбор объекта обусловлен целью и задачами исследования.

Научная новизна. Впервые в Республике Беларусь в составе эластомерных композиций применен углерод-кремнистый наполнитель, полученный из отходов переработки риса, позволяющий улучшить технологические параметры переработки эластомерных смесей и технические свойства резин.

Установлено, что частичная замена промышленных марок технического углерода на углерод-кремнистый наполнитель на основе растительного сырья, а также их совместное применение, обеспечивает получение эластомерных композиций, соответствующих техническим требованиям на изготавливаемые из них изделия, и характеризующихся улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Положения, выносимые на защиту.

1. Зависимости изменения физико-химических характеристик (удельной внешней поверхности ($111 \pm 5,6$ м²/г), сорбционного объема ($0,061 \pm 0,003$ см³/г) и среднего размера агрегата ($12 \pm 0,6$ мкм)) углерод-кремнистого наполнителя на основе растительного сырья от продолжительности механоактивации, позволяющие обеспечить межфазное взаимодействие между поверхностью углерод-кремнистого наполнителя и каучуками общего и специального назначения (значение содержания связанного каучука для резиновых смесей с УКН на основе БНКС-18АМН составляет до 33,9%, на основе СКИ-3 – до 32,5%) на уровне с малоусиливающим техническим углеродом марки N772 (значение содержания связанного каучука для резиновых смесей с N772 на основе БНКС-18АМН составляет до 34,2%, на основе СКИ-3 – до 35,0%).

2. Особенности взаимодействия углерод-кремнистого наполнителя с компонентами резиновой смеси, приводящие к получению эластомерных композиций с повышенной стойкостью к подвулканизации (до 16,6% для композиций на основе БНКС-18АМН и до 61,5% – на основе СКИ-3) и придающие резинам улучшенные (до 25,0%) эластические свойства.

3. Закономерности изменения пластоэластических и вулканизационных характеристик эластомерных композиций на основе каучуков общего и специального назначения от дозировки углерод-кремнистого наполнителя, обеспечивающие получение резиновых смесей с улучшенными диспергированием наполнителей в объеме эластомерной матрицы (комплексный динамический модуль уменьшается на 6,1–45,0%), реологическими (вязкость по Муни уменьшается на 16,5–41,4%) и вулканизационными (стойкость к подвулканизации увеличивается на 5,0–35,3%) свойствами.

4. Рецептуры эластомерных композиций на основе каучуков общего и специального назначения с углерод-кремнистым наполнителем, позволяю-

щие получать резины с повышенными эластическими характеристиками (до 1,2 раза до теплового старения и до 1,3 раза после воздействия высоких температур и кислорода воздуха), амортизирующей способностью (до 25,0%), стойкостью к озонному старению (до 1,8 раза) и действию жидких агрессивных сред (до 1,2 раза).

Личный вклад соискателя ученой степени заключается в проработке литературы по теме диссертационной работы; доказательстве целесообразности применения углерод-кремнистого наполнителя в эластомерных композициях различного назначения; участии в постановке и определении задач исследования; разработке структуры и подбору методов исследования; проведении экспериментов; обработке результатов исследования; выполнении расчетов; формулировании теоретического обоснования полученных результатов; подготовке публикаций.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов. Основные результаты исследований представлены и обсуждены на LX, LXI отчетных научных конференциях преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2022 и 2023 гг. (Воронеж, 2022, 2023); XXVII научно-практической конференции «Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии» (Москва, 2022); 86-ой и 87-ой научно-технических конференциях профессорского-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (Минск, 2022, 2023); IV и V Международных научно-технических форумах по химическим технологиям и нефтегазопереработке «НЕФТЕХИМИЯ–2021» и «Нефтегазохимия–2022» (Минск, 2021, 2022).

Разработанные рецептуры эластомерных композиций на основе каучуков общего и специального назначения показали свою эффективность по результатам промышленной апробации на ОАО «БПА Белстройиндустрия» и ЗАО «Амкодор-Эластомер»: проведены опытно-промышленные испытания уплотнительных манжет и резинометаллических виброизоляторов.

Опубликованность результатов диссертации. По результатам выполненных исследований опубликовано 17 печатных работ, в том числе 8 статей в журналах, включенных в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований (5,4 авторских листа), 8 материалов конференций, подана 1 заявка на выдачу патента Республики Беларусь.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка использованных источников и приложений. Полный объем диссертации составил 177 страниц, из них 27 страниц занимают 18 иллюстраций и 50 таблиц; 22 страницы – список использованных источников, включающий 229 наименований и 17 публикаций соискателя, и приложения на 38 страницах.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Первая глава посвящена анализу современного состояния исследований в области применения материалов на основе натурального сырья (животного, растительного и минерального происхождения) в качестве новых наполнителей или компонентов для эластомерных композиций. Согласно современным исследованиям, использование данных материалов целесообразно за счет того, что они обладают низкой стоимостью, могут обеспечить решение экологических задач и разработку ресурсосберегающих технологий. Однако применение натуральных материалов ограничивается их физико-химическими особенностями, а именно, низкой дисперсностью, что приводит к плохому взаимодействию с эластомерной матрицей и, как следствие, ухудшению основных эксплуатационных свойств. В связи с необходимостью удовлетворения постоянно растущих промышленных, технологических и научных требований к резинам необходимо использовать активацию поверхности материалов на основе натурального сырья для улучшения основных технологических и эксплуатационных свойств эластомерных композиций.

Во второй главе приведено описание объектов и методов исследований. Объектом исследований выступали эластомерные композиции на основе каучуков общего и специального назначения, содержащие в своем составе УКН и технический углерод различных марок. Оценку влияния исследуемого наполнителя на свойства эластомерных композиций, исключая влияние промышленных наполнителей, осуществляли на модельных резиновых смесях на основе каучуков специального назначения БНКС-18АМН в соответствии с ТУ 38.30313–2006 и общего назначения СКИ-3 согласно ГОСТ 14925–79.

Используемый УКН производится в товариществе с ограниченной ответственностью «NeoCarbon» (г. Алматы, Республика Казахстан). Исходным сырьем для его изготовления является смесь рисовой шелухи и стебля, которая измельчается на роторно-ножевой мельнице с последующей карбонизацией в пиролизной печи, без доступа кислорода, при температуре 550–600 °С. Полученный дисперсный материал является

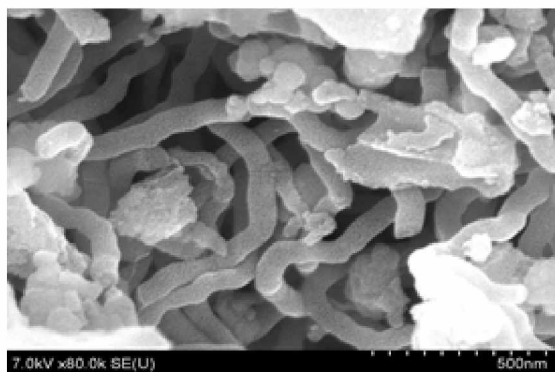


Рисунок 1 – Структура поверхности УКН

уникальным по своей природе из-за наличия в своем составе не только кремниевой, но и углеродной фракций. Структура УКН представляет собой сетку сплетенных волокон ввиду растительного происхождения с примесями неорганических соединений (рисунок 1). Рентгенофазовый анализ показал, что кремний в УКН присутствует в аморфном состоя-

нии. Для выявления текстурных параметров образца была снята изотерма адсорбции по азоту, которая свидетельствует об однородности пор данного материала и о том, что они заполняются в первом акте адсорбционного процесса. Определено, что УКН характеризуются низкой дисперсностью, что может относить его к малоусиливающему или инертному наполнителю.

Для установления возможности применения УКН в производстве, проводились исследования промышленных эластомерных композиций (таблица 1) на основе каучука БНКС-18АМН, а также комбинации каучуков СКИ-3 и СКД, применяемых при производстве формовых резинотехнических изделий. В эластомерных композициях проводилась как частичная, так и полная замена основного наполнителя на УКН, а также их совместное применение. При частичной замене технического углерода общая дозировка наполнителей не изменялась. Эластомерные композиции, содержащие только технический углерод, обозначены как исходный.

Таблица 1 – Соотношение наполнителей в эластомерных композициях на основе БНКС-18АМН и СКИ-3+СКД

Эластомерная композиция на основе каучуков различного назначения			
БНКС-18АМН		СКИ-3+СКД	
Частичная замена технического углерода марки N550 на УКН	Совместное использование технического углерода марки N550 и УКН	Частичная замена технического углерода марки N772 на УКН	Совместное использование технического углерода марки N772 и УКН
Соотношение N550 / УКН, мас. ч. на 100 мас. ч. каучука		Соотношение N220 / N772 / УКН, мас. ч. на 100 мас. ч. каучука	
90 / – (исходный)		40 / 40 / – (исходный)	
80 / 10	90 / +5	40 / 30 / 10	40 / 40 / +5
70 / 20	90 / +10	40 / 20 / 20	40 / 40 / +10
60 / 30	90 / +15	40 / 10 / 30	40 / 40 / +15
50 / 40	90 / +20	40 / – / 40	40 / 40 / +20

Примечание – + – дополнительное увеличение количества наполнителя за счет УКН

С целью уменьшения размера агрегатов УКН и активации его поверхности проводилась механообработка УКН путем его измельчения на лабораторной вибрационной и планетарной шаровой (PM100) мельницах.

Физико-химические характеристики УКН (средний размер частиц, удельная внешняя поверхность, сорбционный объем, химический состав, морфология), технологические (вязкость по Муни, стойкость к преждевременной вулканизации), физико-механические (условная прочность при растяжении, относительное удлинение при разрыве, твердость по Шору А, сопротивление раздиру) и эксплуатационные (относительная остаточная деформация при сжатии, стойкость к воздействию повышенных температур и кислорода воздуха, озона и жидких агрессивных сред) свойства эластомерных композиций определяли по принятым в резиновой промышленности стандартизированным методам.

Экспериментально полученные результаты статистически обрабатывали с привлечением программного обеспечения. Установлено, что относительная ошибка полученных результатов при исследовании пластоэластических и вулканизационных характеристик эластомерных композиций не превышала 2,8%, в остальных испытаниях – 4,3% при доверительной вероятности 0,95.

В третьей главе представлены результаты исследования физико-химических показателей поверхности УКН после механоактивации, влияния механообработанного УКН на содержание связанного каучука и свойства модельных эластомерных композиций на основе каучуков различного назначения.

Выявлено, что механоактивация УКН на вибрационной и планетарной мельницах (таблица 2) в течение 3 мин приводит к уменьшению среднего размера агрегатов в 2,0 и в 2,2 раза соответственно. В соответствии с этим увеличивается удельная внешняя поверхность, особенно при механоактивации на

Таблица 2 – Физико-химические характеристики УКН после механоактивации

Тип наполнителя	Средний размер агрегатов, мкм	Удельная внешняя поверхность, м ² /г	Сорбционный объем, см ³ /г
УКН без механоактивации	26	36	0,020
Механоактивация на вибрационной мельнице			
УКН _{1В}	26	41	0,023
УКН _{2В}	15	57	0,031
УКН _{3В}	13	74	0,040
УКН _{4В}	19	43	0,022
УКН _{5В}	25	39	0,021
Механоактивация на планетарной мельнице			
УКН _{1П}	25	61	0,036
УКН _{2П}	15	85	0,046
УКН _{3П}	12	111	0,061
УКН _{4П}	17	81	0,050
УКН _{5П}	24	52	0,026

Примечания

1 УКН_{хВ} – углерод-кремнистый наполнитель, механоактивированный на вибрационной мельнице в течение определенного времени (1В–5В);

2 УКН_{хП} – углерод-кремнистый наполнитель, механоактивированный на планетарной мельнице в течение определенного времени (1П–5П).

на основе каучуков общего и специального назначения, содержащие УКН, механоактивированные в течение 1 мин с применением измельчительного оборудования, полностью растворились в используемом растворителе, что может свидетельствовать об отсутствии прочных связей между наполнителем и каучуком на границе раздела двух фаз. Увеличение времени воздействия ударных

планетарной мельнице – в 3,1 раза. Аналогичный характер изменения выявлен и для сорбционного объема наполнителя. Дальнейшее увеличение времени обработки УКН приводит к ухудшению физико-химических характеристик УКН, ввиду повышенной температуры, развивающейся при вращении помольного стакана, что приводит к агломерации частиц наполнителя.

Результаты определения связанного каучука в исследуемых эластомерных композициях при использовании УКН с различным временем механоактивации поверхности (таблица 3) показали, что композиции

и истирающих сил на УКН до 3 мин способствует повышению межфазного взаимодействия исследуемого наполнителя с каучуком и приводит к повышению значений связанного каучука в композициях на основе БНКС-18АМН с УКН, обработанным на вибрационной мельнице до 29,5% и на планетарной –

Таблица 3 – Содержание связанного каучука в исследуемых эластомерных композициях

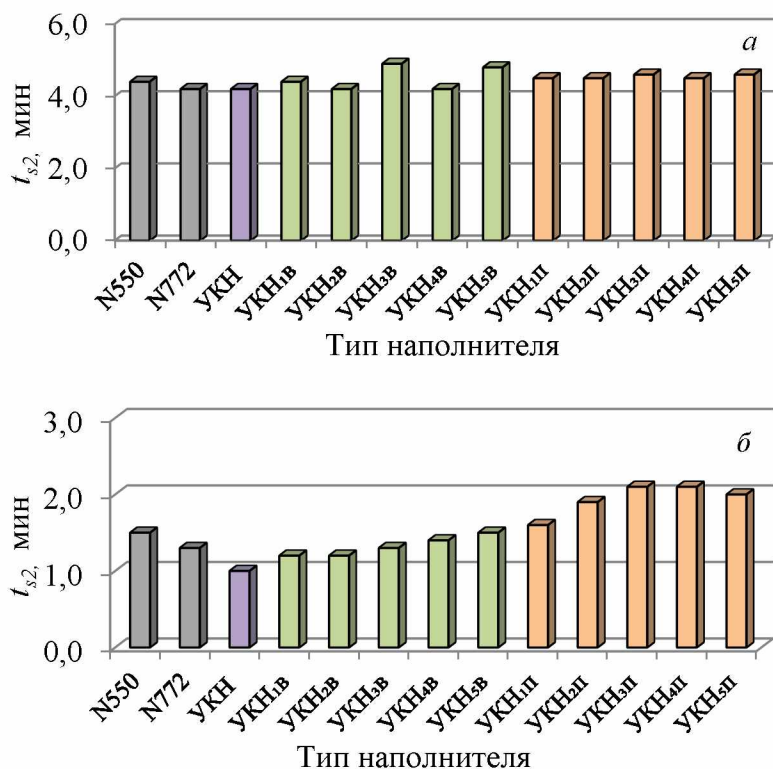
Тип наполнителя	Содержание связанного каучука, %	
	БНКС-18АМН	СКИ-3
N550	48,1	52,4
N772	34,2	35,0
УКН без механоактивации	0,0	0,0
УКН _{1В}	0,0	0,0
УКН _{2В}	18,0	12,5
УКН _{3В}	29,5	29,4
УКН _{4В}	17,4	29,1
УКН _{5В}	11,1	28,4
УКН _{1П}	0,0	0,0
УКН _{2П}	14,5	21,2
УКН _{3П}	33,9	32,5
УКН _{4П}	24,6	28,4
УКН _{5П}	16,8	20,1

до 33,9%. В случае эластомерных композиций на основе СКИ-3 выявлен аналогичный характер изменения данного показателя в зависимости от времени механообработки. Полученные данные согласуются с результатами исследований об изменении удельной внешней поверхности и сорбционного объема УКН в процессе механического воздействия.

Определено, что применение механоактивированных УКН в эластомерных композициях на основе каучуков различного назначения приводит к повышению вязкости по Муни резиновых смесей на 9,5–40,7% – для БНКС-18АМН и на 10,8–82,9% – для СКИ-3 по сравнению с композициями, наполненными техническим углеродом марки N772. Выявленный характер изменения вязкости резиновых смесей обусловлен уменьшением молекулярной подвижности макромолекул в поверхностном слое на границе раздела каучук-наполнитель за счет увеличения удельной поверхности наполнителя при уменьшении размера частиц и более сильным межфазным взаимодействием с полимером. В тоже время, вязкость по Муни резиновых смесей с механоактивированными УКН меньше на 18,5–50,6% по сравнению с композицией, содержащей технический углерод марки N550, что может быть обусловлено большим размером агрегатов исследуемого углерод-кремнистого наполнителя и лучшим его диспергированием в объеме неполярного каучука.

Результаты исследования кинетических параметров процесса вулканизации резиновых смесей показали, что применение в эластомерных композициях механоактивированного УКН способствует повышению до 16,6% стойкости резин к подвулканизации для БНКС-18АМН (рисунок 2, а) и до 61,5% – для СКИ-3 (рисунок 2, б), но приводит к замедлению процесса формирования вулканизационной сетки. Выявленный характер изменения свойств обусловлен как большой пористостью исследуемого наполнителя,

Результаты исследования кинетических параметров процесса вулканизации резиновых смесей показали, что применение в эластомерных композициях механоактивированного УКН способствует повышению до 16,6% стойкости резин к подвулканизации для БНКС-18АМН (рисунок 2, а) и до 61,5% – для СКИ-3 (рисунок 2, б), но приводит к замедлению процесса формирования вулканизационной сетки. Выявленный характер изменения свойств обусловлен как большой пористостью исследуемого наполнителя,



а – резиновые смеси на основе БНКС-18АМН;

б – резиновые смеси на основе СКИ-3

Рисунок 2 – Зависимость времени начала вулканизации (t_{s2}) эластомерных композиций от типа наполнителя

этим, применение исследуемого УКН возможно при частичной замене основного наполнителя, или использовании в изделиях, от которых не требуются высокие прочностные характеристики. В тоже время, для композиций на основе каучука СКИ-3 введение УКН, обработанного на планетарной мельнице, приводит к получению резин, характеризующихся удовлетворительными прочностными и улучшенными на 12,9–25,0% эластическими показателями резин по сравнению с композициями, содержащими технический углерод.

Определено, что применение механоактивированных на планетарной мельнице УКН в составе эластомерных композиций на основе каучука БНКС-18АМН способствует увеличению стойкости резин к действию повышенных температур и кислорода воздуха до 2,1 раз в сравнении с композицией, содержащей необработанный УКН. Выявлено, что вулканизаты с углерод-кремнистыми наполнителями, механоактивированными на планетарной мельнице в течение 2 и 3 мин имеют наименьшие изменения прочностных свойств резин после теплового старения. В тоже время, для композиций на основе каучука СКИ-3 введение механоактивированного на планетарной мельнице УКН приводит к получению вулканизатов, характеризующихся повышенной до 1,1 раза стойкостью к тепловому старению в сравнении с ком-

так и кислотностью его поверхности, что оказывает влияние на формирование пространственной структуры.

Установлено, что применение механоактивированных УКН в композициях на основе каучука БНКС-18АМН позволяет получать резины с большими прочностными и эластическими свойствами по сравнению с резинами с УКН без механоактивации. Однако значения деформационно-прочностных показателей вулканизатов с УКН меньше в 1,7–3,9 раза, чем у вулканизатов с техническим углеродом. В связи с

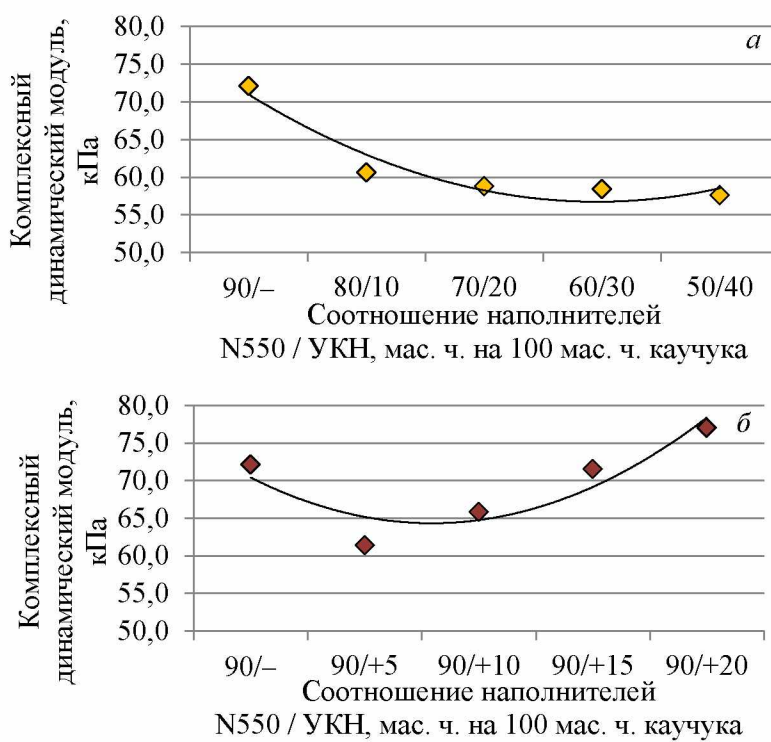
позициями, содержащими технический углерод марок N550 и N772, и немеханоактивированный УКН.

Таким образом, на основании исследования свойств модельных эластомерных композиций выявлено, что наиболее целесообразно в составе рецептур промышленных эластомерных композиций применение УКН механоактивированного на планетарной мельнице в течение 3 мин, поскольку в данном случае получаемый продукт характеризуется наилучшими физико-химическими характеристиками поверхности и оказывает наименьшее изменение реологических, вулканизационных и деформационно-прочностных свойств эластомерных композиций по сравнению с УКН, полученным при других временных параметрах.

В четвертой главе представлены результаты исследований промышленных эластомерных композиций на основе каучука БНКС-18АМН, а также комбинаций каучуков СКИ-3+СКД, предназначенных для изготовления формовых резинотехнических изделий, в которые вводили исследуемый УКН в различных дозировках.

Результаты определения комплексного динамического модуля эластомерных композиций на основе каучуков различного назначения показали, что в резиновых смесях на основе каучука БНКС-18АМН в случае частичной замены технического углерода марки N550 (рисунок 3, а) улучшается диспергирование наполнителей в эластомерной матрице (комплексный динамический модуль (G') уменьшается до 20,1%). В случае совместного применения N550 и УКН выявлено (рисунок 3, б), что только введение УКН в дозировках 5 и 10 мас.ч. способствует лучшему распределению наполнителя в резиновой смеси (G' уменьшается до 14,8%).

Для композиций на основе комбинации каучуков общего назначения СКИ-3+СКД как частичная



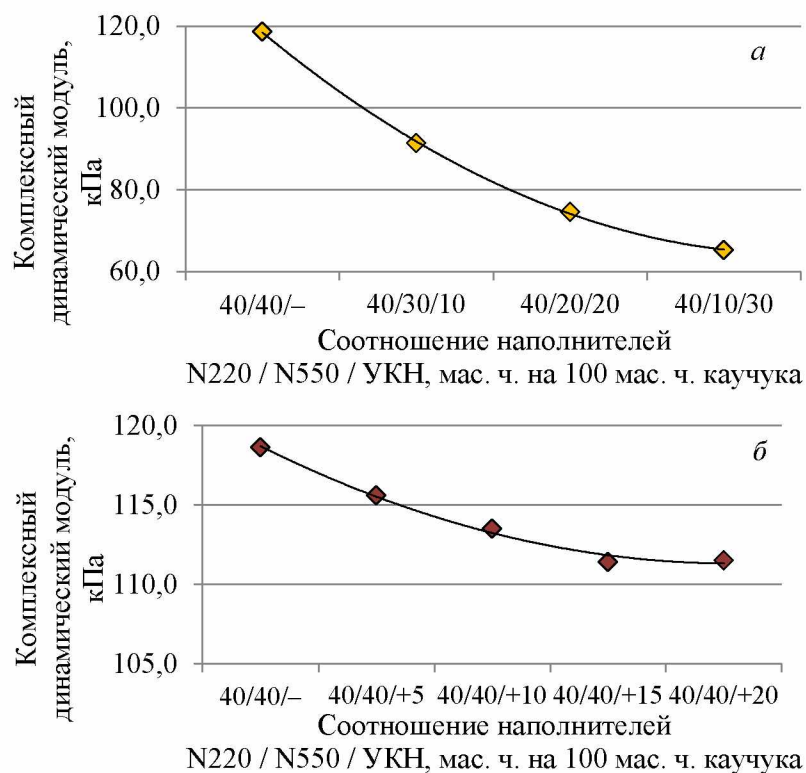
а – частичная замена N550 на УКН;

б – совместное применение N550 и УКН

Рисунок 3 – Зависимость комплексного динамического модуля резиновых смесей на основе БНКС-18АМН от соотношения наполнителей

замена, так и совместное применение технического углерода марки N772 с УКН (рисунок 4) способствует улучшению диспергирования наполнителя в каучуке (G' уменьшается при частичной замене до 45,0% и при совместном применении до 6,1%). В тоже время, наиболее существенные уменьшения комплексного динамического модуля (до 45,0%) выявлены при частичной замене малоусиливающего технического углерода марки N772. Различия в качественных показателях диспергирования наполнителей в эластомерных матрицах на основе каучуков общего и специального назначения, вероятно, обусловлены взаимодействием волокон наполнителя, как с макромолекулами каучука, так и с ингредиентами, входящими в состав резиновой смеси.

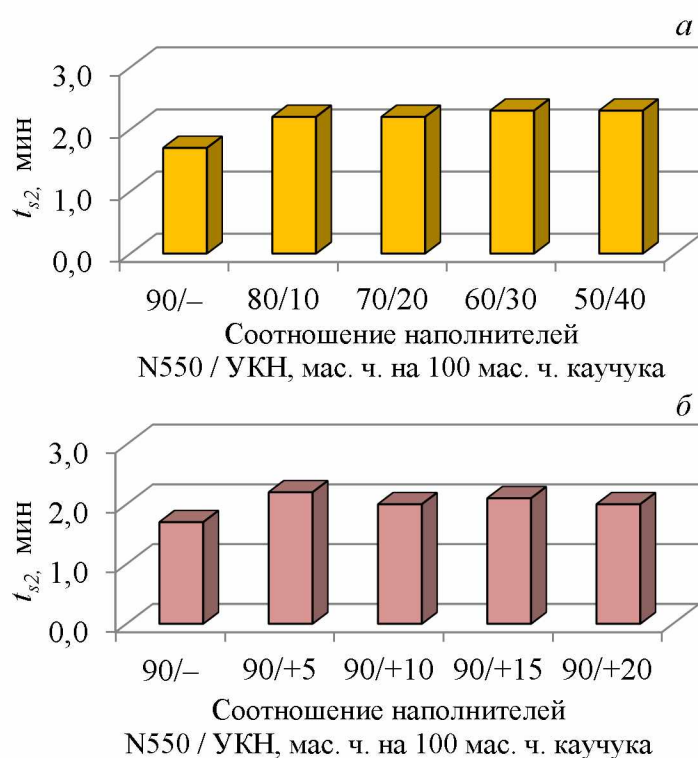
Выявлено, что применение УКН в эластомерных композициях на основе каучука БНКС-18АМН снижает вязкость по Муни резиновых смесей в случае частичной замены технического углерода во всех исследуемых дозировках на 10,0–19,7%, а при совместном применении только в дозировках 5 и 10 мас. ч. на 10,0–13,4%. Для композиций на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД уменьшение вязкости на 7,8–41,4% установлено только в случае частичной замены технического углерода марки N772. В тоже время, совместное применение технического углерода марки N772 и УКН приводит к незначительному увеличению (до 5,8%) указанного показателя. Уменьшение вязкости по Муни резиновых смесей обусловлено лучшим диспергированием наполнителей в объеме эластомерной матрицы, меньшим взаимодействием УКН с сеткой полуусиливающего наполнителя, при этом участки макромолекул каучука не удерживаются физическими взаимодействиями с наполнителем, что облегчает сдвиговые деформации. Снижение вязкости резиновых смесей, наполненных



a – частичная замена N772 на УКН;
б – совместное применение N772 и УКН

Рисунок 4 – Зависимость комплексного динамического модуля резиновых смесей на основе СКИ-3+СКД от соотношения наполнителей

УКН, приводит к снижению энергозатрат на переработку эластомерных композиций в сравнении со смесями с техническим углеродом.



а – частичная замена N550 на УКН;

б – совместное применение N550 и УКН

Рисунок 5 – Зависимость времени начала вулканизации резиновых смесей на основе БНКС-18АМН от соотношения наполнителей

N772 и УКН приводит к уменьшению до 15,2% показателя времени начала вулканизации.

Сравнительный анализ физико-механических характеристик исследуемых эластомерных композиций показал, что использование УКН в качестве замены полуусиливающего технического углерода марки N550 в резинах на основе каучука БНКС-18АМН в дозировке до 20 мас. ч. и при их совместном применении во всех исследуемых соотношениях позволяет получать вулканизаты с повышенными до 10,3% эластическими свойствами, удовлетворительным комплексом прочностных свойств и твердостью по Шору А, что соответствует техническим требованиям на резинотехнические изделия. В случае композиций на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД выявлена возможность полной замены технического углерода марки N772 на углерод-кремнистый наполнитель, а также их совместное применение в дозировках 40 / 40 / +5 и 40 / 40 / +10 мас. ч., поскольку в данном случае физико-механические характеристики исследуемых резин соответствуют требованиям на изделия, изготавливаемые из них.

Установлено, что резины на основе каучука специального назначения БНКС-18АМН и комбинации каучуков общего назначения СКИ-3+СКД, со-

Определено, что применение УКН в промышленных эластомерных композициях на основе каучука специального назначения при частичной замене и при совместном использовании с техническим углеродом марки N550 (рисунок 5) способствует повышению стойкости резиновых смесей к преждевременной вулканизации на 17,6–35,3%. В случае композиций на основе комбинации каучуков общего назначения применение УКН в качестве замены технического углерода марки N772 выявлено незначительное (до 5,3%) увеличение времени начала процесса вулканизации. В тоже время совместное применение технического углерода марки

N772 и УКН приводит к уменьшению до 15,2% показателя времени начала вулканизации.

держающие в составе углерод-кремнистый наполнитель в качестве замены технического углерода, характеризуются более высокими эластическими показателями до 1,3 раза для БНКС-18АМН и до 1,2 раза для СКИ-3+СКД после воздействия повышенных температур и кислорода воздуха, что обусловлено более редкой вулканизационной сеткой, что способствует увеличению длины сегментов макромолекул между узлами сетки, тем самым снижая напряжения на химических связях макромолекул.

Результаты исследования стойкости резин к озонному старению показали (рисунок 6), что частичная замена малоусиливающего технического углерода

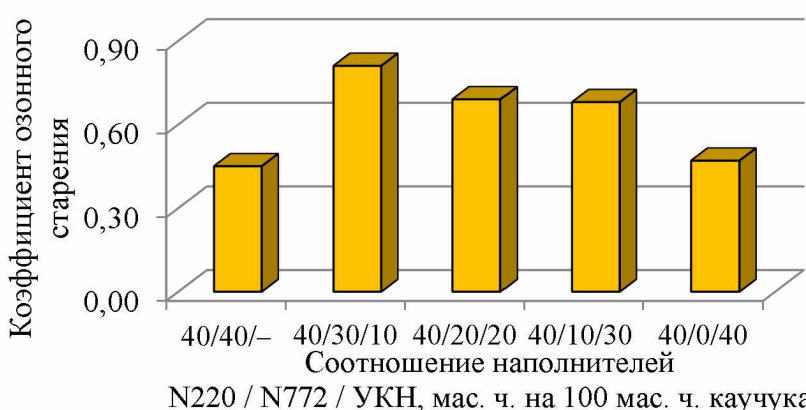
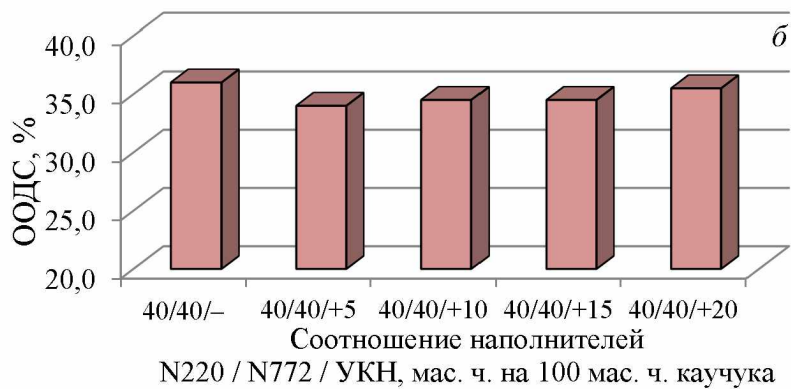
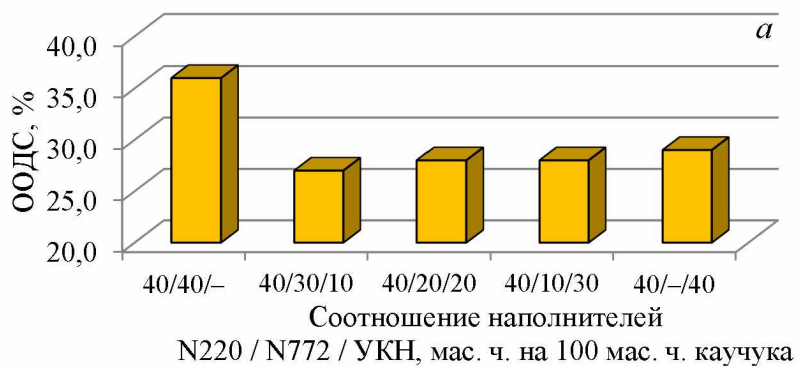


Рисунок 6 – Зависимость изменения коэффициента озонного старения эластомерных композиций на основе СКИ-3+СКД от соотношения наполнителей при частичной замене N772 на УКН

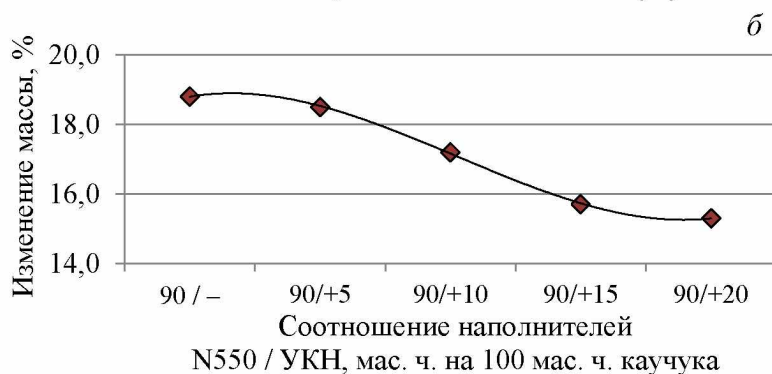
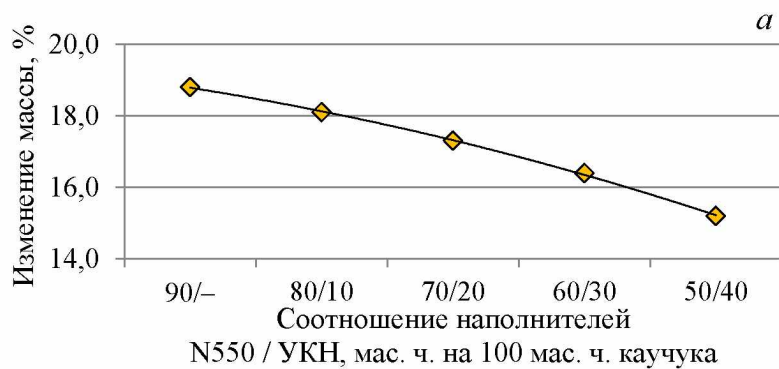
да марки N772 на УКН в композициях на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД приводит к повышению стойкости вулканизатов к действию озона до 1,8 раза. В тоже время, при совместном применении наполнителей данный показатель фактически не изменяется. Полученные результаты связаны с химической инертностью исследуемого

наполнителя по отношению к агрессивной среде. Кроме того, введение УКН в эластомерные композиции, вероятно, увеличивает скорость миграции антиозонантов и защитного воска, которые являются барьерами на пути озона к резине, за счет более редкой вулканизационной сетки.

Определено, что применение УКН, как в случае замены полуусиливающего технического углерода марки N550, так и при их совместном использовании, в эластомерных композициях на основе каучука специального назначения БНКС-18АМН практически не оказывает влияния (изменение составляет до 1,8%) на герметизирующую способность композиций для уплотнительных изделий. Введение УКН в эластомерные композиции на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД способствует улучшению амортизирующей способности на 19,4–25,0% исследуемых резин в случае частичной и полной замены малоусиливающего технического углерода марки N772 (рисунок 7, а) и до 5,5% – при их совместном применении (рисунок 7, б). Изменение значений показателя относительной остаточной деформации при сжатии (ООДС) резин на основе каучуков общего и специального назначения обусловлено различной природой поперечных связей, образующихся при вулканизации, и их плотностью сшива-



a – частичная замена N772 на УКН;
б – совместное применение N772 и УКН
 Рисунок 7 – Зависимость ООДС от соотношения наполнителей



a – частичная замена N550 на УКН;
б – совместное применение N550 и УКН
 Рисунок 8 – Зависимость изменения массы резин от соотношения наполнителей

ния в присутствии углерод-кремнистого наполнителя.

Результаты определения стойкости эластомерных композиций на основе каучука специального назначения БНКС-18АМН с углерод-кремнистым наполнителем к набуханию в агрессивной среде (рисунок 8) выявили, что применение УКН в исследуемых дозировках, как при частичной замене полуусиливающего технического углерода марки N550, так и при совместном применении данных наполнителей приводит к повышению стойкости вулканизатов к воздействию жидкой агрессивной среды до 1,2 раз. Выявленный характер изменения массы образца может быть связан с тем, что исследуемый наполнитель в меньшей степени вступает в химическое взаимодействие с агрессивной средой, тем самым удлиняя ее диффузионный путь.

Таким образом, на основании проведенных исследований выявлено, что применение углерод-кремнистого наполнителя, механоактивированного на планетарной мельнице в течение 3 мин, в промышленных эластомерных ком-

позициях при замене различных марок технического углерода и их совместном использовании приводит к получению эластомерных композиций с улучшенными технологическими параметрами переработки, удовлетворительными физико-механическими показателями и повышенной стойкостью к действию высоких температур, озона и жидких агрессивных сред.

В пятой главе приведены технические решения по реализации практического использования углерод-кремнистого наполнителя в составе рецептур эластомерных композиций. Опытно-промышленные испытания на ЗАО «Амкодор-Эластомер» (г. Фаниполь) образцов эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения, содержащих углерод-кремнистый наполнитель в дозировках 5, 10 и 15 мас.ч., показали, что резины характеризуются удовлетворительными деформационно-прочностными свойствами, а также твердостью по Шору А.

На ОАО «БПА Белстройиндустрия» (г. Минск) осуществлен выпуск опытно-промышленной партии резиновых уплотнительных манжет в количестве 1200 шт., изготовленных из резиновой смеси на основе БНКС-18АМН, содержащей 10 и 20 мас.ч. углерод-кремнистого наполнителя в качестве частичной замены технического углерода марки N550, характеризующихся улучшенными эластическими свойствами (до 2,2 раза) и герметизирующей способностью (до 16,5%), повышенной стойкостью к действию агрессивных сред (до 28,0%).

На ЗАО «Амкодор-Эластомер» также осуществлен выпуск опытно-промышленной партии резинометаллических виброизоляторов типа 80-6700160 с использованием УКН в качестве замены технического углерода марки N772, в количестве 1000 шт. Определено, что замена до 80% промышленного наполнителя на УКН при одноосном сжатии виброизоляторов снижает деформацию образца до 6,9%. На основании полученных результатов выполнен расчет ожидаемого экономического эффекта при частичной замене технического углерода на УКН, который определил снижение себестоимости резиновой смеси на условную тонну продукции на 190,00 руб., что соответствует 4,15%.

По результатам исследований разработаны лабораторные технологические регламенты механоактивации углерод-кремнистого наполнителя ЛТР РБ 022-2023 от 13.04.2023 г. и производства резиновых смесей ЛТР РБ 021-2023 от 13.04.2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Установлено, что механоактивация углерод-кремнистого наполнителя на основе растительного сырья на планетарной мельнице в течение 3 мин

позволяет обеспечить получение материала, обладающего улучшенными физико-химическими характеристиками (средним размером агрегатов, удельной внешней поверхностью, сорбционным объемом) по сравнению с УКН без механоактивации за счет повышения поверхностной активности, что позволило достигнуть значений параметра, характеризующего межфазные взаимодействия между поверхностью УКН и каучуками общего и специального назначения (значение содержания связанного каучука для резиновых смесей с УКН на основе БНКС-18АМН составляет до 33,9%, на основе СКИ-3 – до 32,5%), на уровне с малоусиливающим техническим углеродом марки N772 (значение содержания связанного каучука для резиновых смесей с N772 на основе БНКС-18АМН составляет до 34,2%, на основе СКИ-3 – до 35,0%) [1–А; 6–А; 9–А; 10–А; 11–А; 12–А].

2. Определено, что применение механоактивированного углерод-кремнистого наполнителя в модельных эластомерных композициях на основе каучуков общего и специального назначения способствует повышению стойкости резин к подвулканизации (до 16,6% для композиций на основе БНКС-18АМН и до 61,5% – для смесей на основе СКИ-3), что обусловлено как большой пористостью исследуемого наполнителя, так и кислотностью его поверхности, и оказывает влияние на формирование пространственной структуры, сохранению основных деформационно-прочностных показателей вулканизатов и увеличению (до 25,0%) эластических свойств резин на основе СКИ-3, содержащих УКН, механоактивированный на планетарной мельнице [2–А; 7–А; 13–А].

3. Выявлено, что использование механоактивированного наполнителя на основе растительного сырья в составе промышленных эластомерных композиций позволяет получать резиновые смеси с улучшенными технологическими параметрами переработки (комплексный динамический модуль для эластомерных композиций на основе БНКС-18АМН уменьшается на 17,9–20,1%, а для смесей на основе СКИ-3+СКД – на 22,9–45,0%, вязкость по Муни резиновых смесей на основе БНКС-18АМН уменьшается на 16,5–19,7%, а для композиций на основе СКИ-3+СКД – на 7,8–41,1%), приводящими к уменьшению способности наполнителя к образованию цепочечных структур, и вулканизационными характеристиками (стойкость к подвулканизации композиций на основе БНКС-18АМН увеличивается до 35,3%, а для смесей на основе СКИ-3 – до 5,0%) за счет процессов адсорбции и десорбции компонентов вулканизирующей системы на поверхности УКН [3–А; 4–А; 5–А; 8–А; 14–А; 15–А].

4. Показано, что введение механоактивированного углерод-кремнистого наполнителя в промышленные эластомерные композиции, предназначенные для изготовления формовых резинотехнических изделий, на основе БНКС-18АМН при частичной замене 10 и 20 мас. ч. технического

углерода марки N550 на УКН или при дополнительном применении механо-активированного наполнителя в дозировках до 20 мас. ч., а также в композиции на основе СКИ-3+СКД при полной замене технического углерода марки N772 или при увеличении содержания последнего до 10 мас. ч., позволяет получать резины с удовлетворительным комплексом физико-механических показателей на изделия, изготавливаемые из них, повышенными эластическими свойствами (для вулканизатов на основе БНКС-18АМН до 1,1 раза до теплового старения и до 1,3 раза после старения, а для резин на основе СКИ-3+СКД до 1,2 раза как до, так и после воздействия повышенных температур и кислорода воздуха), амортизирующей способностью (для резин на основе комбинации каучуков СКИ-3+СКД на 5,5–25,0%) и стойкостью к озонному старению (для вулканизатов на основе СКИ-3+СКД до 1,8 раза) и действию жидких агрессивных сред (у композиций на основе БНКС-18АМН до 1,2 раза) [3–А; 4–А; 5–А; 15–А; 16–А; 17–А].

Рекомендации по практическому использованию результатов

Разработанные рецептуры резиновых смесей для резинотехнических изделий, содержащих углерод-кремнистый наполнитель на основе растительного сырья взамен промышленных марок технического углерода, позволяет получать резины с улучшенными технологическими параметрами переработки, удовлетворительным комплексом физико-механических показателей и повышенной стойкостью к температуре, озону и действию жидких агрессивных сред [17–А]. Применение УКН позволит снизить себестоимость готовой продукции и энергоемкость процесса ее получения. Кроме того, использование исследуемого наполнителя решит важную научно-техническую проблему по созданию эластомерных композиций, содержащих ингредиенты из возобновляемого сырья.

Проведены опытно-промышленные испытания разработанных композиций, получено положительное заключение и выпущены опытно-промышленные партии уплотнительных манжет в объеме 1200 шт. на ОАО «БПА Белстройиндустрия» (г. Минск) и резинометаллических виброизоляторов типа 80-6700160 в объеме 1000 шт. на ЗАО «Амкодор-Эластомер» (г. Фаниполь), содержащих углерод-кремнистый наполнитель в различных дозировках. Полученные изделия отвечают требованиям качества на данный вид продукции и характеризуются повышенными эластическими свойствами, герметизирующей способностью и повышенной стойкостью к действию агрессивных сред. Предполагаемый экономический эффект от внедрения в производство виброизоляторов с углерод-кремнистым наполнителем составит 190,0 руб. на условную тонну продукции, что соответствует 4,15%.

Подана заявка на патент Республики Беларусь [17–А] на резиновую смесь для изготовления формовых резинотехнических изделий.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ

Статьи в журналах, входящих в перечень научных изданий Республики Беларусь для опубликования результатов диссертационных исследований

1–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В. Углерод-кремнистый наполнитель для эластомерных композиций // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2022. – № 1 (253). – С. 89–95. DOI: 10.52065/2520-2669-2022-253-1-89-95.

2–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В., Стоянов О.В. Влияние углерод-кремнистого наполнителя на свойства эластомерных композиций // Вестник технологического университета. – 2022. – Т. 25, № 6. – С. 86–90. DOI: 10.55421/1998-7072_2022_25_6_86.

3–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В. Свойства эластомерных композиций, наполненных углерод-кремнистым композитом // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2022. – № 2 (259). – С. 156–164. DOI:10.52065/2520-2669-2022-259-2-156-164.

4–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В. Применение углерод-кремнистого наполнителя в эластомерных композициях на основе комбинации каучуков // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2023. – № 1 (265). – С. 95–103. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-11.

5–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В. Биокomпонент для эластомерных композиций // Труды БГТУ. Сер. 2, Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2023. – № 1 (265). – С. 112–121. DOI: 10.52065/2520-2669-2023-265-1-13.

6–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В., Стоянов О.В. Влияние наполнителя на основе продуктов переработки риса на долю связанного полимера в эластомерных композициях // Вестник технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 3. – С. 50–52. DOI: 10.55421/1998-7072_2023_26_3_50.

7–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В., Стоянов О.В. Эластомерные композиции, наполненные продуктом переработки риса // Вестник технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 2. – С. 60–63. DOI: 10.55421/1998-7072_2023_26_2_60.

8–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В. Реологические свойства резиновых смесей с углерод-кремнистым наполнителем растительного происхождения // Полимерные материалы и технологии. – 2023. – Т. 9, № 1. – С. 23–27. DOI: 10.32864/polymmattech-2022-9-1-23-27.

9–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А. Механоактивация углерод-кремнистого композита на основе растительного сырья // Материалы LX отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2021 год: В 3 ч. Ч. 1. / под ред. О.С. Корнеевой. – Воронеж: ВГУИТ, 2022. – С. 152.

10–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Касперович А.В., Фарафонов В.Н., Ефремов С.А., Антипов А.Ф. Инновационный наполнитель эластомеров на основе растительного сырья // НЕФТЕХИМИЯ–2021: материалы IV международного научно-технического форума по химическим технологиям и по нефтегазопереработке / г. Минск, (22–23 ноября 2021 г.). – Минск: БГТУ, 2021. – С. 113–116.

11–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Касперович А.В., Фарафонов В.Н., Ефремов С.А., Антипов А.Ф. Структура и химический состав углерод-кремнистого композита на основе растительного сырья // Технология органических веществ: материалы 86-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) / г. Минск, (31 января – 12 февраля 2022 г.). – Минск: БГТУ, 2022. – С. 99–101.

12–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В.. Минеральный наполнитель для эластомерных композиций // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии: материалы XXVII научно-практической конференции / г. Москва, (23–27 мая 2022 г.). – М.: НИИШП, 2022. – С. 55–58.

13–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Касперович А.В., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В. Пластоэластические свойства резин, наполненных углерод-кремнистым наполнителем // Нефтегазохимия-2022: материалы V Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке / г. Минск, (2–4 ноября 2022 г.). – Минск: БГТУ, 2022. – С. 155–157.

14–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Касперович А.В., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В. Особенности распределения углерод-кремнистого композита в резиновых смесях // Нефтегазохимия-2022: материалы V Международного научно-технического форума по химическим технологиям и нефтегазопереработке / г. Минск, (2–4 ноября 2022 г.). – Минск: БГТУ, 2022. – С. 151–153.

15–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р., Ефремов С.А., Нечипуренко С.В. Использование отходов производства риса при изготовлении резинометаллических виброизоляторов // Технология органических веществ: материалы 87-ой научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) /

г. Минск, (31 января – 17 февраля 2023 г.). – Минск: БГТУ, 2023. – С. 138–141.

16–А. Боброва В.В., Прокопчук Н.Р. Углерод-кремнистый наполнитель для резинотехнических изделий // Материалы LXI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2022 год. В 3 ч. Ч. 1 / под ред. О.С. Корнеевой. – Воронеж: ВГУИТ, 2023. – С. 116.

Заявка на патент Республики Беларусь

17–А. Резиновая смесь для изготовления формовых резинотехнических изделий: заявка № а20230170 / В.В. Боброва, Н.Р. Прокопчук, С.С. Масейков. – Заявл. 21.07.2023.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized initial 'У' followed by a long horizontal stroke.

РЭЗІЮМЭ

Баброва Валерыя Уладзіміраўна

ЭЛАСТАМЕРНЫЯ КАМПАЗИЦЫІ З ВУГЛЯРОД-КРАМЯНІСТЫМ НАПАЎНЯЛЬНІКАМ НА АСНОВЕ РАСЛІННАЙ СЫРАВІНЫ

Ключавыя словы: вуглярод-крамяністы нападўняльнік, механаактывацыя, рэцэптура, устойлівасць да ўздзеяння агрэсіўных асяроддзяў, адносная рэшткавая дэфармацыя пры сціску

Мэта работы – распрацоўка рэцэптур і тэхналогіі атрымання эластамерных кампазіцый рознага прызначэння з патрабуемым комплексам эксплуатацыйных уласцівасцей, якія змяшчаюць вуглярод-крамяністы нападўняльнік на аснове расліннай сыравіны.

Метады даследавання: фізіка-хімічныя (ІЧ-спектраскапія з Фур'е пераўтварэннем, вызначэнне ўдзельнай знешняй паверхні шматкропковым выпрабаваннем адсорбцыі азоту, лазерная дыфракцыя, рэнтгенафазавы аналіз, ратацыйная вісказіметрыя, вібрацыйная реаметрыя; вызначэнне комплекснага дынамічнага модуля), стандартызаваныя метады (ДАСТ, ASTM) фізіка-механічных і эксплуатацыйных уласцівасцей эластамерных кампазіцый.

Атрыманыя вынікі і іх навізна. Распрацаваны рэцэптуры і тэхналогія атрымання эластамерных кампазіцый на аснове каўчукаў агульнага і спецыяльнага прызначэння з патрабуемым комплексам эксплуатацыйных уласцівасцей, якія змяшчаюць вуглярод-крамяністы нападўняльнік на аснове расліннай сыравіны.

Ужыванне прапанаванага вуглярод-крамяністага нападўняльніка забяспечвае выраб эластамерных кампазіцый на аснове каўчукаў рознага прызначэння, якія характарызуюцца палепшанымі тэхналагічнымі параметрамі перапрацоўкі, здавальняючым комплексам фізіка-механічных уласцівасцей і павышанай устойлівасцю да ўздзеяння тэмператур, азону і вадкіх агрэсіўных асяроддзяў.

Рэкамендацыі па выкарыстанні. Распрацаваныя рэцэптуры гумавых сумесей для гуматэхнічных вырабаў, якія змяшчаюць замест прамысловых марак тэхнічнага вугляроду вуглярод-крамяністы нападўняльнік, атрыманы з расліннай сыравіны, дазваляе атрымліваць гумы з палепшанымі тэхналагічнымі параметрамі перапрацоўкі, здавальняючым комплексам фізіка-механічных паказчыкаў і павышанай устойлівасцю да ўздзеяння агрэсіўных асяроддзяў.

Галіна выкарыстання: гумава-прамысловасць.

РЕЗЮМЕ

Боброва Валерия Владимировна

ЭЛАСТОМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ С УГЛЕРОД-КРЕМНИСТЫМ НАПОЛНИТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Ключевые слова: углерод-кремнистый наполнитель, механоактивация, рецептура, стойкость к воздействию агрессивных сред, относительная остаточная деформация при сжатии

Цель работы – разработка рецептур и технологии получения эластомерных композиций различного назначения с требуемым комплексом эксплуатационных свойств, содержащих углерод-кремнистый наполнитель на основе растительного сырья.

Методы исследования: физико-химические (ИК-спектроскопия с Фурье преобразованием, определение удельной внешней поверхности многоточечным испытанием адсорбции азота, лазерная дифракция, рентгенофазовый анализ, ротационная вискозиметрия, вибрационная реометрия; определение комплексного динамического модуля), стандартизированные методы (ГОСТ, ASTM) технологических, физико-механических и эксплуатационных свойств эластомерных композиций.

Полученные результаты и их новизна. Разработаны рецептуры и технология получения эластомерных композиций на основе каучуков общего и специального назначения с требуемым комплексом эксплуатационных свойств, содержащих углерод-кремнистый наполнитель на основе растительного сырья.

Применение предложенного углерод-кремнистого наполнителя обеспечивает изготовление эластомерных композиций на основе каучуков различного назначения, характеризующихся улучшенными технологическими параметрами переработки, удовлетворительным комплексом физико-механических свойств и повышенной стойкостью к воздействию температур, озона и жидких агрессивных сред.

Рекомендации по использованию. Разработанные рецептуры резиновых смесей для резинотехнических изделий, содержащих взамен промышленных марок технического углерода углерод-кремнистый наполнитель, полученный из растительного сырья, позволяет получать резины с улучшенными технологическими параметрами переработки, удовлетворительным комплексом физико-механических показателей и повышенной стойкостью к воздействию агрессивных сред.

Область применения: резиновая промышленность.

SUMMARY

Valeryia V. Bobrova

ELASTOMERIC COMPOSITIONS WITH CARBON-SILICEOUS FILLER PLANT-BASED

Keywords: carbon-siliceous filler, mechanical activation, formulation, resistance to aggressive media, compression set

The aim of the research is to develop formulations and technology for producing elastomeric compositions of various application with the required set of performance properties and containing carbon-siliceous filler plant-based.

Research methods: physico-chemical methods (IR spectroscopy with Fourier transform, determination of specific external surface by multipoint nitrogen adsorption test, laser diffraction, X-ray phase analysis, rotational viscometry, vibration rheometry; determination of complex dynamic modulus), uniform test procedures (GOST, ASTM) for technological, physico-mechanical and performance properties of elastomeric compositions.

The results obtained and their novelty. Formulations and technology for obtaining elastomeric compositions based on general and special purpose rubbers with the required set of performance properties and containing carbon-siliceous filler plant-based have been developed.

The proposed carbon-siliceous filler is used to the manufacture elastomeric compositions based on rubbers of various purpose. The elastomeric compositions are improved processing parameters, adequate physical and mechanical properties and increased resistance to temperatures, ozone and liquid aggressive media.

Recommendations for use. The developed formulations of elastomer mixtures for rubber products contain carbon-siliceous filler plant-based instead of industrial grades of technical carbon. This makes it possible to producer rubbers with improved processing parameters, adequate physical and mechanical properties and increased resistance to aggressive media.

Application area: rubber industry.

Научное издание

Боброва Валерия Владимировна

**ЭЛАСТОМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИИ С УГЛЕРОД-КРЕМНИСТЫМ
НАПОЛНИТЕЛЕМ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ**

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Ответственный за выпуск В. В. Боброва

Подписано в печать 27.09.2023. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.
Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд. л. 1,0.
Тираж 60 экз. Заказ 243.

Издатель и полиграфическое исполнение:
УО «Белорусский государственный технологический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/227 от 20.03.2014.
Ул. Свердлова, 13а, 220006, г. Минск.