

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 678.049.1

**ПЕРФИЛЬЕВА**  
**Светлана Александровна**

**УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ШИННЫХ КОМПОЗИЦИЙ  
НЕФТЕПОЛИМЕРНЫМИ СМОЛАМИ**

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

по специальности 05.17.06 – технология и переработка полимеров  
и композитов

Минск 2022

Научная работа выполнена в учреждении образования «Белорусский государственный технологический университет» и открытом акционерном обществе «Белшина».

Научный руководитель	<b>Шашок Жанна Станиславовна</b> , доктор технических наук, доцент, профессор кафедры полимерных композиционных материалов учреждения образования «Белорусский государственный технологический университет»
Официальные оппоненты:	<b>Струк Василий Александрович</b> , доктор технических наук, профессор, профессор кафедры материаловедения и ресурсосберегающих технологий учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы»; <b>Крень Александр Петрович</b> , доктор технических наук, доцент, заведующий лабораторией контактно-динамических методов исследования государственного научного учреждения «Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси»
Оппонирующая организация	Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем имени В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси»

Защита состоится «27» мая 2022 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, зал заседаний ученого совета, ауд. 240, корп. 4, тел.: 8-(017)-374-80-46, факс 8-(017)-327-62-17, e-mail: spak\_s@belstu.by.

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

Автореферат разослан «25» апреля 2022 г.

Ученый секретарь  
совета по защите диссертаций  
кандидат технических наук, доцент



Шпак С.И.

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из важных направлений научно-технического развития производства шин и резинотехнической промышленности является создание и внедрение новых технологий, веществ и материалов, обеспечивающих ресурсосбережение и отвечающих требованиям экологии. В настоящее время значительное внимание уделяется разработке экологически безопасных технологий, исключающих выделение вредных веществ в атмосферу, утилизации имеющихся техногенных отходов, рациональному использованию невозобновляемых природных ресурсов, возможности переработки материалов после истечения их эксплуатационного периода. Следовательно, перспективным направлением является получение новых ингредиентов, синтезированных с использованием отходов существующих производств.

Особенностью технологического процесса изготовления многослойных шин является требование повышенной конфекционной клейкости полуфабрикатов для обеспечения прочного и надежного соединения всех деталей. Монолитность невулканизированной покрышки влияет не только на уровень бездефектности, но и на эксплуатационные характеристики и общую работоспособность автомобильных шин.

Нефтеполимерные смолы находят широкое применение в качестве заменителей продуктов природного и синтетического происхождения для повышения конфекционной клейкости резиновых смесей: канифоли, инден-кумароновых, алкилфенолформальдегидных смол и прочих. Основной сырьевой базой для синтеза смол являются отходы и побочные продукты нефтехимических производств, прежде всего жидкие продукты пиролиза углеводородов.

Повысители клейкости до настоящего времени являются импортными продуктами ввиду отсутствия их производства в Республике Беларусь. Актуальной задачей является разработка рецептур эластомерных композиций с применением нефтеполимерных смол отечественного производства. Установление зависимостей изменения свойств резин от природы и дозировки смол позволит не только повысить технологичность резиновых смесей, но также качество и конкурентоспособность выпускаемой продукции, уменьшить негативное влияние на окружающую среду вследствие целевого использования отходов нефтехимических производств.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Связь работы с научными программами (проектами), темами.** Диссертационная работа выполнялась в центральной заводской лаборатории инженерно-технического центра ОАО «Белшина» и учреждении образования «Белорусский

государственный технологический университет» на кафедре полимерных композиционных материалов и соответствует «Перечню приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2016–2020 годы», утвержденному Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 12 марта 2015 г. № 190: раздел 8 «Многофункциональные материалы и технологии».

Исследования проводили в рамках государственной программы научных исследований «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии», подпрограмма «Полимерные материалы и технологии» задание 6.60 «Разработка эластомерных материалов с модифицирующими добавками на основе нефтехимического сырья для получения резинотехнических изделий с улучшенным комплексом свойств» (ГР № 20192218), а также научно-исследовательской хозяйственной работы ХД № 19-584 (5369-09-19) «Разработка технологии изготовления эластомерных композиций для протектора и брекера легковых шин с повышенными эксплуатационными характеристиками» (ГР № 20192945).

**Цель и задачи исследования.** Цель исследования – разработать рецептуры шинных эластомерных композиций с улучшенным комплексом технологических и технических свойств, содержащих отечественные нефтеполимерные смолы, полученные на основе побочных продуктов пиролизного производства нефтехимического сырья.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- установить влияние природы и дозировки нефтеполимерных смол на пластозластические, вулканизационные, конфекционные и физико-механические свойства ненаполненных эластомерных композиций;
- определить влияние нефтеполимерных смол на технологические свойства шинных резиновых смесей, их конфекционную клейкость и вулканизационные характеристики;
- установить зависимости изменения эксплуатационных показателей шинных резин от физико-химических характеристик нефтеполимерных смол;
- провести опытно-промышленные испытания эластомерных композиций с различными пластификаторами.

*Объект исследования* – эластомерные композиции на основе каучуков общего назначения с нефтеполимерными смолами.

*Предмет исследования* – свойства и структура эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения, содержащие нефтеполимерные смолы.

**Научная новизна.** Установлены типы нефтеполимерных смол с определенными физико-химическими характеристиками, полученные на основе побочных продуктов пиролизного производства нефтехимического сырья, позволяющие повысить конфекционную клейкость резиновых смесей и ее стабильность при хранении полуфабрикатов.

Предположен механизм образования адгезионного слоя на поверхности резиновых смесей с нефтеполимерными смолами, способствующими формированию межфазных связей, образующихся на границе контакта поверхностей, на основании системных исследований влияния дозировки и физико-химических характеристик нефтеполимерных смол на пластоэластические свойства резиновых смесей и их клейкость.

**Положения, выносимые на защиту:**

– особенности взаимодействия нефтеполимерных смол с эластомерной матрицей ненаполненных резиновых смесей, оказывающие влияние на технологические параметры переработки (увеличение до 7,7% стойкости к подвулканизации) и конфекционные свойства эластомерных композиций (увеличение клейкости до 9,1%);

– зависимости между дозировкой, физико-химическими характеристиками нефтеполимерных смол и свойствами шинных эластомерных композиций, позволяющие получать резиновые смеси с улучшенными вулканизационными (время достижения оптимальной степени вулканизации сокращается до 12,4%) и конфекционными (клейкость увеличивается на 3,5–58,8%) характеристиками;

– характер изменения деформационно-прочностных свойств наполненных резин от физико-химических характеристик нефтеполимерных смол, способствующих получению вулканизатов с повышенной стойкостью к термическому старению (до 2,3 раз) и сопротивлению разрастанию трещин при многократном изгибе (в 6,8 раз);

– рецептуры шинных эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения с нефтеполимерными смолами, обеспечивающие получение резиновых смесей с повышенной на 6,3–13,3% конфекционной клейкостью, уменьшенными показателями упругогистерезисных свойств (тангенс угла механических потерь снижается на 6,3%) и увеличенной до 12,0% усталостной выносливостью резин при многократном растяжении.

**Личный вклад соискателя** заключается в систематизации и анализе научной литературы по теме диссертации, формулировке цели и задач исследования, планировании и проведении экспериментов. Совместно с сотрудниками кафедры нефтегазопереработки и нефтехимии получены образцы нефтеполимерных смол, различающиеся структурно-групповым составом. Соискатель участвовала в интерпретации и обсуждении результатов исследования, в анализе и обработке полученных экспериментальных данных, формулировке теоретических выводов, подготовке публикаций, разработке рецептур шинных композиций и практических рекомендаций по применению нефтеполимерных смол в составе резиновых смесей.

**Апробация результатов диссертации.** Основные результаты исследований представлены и обсуждены на: LV–LVIII-ой отчетных научных конферен-

циях преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2016–2019 годы (Воронеж, 2017–2020); 81–84-ой научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием) «Технология органических веществ» (Минск, 2017–2020); XXII–XXV-ой научно-практических конференциях «Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии» (Москва, 2017–2020); Всероссийской научной конференции (с международным участием) преподавателей и студентов вузов «Актуальные проблемы науки о полимерах» (Казань, 2020).

**Опубликованность результатов диссертации.** По результатам выполненных исследований опубликовано 22 печатные работы, в том числе 5 статей в научных журналах, включенных в перечень научных изданий, рекомендованных ВАК, 13 материалов конференций, 3 тезиса докладов, подана заявка на получение патента Республики Беларусь. По теме диссертации опубликовано 3,3 авторских листа.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Полный объем диссертации 189 с., из них 30 с. занимают 11 иллюстраций и 37 таблиц; 20 с. – список использованных источников, включающий 192 наименования и 22 публикации соискателя, и приложения на 39 с.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Первая глава** посвящена анализу состояния исследований в области использования нефтеполимерных смол (НПС) в качестве повысителей клейкости резиновых смесей. Нефтеполимерные смолы обладают уникальными физико-химическими свойствами и находят все более широкое применение в качестве заменителей таких продуктов природного происхождения, как канифоль и ее производных, а также для сокращения расхода дефицитных инден-стирольных, фенолформальдегидных и других смол. Это связано с широкой, доступной сырьевой базой и низкими затратами на их производство, что обуславливает невысокую стоимость НПС, а также с возможностью влияния нефтеполимерных смол на технологические и технические свойства эластомерных композиций. Сырьем для получения НПС являются в основном продукты пиролиза углеводородов. Таким образом, актуальной задачей является разработка рецептур эластомерных композиций с применением НПС, что позволит повысить качество, снизить стоимость и, тем самым, повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции.

На основании анализа литературных данных сформулированы цель, задачи и основные направления исследований по теме диссертационной работы.

**Во второй главе** дано обоснование выбора и описание объектов и методов исследований. В качестве объектов исследований использовали ненаполненные и

наполненные эластомерные композиции на основе каучуков общего назначения. Ненаполненные композиции получали на основе синтетического цис-изопренового каучука СКИ-3; изготовление производили в соответствии с ГОСТ 14925-79. Рецептуры смесей содержали 1,0, 1,5 и 2,0 мас. ч. исследуемых нефтеполимерных смол НПС-1–НПС-8 на 100,0 мас. ч. каучука. Наполненные шинные эластомерные композиции изготавливали на основе СКИ-3, а также комбинации каучуков общего назначения (СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15 ТДАЕ и НК + СКИ-3), применяемые для изготовления камерной и обкладочных резиновых смесей. В эластомерные композиции нефтеполимерные смолы вводились взамен стирол-инденной смолы в равнозначной дозировке.

Нефтеполимерные смолы были получены методом термической радикальной полимеризации в рамках совместных работ с кафедрой нефтегазопереработки и нефтехимии УО «Белорусский государственный технологический университет». Исходным сырьем являлась тяжелая пиролизная смола с температурой кипения выше 200°C завода «Полимир» ОАО «Нафтан». В состав смолы входили в основном моноциклические и бициклические ароматические углеводороды. Ввиду варьирования условий синтеза (в части начального и рабочего избыточного давления, атмосферы, наличия катализатора) и температуры перегонки для выделения целевой фракции из реакционной смеси смолы различались температурой размягчения, йодным числом и структурно-групповым составом (таблица 1).

Таблица 1 – Характеристика исследуемых нефтеполимерных смол

Наименование смолы	Температура размягчения, °С	Йодное число, г I <sub>2</sub> /100 г	Условное содержание ароматических структур D <sub>1605</sub> / D <sub>1456</sub>	Условное содержание нафтеновых структур D <sub>966</sub> / D <sub>1456</sub>	Разветвленность структур D <sub>1385</sub> / D <sub>1456</sub>	Окисленность D <sub>1704</sub> / D <sub>1456</sub>
НПС-1	76,1	12,2	0,69	0,01	2,30	0,28
НПС-2	78,6	12,7	0,74	0,03	5,70	0,27
НПС-3	80,4	14,8	0,68	0,02	2,38	0,19
НПС-4	85,4	14,5	0,69	0,03	2,67	0,23
НПС-5	86,8	39,6	0,66	0,03	0,28	0,09
НПС-6	92,5	28,4	0,70	0,03	3,07	0,13
НПС-7	92,9	33,7	0,67	0,02	3,06	0,13
НПС-8	94,8	14,1	0,74	0,02	3,31	0,07

В качестве образцов сравнения использовали эластомерные композиции, содержащие продукт переработки каменного угля – стирол-инденную смолу (СИС) (ЕЕ 10718773 ТУ 7:2013 производства АО «Новотрейд Инвест»,

г. Кохтла-Ярве, Эстония)» с температурой плавления 92–94°C и йодным числом 27,3–27,5 г I<sub>2</sub>/100 г.

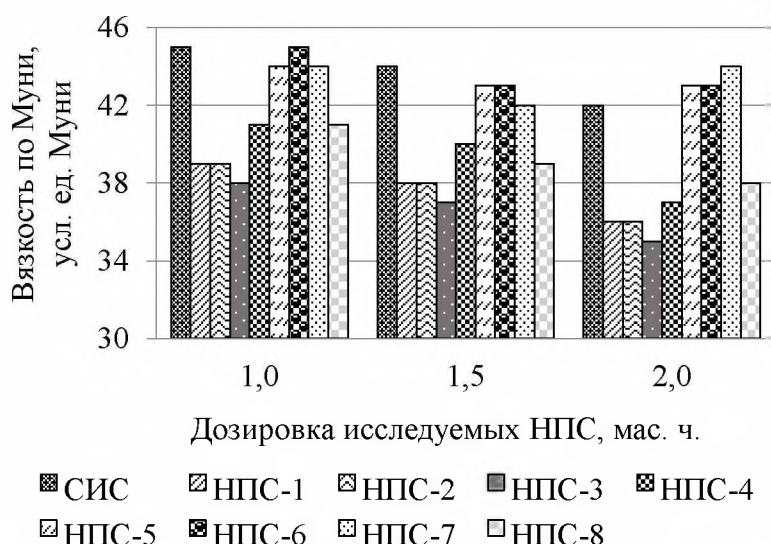
Исследования свойств ненаполненных и шинных эластомерных композиций проводили с использованием стандартных и специфических методик на современном оборудовании. Для исследования вязкости резиновых смесей и их способности к преждевременной вулканизации использовали метод ротационной вискозиметрии (вискозиметр Муни MV2000), для кинетики вулканизации – вибрационной реометрии (виброреометр MDR 2000). Пластичность определяли с помощью пластометра ПСМ-3, жесткость – на дефометре ДМ-2. Для оценки влияния различных повысителей клейкости на степень сохранения конфекционных свойств резиновых смесей измерения проводили на приборе Tel-Tak. Для определения влияния исследуемых смол на скорость образования приповерхностного слоя, обогащенного молекулами полимера, клейкость определяли при переменном времени контакта склеиваемых поверхностей (от 5 до 30 с). Установление зависимостей изменения свойств эластомерных композиций от природы и дозировки исследуемых нефтеполимерных смол осуществляли по стандартным методикам: определение упругопрочностных показателей, сопротивления раздиру, твердости и эластичности по отскоку, стойкости резин к тепловому старению в воздушной среде, усталостной выносливости резин при многократном растяжении, сжатию, сопротивлению разрастанию трещин. Определение тангенса угла механических потерь проводили на динамическом безроторном реометре DRPA-3000.

Экспериментальные результаты обрабатывали статистически. Установлено, что относительные ошибки измерений при исследовании вязкости по Муни, вулканизационных характеристик, клейкости и когезионной прочности резиновых смесей, а также тангенсов угла механических потерь и упругопрочностных характеристик резин не превышали 2,4% при доверительной вероятности 95%. При определении пластичности и жесткости по Дефо резиновых смесей, твердости, эластичности по отскоку, динамических характеристик вулканизатов относительная ошибка измерений составляла 2,9–5,0%.

**В третьей главе** приведены результаты исследования ненаполненных резиновых смесей и вулканизатов на основе синтетического каучука СКИ-3.

Выявлено, что введение нефтеполимерных смол НПС-1–НПС-4 и НПС-8 приводит к уменьшению показателя вязкости по Муни на 8,8–16,7% (рисунок 1). Минимальное влияние на вязкость ненаполненных резиновых смесей оказывает замена стирол-инденовой смолы нефтеполимерными смолами НПС-5–НПС-7 (менее 4,8%). Выявленный характер изменения вязкости эластомерных композиций обусловлен фракционным составом вводимых НПС, а также их термодинамической совместимостью с используемым каучуком.





**Рисунок 1 – Вязкость по Муни резиновых смесей в зависимости от типа и дозировки исследуемых смол**

при использовании НПС-6 во всех исследуемых дозировках возрастает время увеличения минимального крутящего момента на 2 единицы, что способствует повышению стойкости резиновых смесей к преждевременной вулканизации на 7,7%.

Использование в составе ненаполненных резиновых смесей взамен стирол-инденовой смолы нефтеполимерных смол НПС-5–НПС-7 оказывает положительное влияние на кинетические параметры процесса формирования пространственной структуры за счет сокращения времени достижения оптимальной степени вулканизации до 3,1% (таблица 2). Установлено, что при

**Таблица 2 – Кинетические параметры вулканизации ненаполненных резиновых смесей с исследуемыми смолами**

Резиновые смеси, содержащие смолу	1,0 мас. ч.				2,0 мас. ч.				3,0 мас. ч.			
	$t_{s2}$ , мин	$t_{90}$ , мин	$\Delta S$ , дН·м	$tg\delta$ ( $M_H$ )	$t_{s2}$ , мин	$t_{90}$ , мин	$\Delta S$ , дН·м	$tg\delta$ ( $M_H$ )	$t_{s2}$ , мин	$t_{90}$ , мин	$\Delta S$ , дН·м	$tg\delta$ ( $M_H$ )
СИС	1,3	6,6	5,2	0,007	1,3	6,5	5,1	0,008	1,3	6,4	5,0	0,009
НПС-1	1,2	7,3	4,8	0,010	1,2	7,2	4,7	0,011	1,3	7,0	4,6	0,013
НПС-2	1,2	7,1	4,9	0,010	1,2	7,1	4,8	0,011	1,3	7,0	4,7	0,013
НПС-3	1,2	6,9	5,1	0,009	1,2	6,8	5,0	0,010	1,3	6,8	4,9	0,012
НПС-4	1,2	6,9	4,9	0,009	1,2	6,8	4,8	0,012	1,3	6,8	4,8	0,014
НПС-5	1,3	6,4	5,3	0,005	1,3	6,3	5,3	0,006	1,3	6,2	5,2	0,007
НПС-6	1,4	6,5	5,2	0,006	1,4	6,4	5,2	0,007	1,4	6,3	5,1	0,008
НПС-7	1,3	6,4	5,3	0,005	1,3	6,3	5,2	0,006	1,3	6,2	5,1	0,007
НПС-8	1,2	6,9	4,9	0,012	1,2	6,8	4,9	0,013	1,2	6,8	4,9	0,015

Примечание – 1)  $t_{s2}$  – время увеличения минимального крутящего момента на 2 единицы, мин;

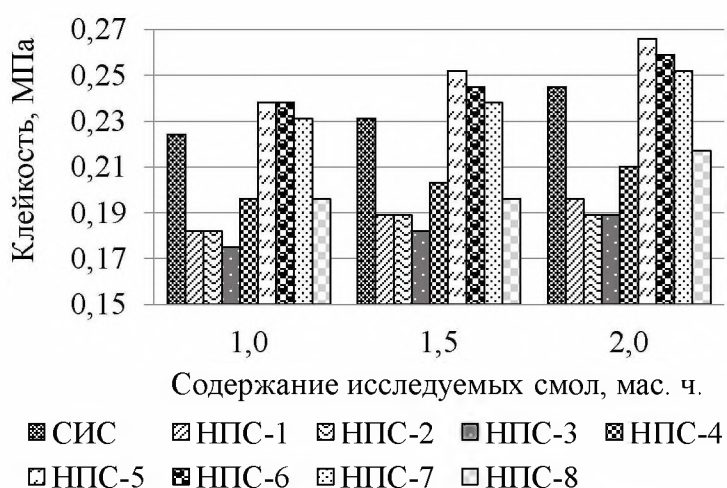
2)  $t_{90}$  – время достижения оптимальной степени вулканизации, мин;

3)  $\Delta S$  – разница между максимальным и минимальным крутящими моментами, дН·м;

4)  $tg\delta$  ( $M_H$ ) – тангенс угла механических потерь при максимальном крутящем моменте.

Установлено, что эластомерные композиции, содержащие нефтеполимерные смолы НПС-5–НПС-7, характеризуются до 4,0% более высокими значениями разницы между максимальным и минимальным крутящими моментами, что косвенно характеризует плотность поперечного сшивания вулканизатов, а также до 2,7% более низкими тангенсами гистерезисных потерь, измеренными при максимальном крутящем моменте. Различия кинетических параметров вулканизации резиновых смесей с нефтеполимерными смолами и стирол-инденовой смолой связаны с содержанием непредельных углеводородов в составе смол, о чем свидетельствуют показатели йодного числа.

Определение конфекционных свойств эластомерных композиций с исследуемыми добавками показало, что только при использовании в составе рецептуры нефтеполимерных смол НПС-5–НПС-7 повышается клейкость ненаполненных резиновых смесей на 2,9–9,1% (рисунок 2).



**Рисунок 2 – Клейкость ненаполненных резиновых смесей в зависимости от типа и дозировки исследуемых смол**

Согласно диффузионной теории, в момент соприкосновения двух одинаковых полимерных образцов выше их температуры стеклования происходит процесс взаимной диффузии макромолекул полимеров или их отдельных участков через границу раздела фаз, вследствие чего исчезает межфазная граница и образуется новый промежуточный слой, представляющий собой постепенный переход от одного полимера к другому. Прочность образуемого соединения фактически пропорциональна количеству концевых частей макромолекул, продиффундировавших из одного образца в другой, и глубине их проникновения. Повышение клейкости резиновых смесей, содержащих нефтеполимерные смолы НПС-5–НПС-7, обусловлено особенностями их структурно-группового состава, определяющего подвижность их олигомерных молекул, способностью диффундировать через межфазную границу и образовывать прочные межфазные связи, выдерживающие достаточно большие усилия перед разрывом. Полученные результаты не противоречат диффузионной теории клейкости, а наоборот, дополняют и подтверждают ее.

Выявлено, что равнозначная замена в рецептуре ненаполненной резиновой смеси СИС смолами НПС-5–НПС-7 способствует увеличению упругопрочностных свойств вулканизатов до 8,1%, что связано с особенностями формирования

структуры резин в процессе вулканизации. Стойкость к тепловому старению вулканизатов, содержащих НПС-5–НПС-7, не имеет существенных различий по сравнению с резиной с промышленной стирол-инденовой смолой. В данном случае изменение показателя по условной прочности при растяжении для резин с СИС составляет -29,8%, а для резин с указанными смолами показатель находится в пределах от -28,6% до -29,6%. Выявленный характер изменения упругопрочностных свойств резин в условиях действия температурно-силовых полей обусловлен плотностью и природой поперечных связей вулканизатов, что оказывает влияние на скорость протекания термоокислительных процессов в объеме эластомерной матрицы.

Таким образом, установлено, что ненаполненные эластомерные композиции, содержащие нефтеполимерные смолы НПС-5–НПС-7, по сравнению с композицией с промышленной смолой СИС, характеризуются удовлетворительными реологическими и вулканизационными свойствами, более высокой конфекционной клейкостью, а вулканизаты имеют повышенные прочностные характеристики. В связи с этим дальнейшие исследования проводились с использованием смол НПС-5–НПС-7.

**В четвертой главе** приведены результаты исследований наполненных шинных эластомерных композиций на основе СКИ-3 и комбинации каучуков общего назначения (СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15 ТДАЕ, НК + СКИ-3), содержащих в качестве повысителей клейкости промышленную смолу СИС и нефтеполимерные смолы НПС-5–НПС-7.

Результаты определения технологических свойств наполненных эластомерных композиций показали неоднозначное влияние исследуемых НПС на пластическую и вулканизационные характеристики резиновых смесей (таблица 3).

Таблица 3 – Технологические свойства наполненных эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения

Наименование смолы	СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15			СКИ-3			СКИ-3 + НК		
	$M_L(1+4)_{100^\circ C}$ , усл. ед. Муни	$t_5$ , мин	$t_{90}$ , мин	$M_L(1+4)_{100^\circ C}$ , усл. ед. Муни	$t_5$ , мин	$t_{90}$ , мин	$M_L(1+4)_{100^\circ C}$ , усл. ед. Муни	$t_5$ , мин	$t_{90}$ , мин
СИС	54	41	30,6	64	15	16,5	66	17	23,2
НПС-5	52	40	26,8	65	17	15,9	70	15	21,8
НПС-6	52	44	35,5	65	16	15,5	71	17	21,9
НПС-7	51	41	30,6	66	16	15,7	71	16	21,5

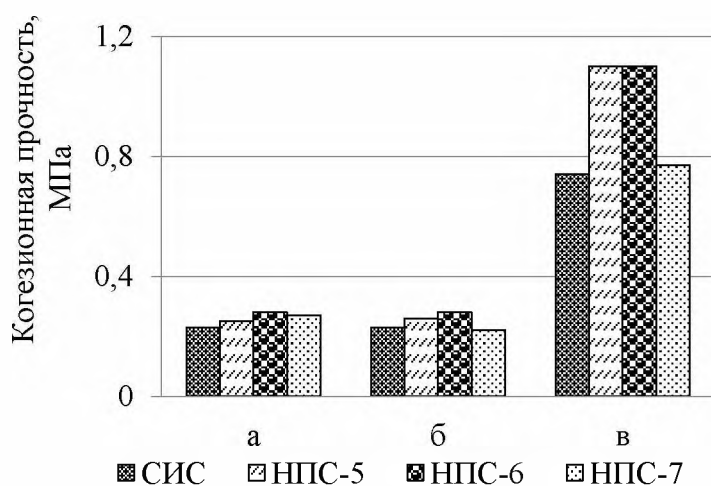
Примечание – 1)  $M_L(1+4)_{100^\circ C}$  – вязкость по Муни, усл. ед. Муни;

2)  $t_5$  – время увеличения минимальной вязкости по Муни на 5 единиц, мин;

3)  $t_{90}$  – время достижения оптимальной степени вулканизации, мин.

Установлено, что при использовании исследуемых нефтеполимерных смол в составе шинных эластомерных композиций изменение вязкости по Муни находится в пределах ( $\pm 5$  усл. ед. Муни), допустимых технологическим регламентом на производство резиновых смесей. Важно отметить, что применение НПС-5 в составе эластомерных композиций приводит к минимальному изменению пластоэластических свойств, а в случае смесей на основе тройной комбинации каучуков общего назначения способствует повышению пластичности на 7,3% и уменьшению эластического восстановления на 16,7–20,0%. Установленный характер изменения пластоэластических свойств эластомерных композиций при введении нефтеполимерных смол взамен промышленной смолы СИС связан с составом смол и рецептурными факторами, а именно типом и содержанием наполнителей в резиновых смесях.

Использование НПС-6 и НПС-7 в эластомерных композициях на основе комбинации СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15 и СКИ-3 способствует увеличению на 6,6–13,3% продолжительности индукционного периода и практически не оказывает влияния на стойкость к подвулканизации резиновых смесей на основе СКИ-3 + НК по сравнению с композициями, содержащими СИС. Замена стирол-инденовой смолы на нефтеполимерные смолы НПС-5 и НПС-7 в составе шинных эластомерных композиций приводит к сокращению времени достижения оптимальной степени вулканизации на 3,6–12,4% и увеличению скорости вулканизации на 4,3–14,3%. Влияние на кинетику вулканизации резиновых смесей связано с природой полимера и составом вулканизирующей группы, а также химической природой нефтеполимерных смол.



**а – композиция на основе  
СКИ-3 + СКД + СК(М)С-30АРКМ-15;**

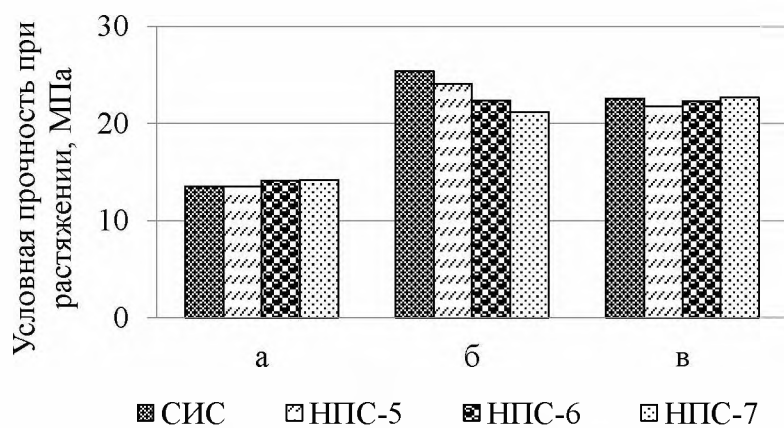
**б – композиция на основе СКИ-3;**

**в – композиция на основе СКИ-3 + НК**

**Рисунок 3 – Когезионная прочность шинных  
эластомерных композиций**

Выявлено, что замена промышленного повысителя клейкости стирол-инденовой смолы на исследуемые нефтеполимерные смолы увеличивает на 8,7–48,6% когезионную прочность резиновых смесей на основе каучуков общего назначения (рисунок 3). Такой характер изменения прочности невулканизованных эластомерных композиций связан с различиями структурно-группового состава вводимых смол. Наличие полярных групп в составе НПС, вероятно, приводит к образованию связей, усиливающих дисперсионное взаимодействие, что способст-





**а – резины на основе СКИ-3 + СКД + СК(М)С-30АРКМ-15;**

**б – резины на основе СКИ-3;**

**в – резины на основе СКИ-3 + НК**

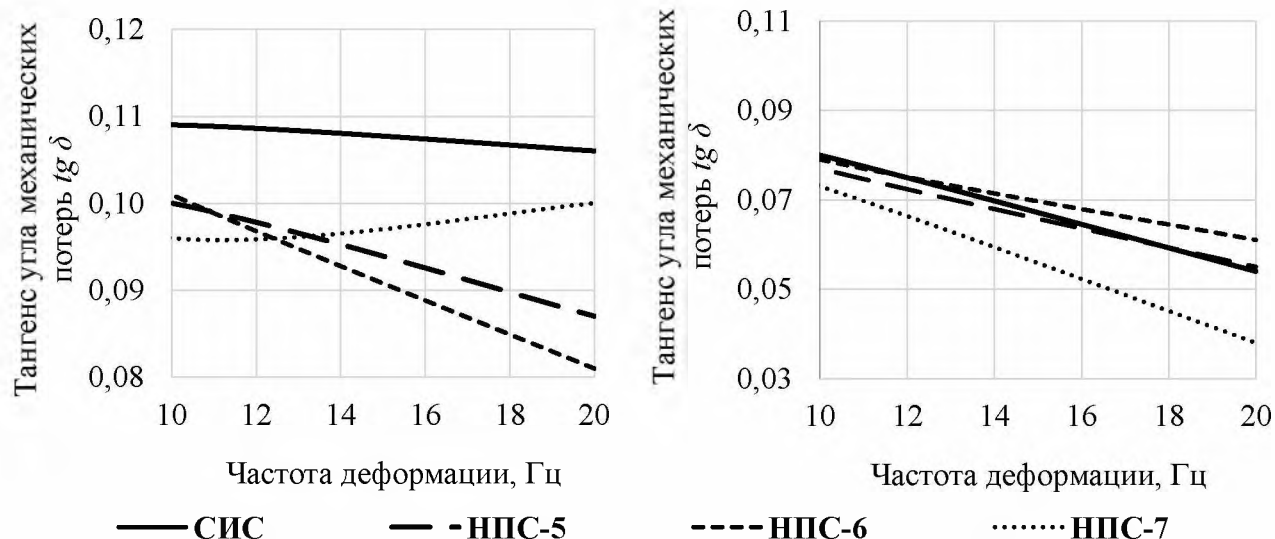
**Рисунок 4 – Условная прочность при растяжении шинных эластомерных композиций**

резиновых смесей на основе тройной комбинации каучуков позволяет увеличить прочностные характеристики до 7,7%, а в резиновых смесях на основе синтетического изопренового каучука снижает упругопрочностные свойства вулканизатов на 6,9–16,5%. Вместе с тем использование смол НПС-6 и НПС-7 позволяет повысить стойкость к тепловому старению резин на основе тройной комбинации каучуков и СКИ-3 до 2,3 раза, при этом резины с НПС-5 характеризуются практически аналогичной стойкостью к тепловому старению как и образцы с СИС. Изменение упругопрочностных свойств вулканизатов и их стойкости к тепловому старению обусловлено влиянием нефтеполимерных смол на формирование структуры резин в процессе вулканизации.

Установлено, что резины, содержащие в качестве повысителя клейкости НПС-5 и НПС-7, характеризуются пониженными упругогистерезисными свойствами. Тангенс угла механических потерь ( $\text{tg } \delta$ ) резины на основе тройной комбинации каучуков с НПС-5 имеет значения на 4,6–17,9% меньше по сравнению с резиной, содержащей промышленную смолу (рисунок 5). В то же время для резины на основе комбинации изопреновых каучуков, содержащей НПС-7, выявлено, что тангенс угла механических потерь на 4,2–29,6% меньше, чем для резины, содержащей в рецептуре СИС.

Получено, что минимальным увеличением температуры в процессе испытаний характеризуются образцы вулканизатов, содержащие в качестве повысителя клейкости смолу НПС-5: изменение температуры за цикл испытания ( $\Delta t$ ) на 3,0–7,9% ниже, чем для образцов, содержащих промышленную стирол-инденовую смолу (таблица 5).

Определено, что замена СИС на исследуемые нефтеполимерные смолы оказывает неоднозначное влияние на физико-механические характеристики вулканизатов (рисунок 4). Применение НПС-5 не приводит к существенному изменению прочностных показателей резин на основе каучуков общего назначения. Введение нефтеполимерных смол НПС-6 и НПС-7 в состав



а – СКИ-3 + СКД + СК(М)С-30АРКМ-15, б – СКИ-3 + НК

Рисунок 5 – Упругогистерезисные свойства шинных резин

Таблица 5 – Динамические свойства вулканизатов шинных эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения

Наименование смолы	СКИ-3 + СКД + + СКМС-30АРКМ-15			СКИ-3			СКИ-3 + НК		
	$\Delta t$ , °С	$N_{cp}$ , циклов	$N$ , циклов	$\Delta t$ , °С	$N_{cp}$ , циклов	$N$ , циклов	$\Delta t$ , °С	$N_{cp}$ , циклов	$N$ , циклов
СИС	38	115000	192000	33	50250	21000	38	251750	17400
НПС-5	35	137750	более 1296000	32	41250	21000	39	203500	16500
НПС-6	39	58250	более 1296000	38	40500	20100	41	165500	18000
НПС-7	37	100000	более 1296000	34	45250	18000	41	258000	16500

Примечание – 1)  $\Delta t$  – изменение температуры за цикл испытания, °С;

2)  $N_{cp}$  – усталостная выносливость при многократном растяжении, циклов;

3)  $N$  – сопротивление разрастанию трещин при многократном изгибе, циклов.

Использование в составе шинных эластомерных композиций на основе тройной комбинации каучуков общего назначения нефтеполимерной смолы НПС-5 позволяет повысить усталостную выносливость при многократном растяжении на 19,8%. Установлено, что стойкость резин на основе СКИ-3 + СКД + СКМС-30АРКМ-15 к разрастанию трещин при знакопеременном изгибе при введении нефтеполимерных смол в 6,8 раз выше образца сравнения. Такой характер изменения динамических характеристик образцов резин с НПС

связан с особенностями пространственной структуры вулканизатов и природой поперечных связей. Исследуемые смолы могут оказывать влияние на подвижность макромолекул каучука и облегчать перемещение сегментов молекулярных цепей.

Таким образом, сравнительный анализ свойств эластомерных композиций с промышленным повысителем клейкости исследуемыми нефтеполимерными смолами НПС-5 и НПС-7 показал возможность импортозамещения закупаемого за рубежом пластификатора, поскольку при этом не выявлено ухудшение комплекса технологических свойств резиновых смесей и технических характеристик резин. Установлено, что применение указанных смол позволяет увеличить когезионную прочность резиновых смесей, дольше сохранить конфекционные свойства полуфабрикатов, увеличить стойкость к тепловому старению резин на основе синтетических каучуков общего назначения, а также уменьшить гистерезисные потери.

**В пятой главе** приведены технические решения по практическому применению нефтеполимерных смол НПС-5 и НПС-7 в рецептурах шинных резиновых смесей. По результатам испытаний центральной заводской лаборатории инженерно-технического центра ОАО «Белшина» установлено, что использование нефтеполимерных смол НПС-5 и НПС-7 взамен промышленных смол СИС, «Хемоксол» и «Полипласт» способствует увеличению клейкости резиновых смесей на 6,3–13,3%, снижению на 6,3% тангенса угла механических потерь вулканизатов и увеличению их усталостной выносливости до 12,0%. Благодаря применению НПС-5 и НПС-7 возможно внесение изменений в технологический процесс изготовления шин в части увеличения до 34 сут. сроков хранения обрезаемых кордов, что облегчает планирование производственного процесса и, ввиду снижения количества производственных переходов, снижает количество настроечных отходов.

Таким образом, применение смол отечественного производства НПС-5 и НПС-7 позволит не только уменьшить закупку повысителей клейкости за рубежом и повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, но также снизить негативное влияние на окружающую среду путем получения компонентов для эластомерных композиций на основе побочных продуктов пиролизного производства нефтехимического сырья и получить экономический эффект в размере не менее 30 000 руб. в год.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

### **Основные научные результаты диссертации**

1. Определено, что применение нефтеполимерных смол НПС-5–НПС-7 в составе ненаполненных эластомерных композиций на основе синтетического полиизопренового каучука не оказывает существенного влияния на вязкость по



Муни резиновых смесей (изменение составляет не более 4,8%), повышает стойкость к подвулканизации (на 7,7%) и незначительно (до 3,1%) сокращает время достижения оптимальной степени вулканизации, что обусловлено термодинамической совместимостью указанных нефтеполимерных смол с эластомерной матрицей и содержанием непредельных углеводородов в их составе. Показано, что введение НПС-5–НПС-7 в резиновые смеси способствует повышению (до 9,1%) конфекционных свойств эластомерных композиций, что обусловлено особенностями состава смол, определяющих подвижность их олигомерных молекул и уровень межмолекулярных взаимодействий склеиваемых поверхностей через межфазную границу [1, 20].

2. Установлено, что использование нефтеполимерных смол НПС-5 и НПС-7 взамен промышленной стирол-инденовой смолы в рецептурах наполненных шинных эластомерных композиций на основе каучуков общего назначения способствует повышению на 8,7–48,6% когезионной прочности резиновых смесей, сокращению (до 12,4%) времени достижения оптимальной степени вулканизации и повышению (до 58,8%) клейкости резиновых смесей при увеличении срока хранения до 7 сут. Зависимости изменения свойств эластомерных композиций от типа и дозировки нефтеполимерных смол связаны со структурой вводимых компонентов, а именно молекулярной массой и разветвленностью нефтеполимерных смол, соотношением алифатических и ароматических углеводородов, а также наличием полярных групп, приводящих к образованию лабильных поперечных связей и способствующих увеличению прочности невулканизованных резиновых смесей и скорости формирования приповерхностного слоя [1, 4, 20].

3. Выявлено, что вулканизаты, содержащие нефтеполимерные смолы НПС-5–НПС-7, характеризуются по сравнению с вулканизатами со стирол-инденовой смолой более высокой (до 18%) стойкостью к термическому старению и имеют улучшенные упругогистерезисные свойства (значения тангенса угла механических потерь композитов на основе тройной комбинации каучуков общего назначения (СКИ-3 + СКД + СК(М)С-30АРКМ-15) с НПС-5 меньше на 4,6–17,9%, чем у образцов с промышленной смолой СИС, а у композитов на основе СКИ-3 + НК с НПС-7 –на 4,2–29,6%). Использование в составе шинных композиций смолы НПС-5 позволяет повысить усталостную выносливость резин при многократном растяжении на 19,8%, а также стойкость вулканизатов на основе СКИ-3 + СКД + СК(М)С-30АРКМ-15 к разрастанию трещин при знакопеременном изгибе при использовании НПС-5–НПС-7 в 6,8 раз. Установленный характер изменения упругопрочностных и динамических характеристик вулканизатов обусловлен особенностями структуры резин, получаемых при вулканизации, улучшенной подвижностью сегментов макромолекул каучука, приводящей к уменьшению внутреннего трения при воздействии многократных циклических деформаций и, как следствие, снижению гистерезисных потерь [2–5, 10–18, 21].

4. Установлено, что применение нефтеполимерных смол НПС-5 и НПС-7 в рецептурах шинных эластомерных композиций способствует увеличению на 6,3–13,3% клейкости резиновых смесей, снижению на 6,3% тангенса угла механических потерь и увеличению до 12,0% усталостной выносливости вулканизатов без ухудшения технологических и технических свойств эластомерных композиций, что позволяет в производственных условиях увеличить срок хранения обрезаемых текстильных кордов, тканей, корда для бортовой и крыльевой лент, снизить количество производственных переходов и настроечных отходов. Выявленные зависимости свойств композиций для производства шин обусловлены структурой указанных добавок, определяющей скорость миграции исследуемых смол на поверхность полуфабрикатов для формирования приповерхностного слоя и влиянием на процесс структурирования при получении резин. Применение нефтеполимерных смол отечественного производства позволяет осуществить импортозамещение компонентов данного типа, снизить себестоимость резин и обеспечить получение вулканизатов с повышенным комплексом эксплуатационных характеристик [6–9, 19, 22].

#### **Рекомендации по практическому использованию результатов**

Разработанные рецептуры шинных резиновых смесей, содержащих взамен импортных повысителей клейкости нефтеполимерные смолы, полученные из тяжелой пиролизной смолы с температурой кипения выше 200°C, позволяют увеличить клейкость полуфабрикатов при хранении и сборке шин и снизить упругостерезисные свойства вулканизатов, что приводит к повышению работоспособности готового изделия [22].

Применение нефтеполимерных смол отечественного производства позволяет уменьшить закупку повысителей клейкости за рубежом, увеличить сроки хранения полуфабрикатов, получить экономический эффект не менее 30 000 руб. в год, повысить конкурентоспособность выпускаемой продукции, а также снизить негативное влияние на окружающую среду.

**СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ**Статьи

1. Исследование влияния нефтеполимерных смол на свойства ненаполненных эластомерных композиций / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, А.И. Юсевич, К.И. Трусов // «Труды БГТУ» Серия 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2018. – № 1 (205). – С. 92–98.
2. Повысители клейкости на основе нефтеполимерных смол в резиновых смесях (обзор) / Ж.С. Шашок, С.А. Перфильева, Н.Р. Прокопчук, Е.П. Усс, А.И. Юсевич, К.И. Трусов // «Труды БГТУ» Серия 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2019. – № 2 (223). – С. 53–69.
3. Нефтеполимерные смолы для повышения клейкости эластомеров / Ж.С. Шашок, С.А. Перфильева, Н.Р. Прокопчук, Е.П. Усс, А.И. Юсевич // Полимерные материалы и технологии. – 2019. – Т. 5, № 1. – С. 16–25.
4. Конфекционная клейкость наполненных резиновых смесей с нефтеполимерными смолами / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, Н.Р. Прокопчук, А.И. Юсевич, М.В. Колпакова, С.Н. Русанова, О.В. Стоянов / Клеи. Герметики. Технологии. – 2020. – № 3. – С. 21–26.
5. Исследование влияния нефтеполимерных смол на упруго-прочностные свойства шинных резин / Ж.С. Шашок, С.А. Перфильева, Н.Р. Прокопчук, Е.П. Усс // «Труды БГТУ» Серия 2. Химические технологии, биотехнологии, геоэкология. – 2020. – № 1 (229). – С. 190–197.

Материалы конференций

6. Исследование влияния различных типов смол на упруго-прочностные свойства резин / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, Ю.Ф. Шутилин // Материалы LV отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2016 год / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. ; под ред. С.Т. Антипова. – Ч. 1. – Воронеж, 2017. – С. 137.
7. Влияние различных типов смол на гистерезисные потери резин / Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, С.А. Перфильева, Ю.Ю. Корнеев // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии : XXII науч.-практ. конф., Москва, 29 мая – 2 июня 2017 г. / Научно-исследовательский центр «НИИШП». – Москва, 2017. – С. 84–86.
8. Перфильева, С.А. Влияние нефтеполимерных смол на вулканизационные параметры эластомерных композиций / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс // Материалы LVI отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2017 год / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. ; под ред. С.Т. Антипова. – Ч. 1. – Воронеж: ВГУИТ, 2018. – С. 135.

9. Влияние нефтеполимерных смол на релаксационные процессы в резинах / Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, С.А. Перфильева, А.И. Юсевич, К.И. Трусов // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии : XXIII науч.-практ. конф., Москва, 28 мая – 1 июня 2018 г. / Научно-исследовательский центр «НИИШП». – Москва, 2018. – С. 86–88.

10. Перфильева, С.А. Влияние нефтеполимерных смол на когезионную прочность шинных резиновых смесей / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс // Материалы LVII отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2018 год / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. ; под ред. О.С. Корнеевой. – Ч. 1. – Воронеж: ВГУИТ, 2019. – С. 139.

11. Свойства шинных резин с нефтеполимерными смолами / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, А.И. Юсевич // Технология органических веществ : материалы докладов 83-й науч.-техн. конф. проф.-преп. состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 4–15 февраля 2019 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО «БГТУ». – Минск : БГТУ, 2019. – С. 80.

12. Влияние нефтеполимерных смол на гистерезисные потери шинных резин / Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, С.А. Перфильева, Т.С. Каленик // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии : XXIV научно-практическая конференция, Москва, 27–31 мая 2019 г. / Научно-исследовательский центр «НИИШП». – Москва, 2019. – С. 99–102.

13. Перфильева, С.А. Динамические свойства резин с нефтеполимерными смолами / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс // Нефтехимия-2019 : материалы II-го Междунар. науч.-техн. и инвестиц. форума по хим. технологиям и нефтегазоперераб., Минск, 16–18 октября 2019 г. / Минск: БГТУ, 2019. – С. 118–122.

14. Особенности свойств шинных резин с нефтеполимерными смолами / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, А.И. Юсевич // Проблемы и инновационные решения в химической технологии ПИРХТ-2019 : материалы всероссийской конференции с международным участием / Воронеж. гос. ун-т инж. техн. – Воронеж: ВГУИТ, 2019. – С. 223–224.

15. Перфильева, С.А. Исследование влияния нефтеполимерных смол на теплообразование резин при многократном сжатии / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс // Материалы LVIII отчетной научной конференции преподавателей и научных сотрудников ВГУИТ за 2019 год / Воронеж. гос. ун-т инж. технол. ; под ред. О.С. Корнеевой. – Ч. 1. – Воронеж : ВГУИТ, 2020. – С. 107.

16. Упруго-гистерезисные свойства резин с нефтеполимерными смолами / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, А.И. Юсевич // Технология органических веществ : материалы докладов 84-ой науч.-техн. конф., посвященной 90-летию БГТУ и Дню белорусской науки (с международным участием), Минск, 3–14 февраля 2020 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО «БГТУ». – Минск: БГТУ, 2020. – С. 132–134.

17. Перфильева, С.А. Применение нефтеполимерных смол в составе шинных резиновых смесей / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс // Сборник трудов Всероссийской научной конференции (с международным участием) преподавателей и студентов вузов «Актуальные проблемы науки о полимерах», Казань, 21–22 апреля 2020 г. / отв. ред. Н.Е. Темникова; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: КНИТУ, 2020 – С. 96.

18. Эксплуатационные свойства шинных резин с нефтеполимерными смолами / Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, С.А. Перфильева, С.Н. Каюшников // Резиновая промышленность: сырье, материалы, технологии : XXV науч.-практ. конф., Москва, 21–25 сентября 2020 г. / Научно-исследовательский центр «НИИШП». – Москва, 2020. – С. 95–98.

#### Тезисы докладов

19. Перфильева, С.А. Пластоэластические свойства эластомерных композиций с различными типами смол / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс // Технология органических веществ : тез. докл. 81-ой науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 1–12 февраля 2017 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО «БГТУ». – Минск : БГТУ, 2017. – С. 56–58.

20. Получение мягчителя для эластомерных композиций из тяжелой смолы пиролиза завода «Полимир» ОАО «Нафтан» / А.И. Юсевич, К.И. Трусов, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, С.А. Перфильева // Технология органических веществ : тез. докл. 82-ой науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 1–14 февраля 2018 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И.В. Войтов; УО «БГТУ». – Минск : БГТУ, 2018. – Минск, 2018. – С. 58.

21. Исследование влияния нефтеполимерных смол на деформационно-прочностные свойства резин / Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, А.И. Юсевич, К.И. Трусов, С.А. Перфильева // Технология органических веществ : тез. докл. 82-ой науч.-техн. конф. профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов, Минск, 1–14 февраля 2018 г. / БГТУ ; отв. за издание И.В. Войтов. – Минск, 2018. – С. 68.

#### Заявка на патент

22. Резиновая смесь : заявка ВУ а 20200377 / С.А. Перфильева, Ж.С. Шашок, Е.П. Усс, О.А. Кротова, А. И. Юсевич. – Дата подачи 23.12.2020.

## Улучшение свойств шинных композиций нефтеполимерными смолами

**Ключевые слова:** нефтеполимерная смола, повыситель клейкости, эластомерная композиция, конфекционная клейкость, когезионная прочность, гистерезисные потери, усталостная выносливость.

**Цель работы:** разработать рецептуры шинных эластомерных композиций с улучшенным комплексом технологических и технических свойств, содержащих отечественные нефтеполимерные смолы, полученные на основе побочных продуктов пиролизного производства нефтехимического сырья.

**Методы исследования:** методы ротационной вискозиметрии (вискозиметр Муни MV 2000), вибрационной реометрии (виброреометр MDR 2000); определение пластичности, упругопрочностных показателей, сопротивление раздиру, твердости и эластичности по отскоку, стойкости резин к тепловому старению в воздушной среде, усталостной выносливости при многократном растяжении и сжатии, сопротивление разрастанию трещин – по стандартным методикам; конфекционной клейкости на приборе Tel-Tak; тангенса угла механических потерь на динамическом безроторном реометре DRPA-3000.

**Полученные результаты и их новизна:** установлено, что нефтеполимерные смолы НПС-5 и НПС-7, полученные на основе побочных продуктов пиролизного производства нефтехимического сырья, позволяют увеличить на 6,3–13,3% клейкость шинных резиновых смесей и их стабильность при хранении полуфабрикатов, снизить на 6,3% тангенс угла механических потерь и увеличить до 12,0% усталостную выносливость вулканизатов. Выявленные зависимости свойств композиций для производства шин обусловлены структурно-групповым составом указанных добавок, обуславливающих увеличение скорости миграции исследуемых смол на поверхность полуфабрикатов для формирования приповерхностного слоя, и влиянием повысителей клейкости на процесс структурирования при получении резин.

**Рекомендации по использованию и область применения.** Нефтеполимерные смолы прошли испытания в ОАО «Белшина» и могут применяться в производстве шин и резинотехнических изделий с целью замены импортных повысителей клейкости, усиления конфекционных свойств полуфабрикатов при хранении и сборке, снижения упругогистерезисных свойств вулканизатов и улучшения их эксплуатационных характеристик.

Паляпшэнне ўласцівасцяў шынных кампазіцый нафтапалімернымі смоламі

**Ключавыя словы:** нафтапалімерная смала, павышальнік клейкасці, эластамерная кампазіцыя, канфекцыйная клейкасць, кагезійная трываласць, гістарэзісныя страты, стомленасная цягавітасць.

**Мэта работы:** распрацаваць рэцэптуры шынных эластамерных кампазіцый з палепшаным комплексам тэхналагічных і тэхнічных уласцівасцей, якія змяшчаюць айчынныя нафтапалімерныя смолы, атрыманыя на аснове пабочных прадуктаў піролізнай вытворчасці нафтахімічнай сыравіны.

**Метады даследавання:** метады ратацыйнай вісказіметрыі (вісказіметр Муні MV 2000), вібрацыйнай рэаметрыі (вібрарэометр MDR 2000); вызначэнне пластычнасці, пругкатрываласных паказчыкаў, супраціў раздзіранню, цвёрдасці і эластычнасці па адскоку, устойлівасці гум да цеплавога старэння ў паветраным асяроддзі, стомленай цягавітасці пры шматразовым расцяжэнні і сціску, супраціў разрастанню расколін – па стандартным метадкам; канфекцыйнай клейкасці на прыборы Tel-Tak; тангенса вугла механічных страт на дынамічным безротарным рэометры DRPA-3000.

**Атрыманыя вынікі і іх навізна:** устаноўлена, што нафтапалімерныя смолы НПС-5 і НПС-7, атрыманыя на аснове пабочных прадуктаў піролізнай вытворчасці нафтахімічнай сыравіны, дазваляюць у рэцэптурах шынных эластамерных кампазіцый павялічыць на 6,3–13,3% клейкасць гумаваых сумесяў і іх стабільнасць пры захоўванні паўфабрыкатаў, знізіць на 6,3% тангенс вугла механічных страт і павялічыць да 12,0% стомленую цягавітасць вулканізатаў. Выяўленыя залежнасці ўласцівасцяў кампазіцый для вытворчасці шын абумоўлены структурна-групавым саставам паказаных дабавак, якія абумоўліваюць павелічэнне хуткасці міграцыі даследаваных смол на паверхню паўфабрыкатаў для фарміравання прыпаверхневага слоя, і ўплывам павышальніка клейкасці на працэс структуравання пры атрыманні гум.

**Рэкамендацыі па выкарыстанні і вобласць прымянення.** Нафтапалімерныя смолы прайшлі выпрабаванні ў ААТ «Белшына» і могуць выкарыстоўвацца ў вытворчасці шын і гуматэхнічных вырабаў з мэтай замены імпортных павышальнікаў клейкасці, узмацнення канфекцыйных уласцівасцей паўфабрыкатаў пры іх захоўванні і зборцы, зніжэння пругкагістарэзісных уласцівасцей вулканізатаў і паляпшэння эксплуатацыйных характарыстык.

## SUMMARY

Sviatlana A. Piarfilyeva

Improving the properties of tire compositions with petroleum polymer resins

**Key words:** petroleum polymer resins, tackifier, elastomeric composition, confection tackiness, green strength, hysteresis losses, fatigue resistance.

**The purpose of the work:** to develop formulations of tire elastomeric compositions with an improved complex of technological and technical properties containing domestic petroleum polymer resins obtained from by-products of pyrolysis production of petrochemical feedstocks.

**Research methods:** methods of rotational viscometry (Mooney viscometer MV 2000), vibration rheometry (vibroreometer MDR 2000); determination of plasticity, elastic strength indicators, tear resistance, hardness and rebound resilience, resistance of rubber to thermal aging in air, fatigue endurance in a variety of diseases and compression, resistance to crack propagation – according to standard methods; confection tackiness on the Tel-Tak device; tangent rotation of mechanical losses on a dynamic rotorless rheometer DRPA-3000.

**The obtained results and their novelty:** it was found that that petroleum polymer resins NPS-5 and NPS-7, falling on the surface of the products of the pyrolysis production of petrochemical raw materials, can increase the stickiness of tire rubber compounds by 6.3–13.3% and their presence during storage semi-finished products, reduce the tangent of mechanical losses by 6.3% and increase the fatigue endurance of vulcanizates up to 12.0%. The revealed dependences of the properties of compositions for tires, due to the structural-group composition, suggest that they cause an increase in the rate of formation of resins on the surface of semi-finished products for the formation of a near-surface layer, and the likelihood of tackifiers on the structuring process during rubber production.

**Recommendations for use and scope of application:** petroleum polymer resins have been tested at JSC «Belshina» and include the production of tires and rubber products to replace imported tackifiers that require the confection properties of semi-finished products during storage and assembly, the elegance of the elastic-hysteresis properties of vulcanizates and the evaluation of their performance characteristics.



Научное издание

**Перфильева** Светлана Александровна

**УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ШИННЫХ КОМПОЗИЦИЙ  
НЕФТЕПОЛИМЕРНЫМИ СМОЛАМИ**

Автореферат

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

Ответственный за выпуск С.А. Перфильева

Подписано в печать 21.04.2022. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Гарнитура Таймс. Печать ризографическая.  
Усл. печ. л. 1,3. Уч.-изд. л. 1,0.  
Тираж 60 экз. Заказ .

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.

## ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ

автореферата диссертации Перфильевой Светланы Александровны  
«Улучшение свойств шинных композиций нефтеполимерными смолами»  
на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов

Напечатано	Следует читать
Страница 16 «... эксплуатационных характеристик [6–9, 19, 22].»	«... эксплуатационных характеристик [4–9, 19, 22].»

Соискатель



С.А. Перфильева

Ученый секретарь совета  
по защите диссертаций  
кандидат технических наук, доцент



С.И. Шпак