

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.287.03,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»,  
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 26 декабря 2025 г. № \_24\_

О присуждении **Шехавцовой Татьяне Николаевне**, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

**Диссертация** «Получение низкомолекулярных полимеров термоокислительной деструкцией диеновых каучуков» по специальности 2.6.11. «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов» принята к защите 24 октября 2025 г., протокол № 21, диссертационным советом 24.2.287.03, созданным на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет инженерных технологий», 394036, г. Воронеж, проспект Революции, 19, приказ №76/нк от 26.01.2023 г.

**Соискатель** Шехавцова Татьяна Николаевна 1983 года рождения, в 2005 г. окончила Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский государственный университет» (ранее ФГБОУ ВПО «ВГУ») с присвоением квалификации «Химик» по специальности 02.01.01 - «Химия» (Диплом ВСВ 0539143).

– с 2005 по 2015 г. работала в Воронежском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева» (ранее ФГУП «НИИСК») в должности научного сотрудника;

– с 2013 по 2017 г. обучалась в очной аспирантуре на кафедре «Химии высокомолекулярных соединений и коллоидов» ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» по направлению 04.06.01 - Химические науки, 1.4.7 - «Высокомолекулярные соединения» с присвоением квалификации «Исследователь. Преподаватель-исследователь».

– с 2015 по 2023 г. работала в Воронежском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева» (ранее ФГУП «НИИСК») в должности в должности заведующий сектором.

В сентябре 2025 г. была прикреплена в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий» для сдачи кандидатских экзаменов: история и философия науки (технические науки), технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

В настоящее время работает в Воронежском филиале Федерального государственного бюджетного учреждения «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева» (ранее ФГУП «НИИСК») в должности заведующий лабораторией.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени Научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева» Воронежский филиал.

**Научный руководитель** – доктор химических наук, профессор **Шаталов Геннадий Валентинович**, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии, профессор.

**Официальные оппоненты:**

**Ворончихин Василий Дмитриевич** доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева», заведующий кафедрой химической технологии твердых ракетных топлив, нефтепродуктов и полимерных композиций;

**Власов Валерий Владимирович** кандидат технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет», доцент кафедры «Химическая технология биологически активных веществ и полимерных композитов», дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования «Вятский государственный университет» (ВятГУ), г. Киров, в своем положительном отзыве, утвержденном Литвинцев Сергеем Геннадьевичем, проректором по науке и инновациям ФГБУ ВО «Вятский государственный университет», кандидат сельскохозяйственных наук, доцент; подписанном и.о. заведующего кафедрой химии и технологии переработки полимеров кандидат химических наук Земцовой Екатериной Анатольевной, указали, что диссертационная работа Шехавцовой Татьяны Николаевны представляет собой завершенное научное исследование в котором решена важная научно-техническая задача, направленная на разработку технологии получения низкомолекулярных полимеров с регулируемой молекулярной массой термоокислительной деструкцией диеновых каучуков, не соответствующих нормам технической документации и полимерных отходов.

Соискатель имеет 23 опубликованные работы по теме диссертации, из них в изданиях ВАК РФ опубликовано 5 статей, включающих 2 статьи рекомендованных ВАК по специальности 2.6.11 «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов», 1 патент РФ, (общий объем 6,28 усл. п. л., авторский вклад соискателя составляет 4,7 усл. п. л.).

**Наиболее значимые работы по теме диссертации:**

1. Получение низкомолекулярных функционализированных полимеров термоокислительной деструкцией стереорегулярного полибутадиена / Т.Н. Шехавцова, Г.В. Шаталов, А.С. Шестаков [и др.] // Конденсированные среды и межфазные границы. – 2016. – Т.18, №3. – С. 414-421.

2. Термоокислительная деструкция как способ получения низкомолекулярных полидиеновых полимеров / Т.Н. Шехавцова, Г.В. Шаталов, А.С. Шестаков, В.Н. Папков // Каучук и резина. – 2018. – Т.77, №6. – С. 358-361.

3. Термоокислительная деструкция бутадиен-нитрильных каучуков и отходов производства / Т.Н. Шехавцова, Г.В. Шаталов, В.Н. Папков, О.В. Карманова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2021. – Т.83, №4 (90). – С. 308-314. doi: 10.20914/2310-1202-2021-4-308-314.

4. Применение продуктов термоокислительной деструкции отходов производства полибутадиенового каучука в качестве стабилизатора натуральной древесины / Т.Н. Шехавцова, Г.В. Шаталов, С.С. Никулин [и др.] // Деревообрабатывающая промышленность. – 2023. – №2. – С. 90-98.

5. Применение продуктов термоокислительной деструкции бутадиен-нитрильного каучука как модификатора натуральной древесины / Т.Н. Шехавцова, Н.С. Никулина, Г.В. Шаталов [и др.] // Системы. Методы. Технологии. – 2024. - №2 (62) – С.170-176. doi: 10.18324/2077-5415-2024-2-170-176.

6. Патент 2785544 С1 РФ, МПК С08С19/08; С08С19/04; С08F36/06; С08F36/08. Способ термоокислительной деструкции диенсодержащих каучуков / В.Н. Папков, Г.В. Шаталов, Т.Н. Шехавцова; заявитель и патентообладатель ФГУП «НИИСК» им. академика С.В. Лебедева; заяв. № 2022114967А; 01.06.2022; опубл. 08.12.2022.

**На диссертацию и автореферат поступили 7 отзывов**, все отзывы положительные: **Люсова Л.Р.** – д.т.н., профессор, и.о. заведующего кафедрой химии и технологии переработки эластомеров имени Ф.Ф. Кошелева. Институт тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова ФГБУ ВО «МИРЭА Российский технологический университет»; **Кижняев В.Н.** – д.х.н., профессор, заведующий кафедрой органической химии и высокомолекулярных соединений ФГБУ ВО «Иркутского государственного университета»; **Бельчинская Л.И.** – д.т.н., профессор, главный научный сотрудник Научно-исследовательского отдела (НИО) ФГБОУ ВО «Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова»; **Шашок Ж.С.** – д.т.н., профессор, профессор кафедры полимерных композиционных материалов и **Касперович А.В.** – к.т.н., доцент, заведующий кафедрой полимерных композиционных материалов учреждения образования, «Белорусский государственный технологический университет»; **Никулина Н.С.** – к.т.н., доцент кафедры технических комплексов охраны и связи УФСИН РОССИИ ПО ВОРОНЕЖСКОЙ ОБЛАСТИ; **Насыров И.Ш.** – к.х.н., советник директора по производству

изопрена и синтетических каучуков, Акционерное общество «Стерлитамакский нефтехимический завод» (АО «СНХЗ»); Михалева Н.А. – к.т.н., начальник центра технического сервиса клиентов ООО Производственно-сервисная компания «БИОСИНТЕЗ».

Содержание критических замечаний, содержащихся в отзывах, сводится к следующему: почему был сделан выбор на применении именно азодиизобутиронитрила в качестве радикального инициатора, учитывая наличие альтернативных инициаторов; целесообразно ли продолжение термоокисления после выхода кривой на плато так как дальнейшее воздействие не приводит к существенным изменениям макромолекулярных параметров; почему вы в одних случаях характеризуете полимеры по величине  $M_w$ , а в других по значению  $[\eta]$ ; следует уточнить, какие именно допущения легли в основу при построении математической модели каучука СКД-НД; из данных автореферата не понятно какой из изученных в работе каучуков является более устойчивым к термоокислению; проводилась ли очистка, подвергаемых термоокислительной деструкцией каучуков, от антиоксидантов; не понятна фраза на стр.7 автореферата о нерастворимости АИБН в толуоле, указанный инициатор прекрасно растворяется в толуоле; вряд ли стоит называть деструкцию каучука под действием кислорода, но в отсутствии радикального инициатора, термомеханической деструкцией, эта такая же термоокислительная деструкция, как и в присутствии АИБН, только протекающая с меньшей скоростью; имеет ли практический смысл добавление низкомолекулярных продуктов окисления каучуков в качестве добавки при вулканизации резин? Не спровоцирует ли, в свою очередь, кислородсодержащие добавки ускорение процессов окисления получаемых резиновых изделий, что может сократить срок их эксплуатации?; на стр. 13 по данным рис. 6 возникает противоречие между графической и текстовой интерпретацией результатов; в автореферате ничего не сказано о том, осуществлялась ли проверка чистоты азодиизобутиронитрила перед его использованием; в автореферате отсутствуют данные о изменении микроструктуры каучуков в ходе термоокислительного воздействия; в автореферате приведены данные о деструкции в ксилоле и толуоле, но не указано в каком из растворителей процесс деструкции каучуков протекает с более высокой скоростью; для более полного представления об особенностях термоокислительной деструкции следовало бы использовать данные дифференциально-термического анализа; на стр. 3 содержится утверждение:

«Установлено комплексообразование между его компонентами за счет донорно-акцепторного взаимодействия  $>C=O$  и  $-C\equiv N$  групп». Возникает вопрос, на каких экспериментальных данных или теоретических предпосылках основаны подобные выводы; для уточнения предполагаемого механизма деструкции следовало бы провести деструкцию в отсутствие кислорода воздуха и проследить как изменяется величина  $M_w$  у полимеров; проводились ли в рамках исследования эксперименты по термоокислительной деструкции бутадиен-нитрильных каучуков с содержанием нитрилакриловой кислоты (НАК) в объёмных долях, превышающих 26%, в частности, при 40%; на стр.18 допущена техническая ошибка не “уменьшение” до 10 масс.ч., а “увеличение”.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их многолетним опытом, профессионализмом и компетентностью в научно-исследовательских направлениях, смежных с тематикой диссертации по защищаемой специальности, что подтверждается наличием публикаций в данной отрасли науки, способностью оценить научную новизну, теоретическую ценность и практическую значимость диссертации.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**разработана** технология получения низкомолекулярных полимеров с заданной молекулярной массой термоокислительной деструкцией диеновых каучуков и отходов их производства в растворе при радикальном иницировании в присутствии воздуха для возможного применения в качестве добавок к резиновым смесям и покрытиям для древесины;

предложена принципиальная технологическая схема получения низкомолекулярных полимеров для практического использования;

оценены значения кинетических параметров термоокисления бутадиенового каучука СКД-НД и разработана имитационная модель прогнозирования и оценки показателей свойств, определяющих качество продуктов деструкции.

**предложены** и научно обоснованы подходы к выбору технологических параметров процесса деструкции диеновых полимеров и их отходов в условиях опытного производства;

**доказана** перспективность использования низкомолекулярных продуктов деструкции диеновых каучуков и отходов их производства как

технологических добавок к резиновым смесям и влагозащитным покрытиям древесных изделий и материалов;

доказано участие в жидкофазном термоокислении всех компонентов реакционной среды в отсутствие полимера.

**Новые понятия не вводились.**

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказаны и обоснованы** подходы к разработке технологии термоокислительной деструкции диеновых каучуков и отходов их производства для получения низкомолекулярных полимеров с впервые используемым деструктирующим аддуктом – азодиизобутиронитрил-метилэтилкетон, обеспечивающим гомогенность среды. Установлен количественный состав и строение продуктов термоокисления исходных низкомолекулярных веществ участвующих в деструкции;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован** комплекс существующих базовых методов исследования, в том числе инструментальные методы исследования свойств полимеров и продуктов деструкции: ИК-, УФ-, хромато-масс-спектрологии, гель-проникающая (ГПХ), газо-жидкостная хроматография (ГЖХ), химический анализа, а также методы испытания резин и водостойких покрытий;

**изложены и обоснованы** технологические параметры процесса деструкции диеновых полимеров и их отходов в условиях опытного производства, разработана принципиальная технологическая схема деструкции;

**раскрыты** проблемы, а также сформулированы условия получения низкомолекулярных полимеров с заданными молекулярной массой и молекулярно-массовым распределением, функциональными группами, на основе каучуков общего и специального назначения, а также отходов их производства;

**изучены** условия протекания процесса деструкции с получением низкомолекулярных полимеров с заданными параметрами на примере использования бутадиеновых, изопреновых и бутадиен-нитрильных каучуков различных марок;

**проведена модернизация** способа получения низкомолекулярных функционализированных полимеров термоокислительной деструкцией

диенсодержащих каучуков и их отходов;

кинетической схемы, описывающей процесс жидкофазной термоокислительной деструкции бутадиенового каучука в присутствии радикального инициатора и кислорода воздуха;

математической модели процесса термоокисления каучука СКД-НД, учитывающая сшивку макрорадикалов в системе «полимер-растворитель» и присутствие радикального инициатора.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**разработаны и внедрены** лабораторный и цеховой регламенты проведения процесса, принципиальная технологическая схема получения низкомолекулярных полимеров на основе некондиционного каучука СКД-НД;

**определены** перспективы практического применения продуктов деструкции в качестве технологической добавки к резиновым смесям на основе цис-1,4-бутадиенового каучука, а также в качестве влагозащитного покрытия для древесных материалов и их изделий. Продукты прошли апробацию на ООО «Модификация» (г. Воронеж);

**создан** комплекс практических рекомендаций по переработке некондиционных каучуков и их отходов;

**представлены** системный анализ способов получения низкомолекулярных функционализированных полимеров жидкофазной термоокислительной деструкцией кислородом воздуха в присутствии радикального инициатора с применением каучуков СКД-НД, СКД-Л, СКИ-3, СКИД-Л, СКН-18 СНТ и СКН-26 СМНТ, их некондиционных продуктов и отходов производства;

особенности изменения молекулярной массы (характеристической вязкости) от времени деструкции в зависимости от состава иницирующих аддуктов, температуры процесса, концентрации полимера в растворе, типа ароматического растворителя, скоростей перемешивания и подачи воздуха;

математическое описание процесса термоокисления каучука СКД-НД, учитывающее сшивку макрорадикалов в системе «полимер-растворитель» и присутствие радикального инициатора, которое отвечает предложенной кинетической схеме;

**Оценка достоверности результатов исследования** выявила, что экспериментальные **результаты получены** на сертифицированном оборудовании с использованием современного комплекса методов исследования полимеров и продуктов деструкции: УФ-спектры получали на приборе «Shimadzu UV-1800» (Япония) в кварцевых кюветах, толщиной 1 см, в диапазоне 190-600 нм; ИК-спектры регистрировали на приборе Veutex 70 Брукер (Германия) методом нарушенного внутреннего полного отражения (НВПО) с приставкой ART Platinum с алмазной призмой также фирмы Брукер; молекулярные массы полимеров определяли методом гелепроникающей хроматографии (ГПХ), на жидкостном хроматографе фирмы Waters элюированием раствора полимера в тетрагидрофуране через колонки Styragel HR 6 (7.8×300 mm),  $\mu$ - Styragel 10<sup>4</sup> A (7.8×300 mm), Styragel HMW 7 (7.8×300 mm), и последующем расчете молекулярно-массового распределения (ММР) с помощью установленной программы Breeze 2; состав продуктов термоокисления низкомолекулярных веществ определяли на хромато-масс-спектрометрическом комплексе Agilent Technologies 7890B GC System с масс-селективным детектором Agilent Technologies 5977A MSD; вулканизационные характеристик резиновых смесей определяли по реограммам, полученным на безроторном реометре MDR-3000A в соответствии с ГОСТ 14924-2019; оценка гидрофобных свойств модифицированной древесины выполнена с использованием полного факторного эксперимента типа 2<sup>n</sup>. Расчет проводился в программе STATISTICA 10 (Software Inc).

**теория построена** на известных, воспроизводимых данных, согласуется с опубликованными результатами по теме диссертации;

**идея базируется** на анализе практики, известных литературных экспериментальных данных; обобщении передового опыта в области переработке полимерных отходов с акцентом на перспективный метод жидкофазной термоокислительной деструкции с использованием кислорода воздуха и радикальных инициаторов;

**использовано** сравнение результатов эксперимента, полученных с использованием авторских методов с результатами других авторов по исследуемой тематике;

**установлено**, что полученные в диссертационном исследовании результаты не противоречат данным, представленным в независимых источниках по данной тематике;

**использованы** современные методы анализа, обработки информации и прогнозирования свойств полимерных композиций.

**Личный вклад соискателя состоит** в непосредственном участии во всех этапах диссертационного исследования: анализе и обобщении научно-технических данных последних лет, вошедших в литературный обзор; обосновании выбора объектов исследования; постановке цели и задач исследования; проведении научных экспериментов; обработке полученных экспериментальных данных; проведении расчетов; анализе и обсуждении полученных результатов и выводов; выдаче рекомендаций; представлении полученных результатов на конференциях и подготовке публикаций по выполненной работе.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было. Соискателю были заданы вопросы об корректности сопоставления двух зависимостей при разных температурах и концентрации аддукта, разработке рекомендаций для получения полимеров с заданными параметрами, оценки таких показателей как жесткость по Дефо и вальцуемость, набухание и невымываемость, ухудшении физико-механических показателей резин при введении деструктата, **(д.т.н., проф. Карманова О.В.)**; методах определения содержания функциональных групп в продуктах деструкции, системности анализа способов получения низкомолекулярных полимеров **(д.х.н., проф. Мокшина Н.Я.)**; изучении термоокисления каучука СКД, синтезированном на титановом катализаторе, проведении сравнительного анализа деструкций на разных инициаторах, использовании гидропероксида в качестве инициатора деструкции **(д.т.н., проф. Никулин С.С.)**; изучении других свойств древесины, обработанной деструктатом, кроме водопоглощения, перспективы применения древесины, модифицированной деструктатом **(д.т.н., доцент Пугачева И.Н.)**; изменении растворимости полибутадиена в толуоле после деструкции, в связи с появлением полярных групп в конечных продуктах, отсутствие корреляции между определением функциональных групп методами химического анализа и ИК-спектроскопии, определении в продуктах деструкции протогенных групп **(д.т.н., проф. Корчагин В.И.)**.

Соискатель, Шехавцова Татьяна Николаевна, ответила на задаваемые ей в ходе обсуждения вопросы, привела собственную аргументацию и интерпретацию данных, с рядом рекомендаций согласилась.

