

ОТЗЫВ

официального оппонента Ворончихина Василия Дмитриевича, доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой химической технологии твердых ракетных топлив, нефтепродуктов и полимерных композиций ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» на диссертационную работу Халдеевой Анны Романовны «Разработка морозостойких уплотнительных резин на основе эпихлоргидринового каучука для эксплуатации в экстремально холодном климате», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки)

Актуальность темы

Освоение Арктической зоны Российской Федерации является стратегическим приоритетом государственной политики согласно Стратегии развития Арктической зоны и обеспечения национальной безопасности до 2035 г. (Указ Президента РФ № 645 от 26.10.2020 г.).

Значительная доля отказов машин и механизмов в условиях Крайнего Севера связаны именно с разрушением или частичной потерей работоспособности резиновых уплотнительных элементов, что приводит к вынужденным простоям и значительному экономическому ущербу. Эти отказы происходят под комплексным воздействием низких температур в зимний период (до минус 65 °С), УФ-излучения, резких температурных колебаний в осенне-зимний и весенний периоды, агрессивных углеводородных сред и других факторов, при которых в резинах изменяются упруго-деформационные характеристики и активируются процессы деградации эластомерной матрицы, что приводит к преждевременному разрушению изделий.

Как следствие, приоритетным направлением научных исследований арктического материаловедения является разработка эластомерных материалов, сочетающих высокую морозостойкость с агрессивостойкостью.

В диссертационной работе Халдеевой А.Р. достижение такого баланса свойств основано на обоснованном подборе всех компонентов резиновой смеси. При этом требуемый уровень морозо- и агрессивостойкости резинотехнических изделий достигается прежде всего за счет использования эластомерной матрицы с низкой температурой стеклования.

Анализ содержания работы и ее завершенности

Представленная на отзыв диссертационная работа соответствует требованиям, установленным ВАК РФ, и изложена на 178 машинописных

страницах и включает 36 рисунков, 21 таблицу, 232 наименований литературных источников, 6 приложений.

Работа состоит из введения, литературного обзора, описания объектов и методов исследования, изложения основных результатов и их обсуждения, выводов (заключения), сокращений и условных обозначений, списка использованных источников и приложений.

Во введении автором аргументирована актуальность выбранной темы диссертационной работы, определены цель исследования и задачи, решаемые для её достижения, представлены используемая методология, научная новизна и практическая значимость выполненной работы. Представлены основные положения диссертационного исследования, выносимые на защиту.

В первой главе диссертационной работы был проведен анализ отечественной и зарубежной научно-технической и патентной литературы, посвященной созданию морозостойких резин уплотнительного назначения и представлен материаловедческий аспект разработки морозостойких резин. Особое внимание при подготовке обзора автор работы уделил вкладу вулканизирующей системы, пластификаторов и стабилизаторов в процессы структурообразования и эксплуатационной долговечности при разработке эластомерных материалов.

Во второй главе представлены характеристики объектов исследования (эпихлоргидриновый каучук (ЭХГК) марки Hydrin T6000 (производитель Zeon Chemicals L.P) и ингредиенты эластомерных композиций), а также подробно изложены используемые методики исследований и их аппаратное оформление.

В третьей главе представлены результаты разработки морозостойких уплотнительных резин на основе ЭХГК марки Hydrin T6000 путем целенаправленного подбора вулканизирующей системы, пластификатора и активного наполнителя.

При рассмотрении влияние ускорителей вулканизации на процессы структурообразования в эластомерных материалах на основе ЭХГК автор предлагает использование комбинации ускорителей вулканизации для обеспечения более высокой степени структурирования. Это позволит повысить уровень упруго-прочностных характеристик и увеличить стойкость к воздействию жидких агрессивных сред.

Оценка влияния пластификаторов линейного (дибутилсебагинат, диоктилсебагинат, диоктиладипинат, триэтиленгликоль-ди-(2-этилгексаноат)) и разветвленного (диоктилфталат, диоктилтерефталат) типа на технологические свойства резиновых смесей и морозостойкость резин проведена как на теоретическом уровне (по параметрам растворимости Хансена), так и экспериментально. При этом автором установлена эффективность технологии предварительного набухания

каучука в пластификаторе как способа направленного регулирования технологичности и морозостойкости резин на основе Hydrin T6000.

Влияние углеродных наполнителей (технического углерода марки N 330 и марки N 774) в составе резин на основе Hydrin T6000 оценивалось по реометрическим и упруго-прочностным характеристикам композиций. Отмечено, что использование технического углерода марки N 774 в количестве 65-80 масс. ч. обеспечивает высокий уровень физико-механических показателей вулканизатов на основе ЭХГК, а последующее термостатирование готовых РТИ является эффективным технологическим решением, позволяющим значительно снизить ОДС при сохранении высокого уровня морозостойкости.

Четвертая глава посвящена исследованию влияния пространственно-затрудненных фенольных стабилизаторов Стафен, СО-3, СО-4 (опытное производство НИОХ СО РАН, г. Новосибирск) на физико-механические свойства и структуру резин на основе эпихлоргидринового каучука Hydrin T6000 при климатическом старении в натуральных условиях Республики Саха (Якутия).

Автором методами СЭМ и ИК-спектроскопии проведена оценка степени окисления образцов в присутствии стабилизаторов фенольного и аминного типа и доказана их высокая эффективность пространственно-затрудненных фенолов в составе композиций на основе эпихлоргидринового каучука, предназначенных для эксплуатации в условиях воздействия экстремально холодного климата и агрессивных рабочих сред.

В пятой главе изложены результаты работ по внедрению изделий на основе разработанных составов эластомерных композиций на промышленных предприятиях Республики Саха (Якутия). Испытания показали, что разработанные резины выдерживают эксплуатационные нагрузки при низких климатических температурах и могут быть рекомендованы к серийному производству.

Полученные данные по всем главам автор проанализировал и обосновал с научной точки зрения. Сформулированные выводы, изложенные в **заключении диссертационной работы**, отражают её научную новизну и практическую значимость.

Научная новизна исследований.

Автором разработаны научные основы выбора функциональных ингредиентов для создания морозостойких (до минус 55 °С) уплотнительных резин на основе эпихлоргидринового каучука, основанные на выявлении закономерностей влияния структуры пространственной сетки, структуры пластификаторов, технического углерода, стабилизаторов.

Установлено, что применение тройной системы ускорителей вулканизации позволяет сформировать вулканизационную сетку резин на

основе ЭХГК с сульфидными связями различной химической природы с плотностью сетки на 13-15 % больше по сравнению с двойной системой, что обеспечивает повышение морозостойкости на 10 %, износостойкости на 50 % и снижение остаточной деформации сжатия на 11 %.

Установлено преимущество пластификаторов с линейной структурой для обеспечения высокой морозостойкости резин на основе ЭХГК за счет повышения сегментальной подвижности макромолекул каучука, что подтверждено сдвигом температуры стеклования на 7-21 °С в область низких температур, определенного методом ДСК. Обосновано использование технологии предварительного набухания каучука в пластификаторе, обеспечивающей улучшение технологичности резиновых смесей и повышение коэффициента морозостойкости резин на 12-13 %.

Впервые на основании комплексных климатических испытаний резин на основе ЭХГК Hydrin T6000 установлена взаимосвязь между изменениями физико-механических свойств и структуры резин с отечественными пространственно-затрудненными фенольными стабилизаторами в условиях воздействия деструктивных факторов резко-континентального климата Севера.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, представленных в диссертационной работе, подтверждается использованием различных стандартных и современных средств и методик исследований и анализом установленных свойств изучаемых эластомерных материалов. Основные положения, выносимые соискателем на защиту, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы и аргументированы.

Практическая значимость диссертационной работы

На основании проведенных автором исследований разработаны, прошли испытания и внедрены РТИ из разработанных материалов в организациях Республики Саха (Якутия): ОАО НК «Туймаада-нефть», ОАО «Саханефтегазбыт», ООО «Сервис-Кранспецавтоматика», ООО «ГЗК «Аэропорт ГСМ сервис»», АО «Аэропорт Якутск». Результаты эксплуатации опытных РТИ показали, что разработанные составы обеспечивают требуемый эксплуатационный ресурс и работоспособность машин и механизмов.

Полнота изложения материалов диссертационной работы

Результаты диссертационной работы прошли необходимую апробацию на научно-практических конференциях. По теме диссертационной работы было опубликовано 23 работы, в том числе 6 статей в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК РФ, 2 статьи в рецензируемых научных изданиях, индексируемых в международных базах данных Web of Science и Scopus, 1 глава в коллективной монографии, 1 патент РФ на изобретение и 13 публикаций в сборниках и материалах конференций различного уровня. Автореферат и

публикации Халдеевой А.Р. достаточно полно отражают содержание диссертационной работы.

Замечания по диссертационной работе

1. Используемый в работе зарубежный каучук Hydrin T6000 (производитель Zeon Chemicals L.P.) по данным изготовителя снят с производства. В связи с этим насколько корректным является использование именно этой марки эпихлоргидринового каучука в представленной работе?

2. В Российской Федерации, что также отмечает автор в диссертационной работе, на базе АО «Стерлитамакский нефтехимический завод» выпускается эпихлоргидриновый каучук СКЭХГ-СТ. Однако в работе отсутствуют экспериментальные данные, позволяющие оценить возможность применения данного каучука в сравнении с использованным в работе зарубежным каучуком Hydrin T6000 (производитель Zeon Chemicals L.P.)

3. В автореферате диссертации при описании содержания второй главы отмечается информация о проведении натурных испытаний на открытой атмосферной площадке климатического полигона Института проблем нефти и газа СО РАН (г. Якутск). Однако в диссертации во второй --главе этой информации нет – она представлена в главе 4.

4. В главе 3 автор рассматривает влияние на процессы структурообразования в разрабатываемых композициях основных компонентов. В тоже время в работе было бы целесообразно представить данные о характере влияния применяемых стабилизаторов на кинетические параметры процесса вулканизации и структуру образующейся вулканизационной сетки.

5. Наиболее распространённым наполнителем при изготовлении РТИ разной степени сложности является технический углерод П 803. Чем обусловлен выбор в работе именно марки технического углерода N 774?

Заключение

Указанные замечания не снижают научную и практическую значимость выполненной автором большой экспериментальной работы, позволившей предложить эффективный способ получения морозостойких уплотнительных резин на основе эпихлоргидринового каучука для изготовления изделий, эксплуатируемых в условиях Арктической зоны Российской Федерации. Представленная работа безусловно заслуживает положительной оценки.

Диссертационная работа Халдеевой Анны Романовны на тему «Разработка морозостойких уплотнительных резин на основе эпихлоргидринового каучука для эксплуатации в экстремально холодном климате» отвечает пунктам 1, 3 и 16 паспорта научной специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Диссертационная работа Халдеевой Анны Романовны на тему «Разработка морозостойких уплотнительных резин на основе эпихлоргидринового каучука для эксплуатации в экстремально холодном климате» представляет завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена важная научно-техническая задача, направленная на разработку морозостойких уплотнительных резин на основе эпихлоргидринового каучука для эксплуатации в экстремально холодном климате.

По своей актуальности, научной новизне, уровню выполнения, объёму, научной и практической значимости полученных результатов диссертационная работа полностью соответствует требованиям п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановления Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в актуальной редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор, Халдеева Анна Романовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.17. Материаловедение (технические науки).

Официальный оппонент

Заведующий кафедрой химической технологии твердых ракетных топлив, нефтепродуктов и полимерных композиций Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»,
доктор технических наук
по специальности 2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов, доцент

Ворончихин Василий Дмитриевич

«24» 09 2026 г.

Подпись Ворончихина В.Д. заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета

«24» 09 2026 г.

660037, г. Красноярск, пр. имени газеты «Красноярский рабочий», д. 31
ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева»,
тел. раб.: +7 (391) 222-72-73; 222-74-72;
тел. сот.: 8-983-293-78-45
E-mail: vvd-77@mail.ru