

«УТВЕРЖДАЮ»

Генеральный директор

НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ

Яковлев С.В.



2025 г.

М.П.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Диссертация Макущенко Ивана Сергеевича на тему «Противокоррозионный герметик для предотвращения коррозии сопрягаемых металлических материалов», выполнена в лаборатории № 628 «Герметизирующие и полимерные теплозащитные материалы» научно-исследовательского отделения «Функциональные материалы и технологии синтеза» федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ).

В период подготовки диссертации соискатель Макущенко Иван Сергеевич работал в НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ в секторе «Герметизирующие материалы» лаборатории № 628 «Герметизирующие и полимерные теплозащитные материалы». В период с 2020 г. работал в должности техника 1 категории лаборатории № 628 «Герметизирующие и полимерные теплозащитные материалы», в 2023 г. переведен на должность инженера лаборатории № 628. В 2024 г. переведен на должность инженера

2 категории лаборатории.

Макущенко Иван Сергеевич, 1994 года рождения, в 2018 году окончил магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова» по направлению/по специальности «Наноматериалы» с отличием.

С 2021 года обучается в аспирантуре федерального государственного унитарного предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ) по научной специальности 2.6.11. «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов». Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана 30.06.2025 г.

Научный руководитель – Козлов Илья Андреевич, кандидат технических наук, заместитель начальника научно-исследовательского отделения «Функциональные материалы и технологии синтеза», НИЦ «Курчатовский институт» - ВИАМ.

По итогам обсуждения принято следующее **заключение**:

Диссертационная работа Макущенко Ивана Сергеевича является научно-квалификационной работой, в которой решены важные научно-практические задачи:

1. Исследованы меркаптосодержащие олигомеры с различным содержанием SH-групп и выбран в качестве матрицы противокоррозионного герметика тиокол марки ТР-2. На основании результатов было установлено, что введение серы от 0,5 масс. ч до 1,5 масс. ч. в вулканизаты на основе меркаптосодержащих олигомеров увеличивает скорость отверждения, прочность при разрыве и твердость по Шору А.

2. Установлено, что увеличение физико-механических свойств модельной композиции герметика достигается при введении 0,1%

хромсодержащих ингибиторов коррозии. Введение хромсодержащих ингибиторов увеличивает скорость отверждения композиции, способствует образованию плотной разветвленной микроструктуры, увеличивающей площадь соприкосновения с влагой, которая одновременно способствует вымыванию ингибиторов и повышает стойкость композиции к воздействию жидкостей. Ингибиторы коррозии участвуют в процессе отверждения без полного химического взаимодействия с полимерной основой или компонентами композиции.

3. Установлено, что модельные композиции герметика, содержащие ингибиторы коррозии, показывают эффективную защиту от распространения коррозии. Эффект торможения коррозии в составе композиций увеличивается в ряду: фосфат цинка → тетраоксихромат цинка → ХЦА. Предпочтительным ингибитором коррозии является ХЦА. Показан механизм противокоррозионной защиты герметика, в котором ХЦА вымывается из модельной композиции герметика, осаждаясь с образованием нерастворимого соединения и препятствуя дальнейшему распространению коррозии алюминия.

4. На основании проведенных исследований была разработана рецептура и технология изготовления антикоррозионного герметика с присвоением марки ВГМ-17. Определен порядок ввода, режим диспергирования и соотношение при смешивании компонентов противокоррозионного герметика. Получен патент на изобретение RU 2817353 C1. Разработана техническая документация по изготовлению, применению и исследованию свойств противокоррозионного герметика: технологическая инструкция по изготовлению ТИ 1.595-28-1627-2022 и технологическая рекомендация по применению антикоррозионного герметика: ТР 1.2.3059-2023. Проведены исследования в рамках паспортизации.

Работа имеет важное практическое значение для авиационной промышленности и отвечает требованиям пунктов 9-11,14 Положения о

порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013г. №842.

Личный вклад соискателя заключается в непосредственном участии в поиске и анализе литературы по теме исследований, постановке и проведении экспериментов, обработке экспериментальных данных и интерпретации, полученных результатов, формулировке выводов, разработке рецептуры и технологии изготовления противокоррозионного герметика, подготовки заявки на патент и написании научных статей по теме диссертации.

Достоверность полученных в работе результатов подтверждается использованием стандартизованных методов испытаний, метрологически аттестованного, поверенного современного оборудования, статистической обработкой значительного объема экспериментальных данных.

Научная новизна:

1. Установлено, что введение серы в вулканизаты на основе тиокола ТР-2 до 1,5 масс. ч., способствует увеличению плотности вулканизационной сетки и структурных связей, повышающих прочность композиции. Таким образом происходит увеличение физико-механических свойств (условная прочность при разрыве, относительное удлинение при разрыве, твердость по Шору А)

2. Установлено, что введение хромсодержащих ингибиторов коррозии в количестве 0,1 % ускоряет отверждение модельной композиции герметика ввиду протекания дополнительных реакций с участием шестивалентного хрома и способствует образованию плотной разветвленной микроструктуры, увеличивающей площадь соприкосновения с влагой, но при этом повышающей водостойкость композиции. Полученная микроструктура способствует вымыванию ингибиторов коррозии, сохраняя герметичность композиции.

3. Предложен механизм защитного действия модельной композиции герметика, содержащего в составе ингибитор коррозии.

Установлено, что при контакте с жидкостью ингибитор коррозии вымывается на поверхность металла и пассивирует ее, снижая ток коррозии, возникающий при контакте сопрягаемых разнородных материалов, более чем в 2,6 раза.

На основании выполненных исследований были получены следующие **практические результаты:**

1. Определена зависимость изменения механических свойств противокоррозионного герметика от условий окружающей среды, что позволит оптимизировать процесс сборки конструктивных элементов летательных аппаратов.

2. Разработана рецептура и технология изготовления герметика, обеспечивающего дополнительную противокоррозионную защиту, в том числе от контактной коррозии сопрягаемых материалов, работающих в диапазоне температур от минус 60 до плюс 130 °С в среде воздуха. Герметик присвоена марка ВГМ-17 (патент РФ № 2817353 «Антикоррозионный герметик» от 15.04.2024).

3. Оформлена следующая документация на разработанный материал:

– Технологическая инструкция ТИ 1.595-28-1627-2022 «Изготовление антикоррозионного герметика марки ВГМ-17,

– Технологическая рекомендация по применению антикоррозионного герметика: ТР 1.2.3059-2023 «Применение антикоррозионного герметика марки ВГМ-17».

Ценность научных работ соискателя заключается в том, что установлена связь между составом исходных компонентов герметика, технологическими особенностями их изготовления и физико-механическими и противокоррозионными защитными свойствами разработанного на их основе герметика.

Соответствие пунктам паспорта научной специальности

Область диссертационного исследования Макущенко И.С. включает исследования меркаптосодержащих олигомеров для использования их в качестве матрицы при разработке противокоррозионного герметика, исследования влияния ингибиторов коррозии на физико-механические свойства, скорость отверждения, влагопоглощение и микроструктуру модельной композиции герметика на основе меркаптосодержащего олигомера, подтверждение эффективности защитных свойств модельной композиции герметика, содержащей ингибиторы коррозии, путем проведения коррозионных испытаний, разработка рецептуры и технологии изготовления герметика, обеспечивающего дополнительную противокоррозионную защиту.

Указанная область исследований соответствует паспорту научной специальности 2.6.11. «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов» (технические науки):

П.2. Полимерные материалы и изделия: пластмассы, волокна, каучуки, резины, пленки, покрытия, нетканые материалы, натуральные, искусственные и синтетические кожи, клеи, компаунды, композиты, бумага, картон, целлюлозные и прочие композиционные материалы, включая наноматериалы; свойства синтетических и природных полимеров, фазовые взаимодействия; исследования в направлении прогнозирования состав-свойства, технологии изготовления изделий и процессы, протекающие при этом; последующая обработка с целью придания специальных свойств; процессы и технологии модификации; вулканизация каучуков; сшивание пластмасс; фазовое разделение растворов; отверждение олигомеров.

П.3. Физико-химические основы процессов, происходящих в материалах на стадии изготовления изделий, а также их последующей обработки, в процессе эксплуатации; моделирование технологических процессов переработки; экологические проблемы технологии синтетических и природных полимеров и изготовления изделий из них; разработка

теоретических основ и способов переработки отходов производств материалов на основе синтетических и природных полимеров; получение сопутствующих веществ при переработке полимерного сырья.

П.6. Полимерное материаловедение; методы прогнозирования и прототипирования; разработка принципов и условий направленного и контролируемого регулирования состава и структуры синтетических и природных полимерных материалов для обеспечения заданных технологических и эксплуатационных свойств; разработка и совершенствование методов исследования и контроля структуры; испытание и определение физико-механических и эксплуатационных характеристик синтетических и природных полимерных материалов и изделий; теоретические и прикладные проблемы стандартизации новых синтетических и природных полимерных материалов и технологических процессов их производства, обработки и переработки.

Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертации опубликовано 13 научных работ, из них 2 в изданиях, входящих в перечень ВАК при Минобрнауки России, 3 в журналах, включенных в международные системы цитирования Web of science и Scopus и 1 патент Российской Федерации.

Основные положения диссертации с достаточной полнотой представлены в следующих публикациях:

Список основных трудов по теме диссертации опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России:

1. Макущенко И.С., Козлов И.А., Смирнов Д.Н., Куршев Е.В., Лонский С.Л. Исследование микроструктуры и распределения ингибиторов коррозии в полисульфидном герметике //Авиационные материалы и технологии. 2025. № 2 (79). С. 128-136. – DOI: 10.18577/2713-0193-2025-0-2-128-136;

2. Макущенко И.С., Козлов И.А., Смирнов Д.Н., Куршев Е.В., Лонский С.Л. Влияние ингибиторов коррозии на микроструктуру и кинетику вулканизации полисульфидного герметика //Труды ВИАМ. 2024. № 4 (134). С. 123-132. – DOI: 10.18577/2307-6046-2024-0-4-123-132;

Публикации, индексируемые базами Web of science и Scopus:

1. Makushchenko I.S., Smirnov D.N., Kozlov I.A., Vdovin A.I., Karachevtsev F.N. A study of the protective properties of a polysulfide sealant containing corrosion inhibitors // Polymer Science, Series D. 2024. Vol. 17, No.2 P.315-321. DOI: 10.1134/s01995421224700527;

2. Makushchenko I.S., Smirnov D.N., Kozlov I.A. Inhibitors: classification and mechanism of corrosion protection (literature review) // Steel in Translation. 2023. Vol. 53. No 12. C. 1205-1210. DOI: 10.3103/s0967091224700128;

3. Makushchenko I.S., Smirnov D.N., Kozlov I.A. Polysulfide anticorrosion sealants and corrosion preventive compounds (literature review) // Steel in Translation. 2023. Vol. 53. No 6. C. 498-501. DOI: 10.3103/s0967091223060104;

Патент:

1. Вахрушева Я.А., Венедиктова М.А., Смирнов Д.Н., Макущенко И.С., Самсонова Н.В. Антикоррозионный герметик // Патент на изобретение RU 2817353 C1, 15.04.2024. Заявка от 14.04.2023;

Иные публикации по теме диссертации:

1. Makushchenko I.S., Kozlov I.A. Anti-corrosion sealant to prevent crevice corrosion of matting materials// Book of abstracts. XIII International Conference on Chemistry for Young Scientists «Mendeleev 2024». Saint Petersburg, 2024, P.224;

2. Макущенко И.С., Козлов И.А., Смирнов Д.Н., Евдокимов А.А. Изменение микроструктуры полисульфидного герметика при введении ингибиторов коррозии // Материаловедение, формообразующие технологии и

оборудование 2024 (ICMSSTE 2024). Материалы международной научно-практической конференции. Симферополь, 2024. С. 77-81;

3. Макущенко И.С. Исследование влияния различных ингибиторов коррозии на свойства полисульфидных герметиков // XXVI Туполевские чтения (школа молодых ученых). Материалы Международной молодёжной научной конференции. Сборник докладов. Казань, 2023. С. 363-368;

4. Макущенко И.С., Козлов И.А., Евдокимов А.А. Антикоррозионные герметики в авиационной промышленности // Сборник трудов. Тезисы докладов IV Международной научно-технической конференции «Современные достижения в области клеев и герметиков: материалы, сырье, технологии» – Н. Новгород, 2023. С. 232;

5. Макущенко И.С., Смирнов Д.Н., Козлов И.А. Олигомеры с функциональными группами для герметиков авиационного назначения // Олигомеры-2022. Сборник трудов XIX Международной конференции по химии и физикохимии олигомеров. Тезисы докладов. Отв. редактор М.П. Березин. Москва-Суздаль-Черноголовка, 2022. С. 132;

6. Макущенко И.С., Смирнов Д.Н. Современные тенденции применения антикоррозионных герметиков в области авиастроения // Седьмые Колачёвские чтения: материалы VII Всероссийской молодежной научно-практической конференции. 2022. С. 71-73;

7. Макущенко И.С., Смирнов Д.Н., Вахрушева Я.А., Козлов И.А. Герметизирующие материалы для элементов остекления авиационной техники // Функциональные и полимерные материалы для авиационного остекления. Сборник докладов всероссийской научно-технической конференции. Москва, 2021. С. 25-41.

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают ее основные положения.

Текст диссертации был проверен на использование заимствованного материала без ссылки на авторов и источники заимствования. После

исключения всех корректных совпадений иных заимствований не обнаружено.

Диссертационная работа Макущенко Ивана Сергеевича рекомендуется к публичной защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.6.11. «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов».

Заключение принято на заседании научно-исследовательского отделения «Функциональные материалы и технологии синтеза».

Присутствовало на заседании – 23 человека, в том числе с правом голоса – 21, из них докторов наук – 3, кандидатов наук – 12.

Результаты голосования: «за» – 21, «против» – 0, «воздержались» – 0.

Протокол № 27 от «04» июля 2025 г.

Председательствующий:

Начальник НИО

«Функциональные материалы и
технологии синтеза», д.т.н., доцент



Славин

Андрей

Вячеславович