

Отчет по результатам реализации проекта по первому и второму этапам гранта

КИАС РФФИ № 19-38-90010 «Аспиранты»

Тема проекта: Разработка структуры и исследование свойств теплоизоляционных нетканых материалов на основе инновационных волокон.

Актуальность проведенного исследования определяется тем, что разработка и производство высокотехнологичных материалов с учетом «Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации», «Стратегии развития Арктической зоны», развития мировых технологий, новых подходов к безопасности труда и качества защитной одежды – актуальная задача.

Объект исследования – теплоизоляционные нетканые материалы.

Предмет исследования – качество теплоизоляционных нетканых материалов.

Целью работы являлась разработка и исследование нетканых материалов со специальными (высокоэффективными теплофизическими) показателями, а также разработка методологии оценки показателей их качества.

В соответствии с поставленной целью в работе решены следующие задачи:

- спроектированы, разработаны и произведены саморегулируемые нетканые материалы (утеплители), которые способны к адаптивному функционированию в условиях изменяющейся внешней и внутренней среды;
- разработана методология оценки инновационных нетканых материалов;
- осуществлен выбор определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов;
- определены теплофизические показатели разработанных материалов в условиях моделирования среды;
- разработаны рекомендации по оптимальному использованию, с учетом волокнистого состава, свойств и показателей качества полученных теплоизоляционных материалов, для создания моделей зимней одежды с учетом экономических показателей и климатических особенностей Российской Федерации;
- проведена оценка качества и разработаны мероприятия по осуществлению контроля качества инновационных нетканых материалов с включенными полиакрилатными волокнами.

Научная новизна: разработаны технические и технологические решения формирования структуры инновационных нетканых материалов на основе современных методик исследования и оценки показателей их качества, в том числе:

- получены уравнения регрессий, позволяющие осуществить подбор оптимального волокнистого состава и поверхностной плотности нетканых материалов из инновационных волокон;
- разработаны аналитические средства исследования определяющих показателей качества;
- получены цифровые модели структуры, позволяющие оценивать уровень изотропности теплоизоляционных нетканых материалов;
- получены инновационные теплоизоляционные нетканые материалы.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке методологии оценки и рационального применения саморегулируемых нетканых материалов в качестве утеплителя одежды.

Практическая значимость работы заключается в:

- использовании разработанной методологии оценки и контроля качества при промышленном выпуске саморегулируемых нетканых материалов с полиакрилатными волокнами;
- внедрении разработанного инновационного нетканого материала в качестве теплоизоляционного слоя одежды специального назначения, в том числе комплектов одежды, спальных мешков, используемых экспедициями при исследовании Арктики и Антарктики, освоения космического пространства;
- использовании полученных данных индустриальным партнером – производственной компанией ООО «Термопол» (внесены изменения в действующие технические условия ТУ 8391-002-72922610-05 и внедрен план непрерывного статистического контроля для цеха термоскрепленных материалов;
- использовании методологии количественной сырьевой оценки при исследовании инновационных нетканых материалов).

Основные полученные результаты проведенного исследования заключаются в следующем:

- установлены 11 определяющих показателей качества и коэффициенты их значимости для саморегулируемых теплоизоляционных нетканых материалов с включенными полиакрилатными волокнами методами причинно-следственной схемы Исикавы и экспертного опроса: суммарное тепловое сопротивление до и после мокрой обработки – 0,10, воздухопроницаемость – 0,08, гигроскопичность – 0,08, миграция – 0,08, неровнота по массе – 0,08, толщина – 0,08, устойчивость к многократному сжатию – 0,07, волокнистый состав – 0,07, изменение линейных размеров после мокрой обработки – 0,07, разрывная нагрузка по длине и ширине – 0,06, разрывное удлинение по длине и ширине – 0,06;

- для достоверной количественной оценки значимости определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов рекомендовано использование метода Делфи с использованием групп экспертов: производителей одежды и материалов, а также ученых;

- установлено, что для оценки саморегулируемых волокнистых систем с включенными полиакрилатными волокнами, наиболее достоверным методом, с высоким уровнем воспроизводимости, является использование сегментированных термоманекенов с функцией движения и перспирации;

- доказана эффективность работы полиакрилатных волокон в составе теплоизоляционных нетканых материалов и установлен оптимальный волокнистый состав: полиэфирные волокна – 45%, полиакрилатные волокна – 35%, легкоплавкие волокна (связующее) – 20%;

- установлено, что наиболее рациональным является «зонированный» принцип использования теплоизоляционных нетканых материалов (с включенными полиакрилатными волокнами) в комплекте одежды. В зоне ядра тела и его ближайшего окружения рекомендовано использование теплоизоляционного нетканого материала, содержащего 45% полиэфирных волокон, 35% полиакрилатных волокон, 20% легкоплавких волокон (связующее), в остальных зонах рекомендовано использование теплоизоляционных нетканых материалов, состоящих из: 80% полиэфирных волокон и 20% легкоплавких волокон. Предложенное распределение теплоизоляционного слоя позволяет обеспечить температурный гомеостаз внутренних органов и предупредить переохлаждение во время интервальных нагрузок при низких температурах окружающей среды;

- разработана трехмерная модель структуры, которая позволяет оценить уровень изотропности саморегулируемых теплоизоляционных нетканых материалов;
- получены идентификационные характеристики, позволяющие с определенным уровнем достоверности оценить количественный и сырьевой состав теплоизоляционных нетканых материалов с полиакрилатными волокнами, а также спрогнозировать эксплуатационные показатели их качества;
- с помощью корреляционного анализа комплексных оценок качества теплоизоляционных нетканых материалов установлено, что при выборе лучшего саморегулируемого материала оптимальным является вычисление средней арифметической комплексной оценки по относительным показателям, для ранжирования материалов по показателям наиболее эффективным является вычисление средней арифметической комплексной оценки по непрерывным ранговым оценкам;
- на основе анализа корреляционной матрицы определяющих показателей качества, с учетом природы связей, установлено, что для осуществления технологического контроля при промышленном выпуске саморегулируемых теплоизоляционных нетканых материалов с включенными полиакрилатными волокнами необходимо осуществлять непрерывный статистический контроль пяти показателей качества: суммарное тепловое сопротивление до мокрой обработки, гигроскопичность, неровнота по массе, разрывное удлинение по длине, поверхностная плотность с использованием контрольных карт Шухарта среднего, среднего квадратического отклонения и размаха варьирования.

Название научных мероприятий, в которых были изложены основные положения исследования.

1. Международный Косыгинский Форум: «Современные задачи инженерных наук» (г. Москва, 29-30 октября 2019 г.).
2. Всероссийская научно-техническая конференция: «Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности» (г. Казань, 14-15 ноября 2019 г.).
3. «Российская неделя текстильной и легкой промышленности – 2021» (г. Москва: ЦВК «Экспоцентр», 1 марта 2021 года).

4. «Российская неделя текстильной и легкой промышленности – 2021» (г. Москва: ЦВК «Экспоцентр», 2 марта 2021 года).
5. XXIV международной научной конференции «мода и дизайн: исторический опыт – новые технологии» (г. Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», 26 – 29 мая 2021 года).

Тип доклада

Очное участие в мероприятии с докладом по результатам реализации проекта.

Название докладов

1. Разработка саморегулирующихся нетканых систем на основе полиакрилатных волокон.
2. Разработка структуры и исследование свойств теплоизоляционных нетканых материалов на основе инновационных волокон.
3. Домашний текстиль российского производства – это модно.
4. Нетканые материалы: в поисках волокна.
5. От традиции к современности. Разработка инновационных принципов теплоизоляции одежды.

Научные статьи, в которых изложены основные результаты исследования.

1. Мезенцева, Е.В., Мишаков В.Ю. Выбор определяющих показателей качества теплоизоляционных нетканых материалов с использованием причинно-следственных схем Исикавы / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 4 (382). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019. – С.108 – 115.
2. Мезенцева, Е.В. Исследование структуры и свойств нетканых объемных материалов в зависимости от содержания полиэфирных волокон / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 5 (383). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019. – С. 54 – 60.
3. Мезенцева, Е.В. Исследование теплоизоляционных свойств нетканых материалов в составе комплектов одежды на термоманекене в состоянии движения и имитации перспирации / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных

- заведений. Технология текстильной промышленности, № 5 (383). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019. – С. 143 – 150.
4. Мезенцева, Е.В. Исследования структурных характеристик нетканого объемного термоскрепленного материала, сформированного путем диспергирования волокон в потоке воздуха, содержащего полиакрилатные волокна / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, № 3. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – 2019 – С. 29 – 33.
5. Мезенцева, Е.В. Использование методов термического анализа и инфракрасной спектроскопии для получения паспорта состава нетканых материалов, содержащих полиакрилатные волокна / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности, № 4. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – 2019. – С. 16 – 19.
6. Мезенцева, Е.В. Разработка саморегулирующихся нетканых систем на основе полиакрилатных волокон / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Современные задачи инженерных наук: сборник стендовых докладов молодых ученых и студентов: Международный Косыгинский Форум (29-30 октября 2019 г.). – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2019. – с. 117-119.
7. Мезенцева, Е.В. Разработка структуры и исследование свойств теплоизоляционных нетканых материалов на основе инновационных волокон / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков, В.В. Иванов // Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности: сборник статей Всероссийской научно-технической конференции / под. Ред. Л.Н. Абуталиповой; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ (14-15 ноября 2019 г.). 2019. – с. 231 – 237.
8. Мезенцева, Е.В. Технический текстиль: перспективы и проблемы развития в РФ (на примере внедрений «Термопол») / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов // Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности: сборник статей Всероссийской научно-технической конференции / под. Ред. Л.Н. Абуталиповой; Минобрнауки

России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ (14-15 ноября 2019 г.). 2019. – с. 238 – 242.

9. Мезенцева, Е.В. Актуальные проблемы финансирования инновационной деятельности промышленных предприятий текстильной отрасли / Е.В. Мезенцева, В.В. Иванов, В.Ю. Мишаков // Актуальные проблемы экономики, коммерции и сервиса: сборник научных трудов кафедры Коммерции и сервиса, посвященный Юбилейному году РГУ им. А.Н. Косыгина / под ред. В.Ю. Мишакова, Л.Е. Зерновой – М.: ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина», 2020. – С. 130 – 135.

10. Мезенцева, Е.В. Аналитический подход в исследовании теплофизических свойств нетканых материалов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков, О.О. Ерофеев // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 6 (384). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019. – С. 174 – 181.

11. Мезенцева, Е.В., Мишаков В.Ю. Оценка теплоизоляционных свойств инновационных нетканых материалов с использованием интегрального показателя эффективности/ Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 6 (384). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2019 – С. 28 – 34.

12. Мезенцева, Е.В. Выбор статистических моделей и анализ сводных характеристик выборки для показателей качества саморегулируемых нетканых теплоизоляционных материалов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 6 (390). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2020. – С. 67 – 73.

13. Мезенцева, Е.В. План непрерывного статистического контроля при промышленном выпуске саморегулируемых нетканых теплоизоляционных материалов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, № 1 (391). Иваново: Ивановский государственный политехнический университет. – 2021. – С. 83 – 88.

14. Мезенцева, Е.В. Исследование эргономических показателей теплоизоляционных нетканых материалов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // Дизайн и технологии, № 73(115). М: РГУ им. А.Н. Косыгина. – 2019. – С. 79 – 88.

15. Мезенцева, Е.В. Использование технологии волокнистой термогенерации при создании инновационных нетканых материалов / Е.В. Мезенцева, В.Ю. Мишаков // тез. докл. XXIII международного научно-практического форума «Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX-2020)»: матер.форума, 20-23 октября 2020 года. – Иваново: ИВГПУ, 2020. – С.73-78. DOI: 10.47367/2413-6514_2020_1_73
16. Мезенцева, Е.В. От традиции к современности. Разработка инновационных принципов теплоизоляции одежды / Е.В. Мезенцева // тез. докл. XXIV международной научной конференции «мода и дизайн: исторический опыт – новые технологии», 26 – 29 мая 2021 года. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», 2021. – С. 283 – 286.