

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

На правах рукописи



ПАНИН МИХАИЛ ИВАНОВИЧ

**Разработка технологических процессов создания армирующих
структур полимерных и углерод-углеродных композиционных
материалов на базе мотальных паковок**

Специальность 2.6.16 - Технология производства изделий текстильной и
легкой промышленности

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Кострома - 2025

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Работа выполнена в Акционерном обществе «Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита «НИИГрафит» (АО «НИИГрафит»)

**Официальные
оппоненты:**

Шустов Юрий Степанович,
доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва

Карева Татьяна Юрьевна,
доктор технических наук, профессор научно-образовательного центра «Центр компетенций текстильной и легкой промышленности» инжинирингового центра текстильной и лёгкой промышленности (НОЦ ЦКТиЛП ИЦТиЛП) ФГБОУ ВО «Ивановский государственный политехнический университет», г. Иваново

Медведев Александр Викторович,
доктор технических наук, старший научный сотрудник, АО «НПО Стеклопластик им. Н.Н. Трофимова», Московская область, г. Солнечногорск

**Ведущая
организация:**

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна (СПбГУПТД), г. Санкт-Петербург

Защита состоится «21» мая 2025 г. в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 24.2.317.01 на базе ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет» по адресу: г. Кострома, ул. Дзержинского, д. 17/11, ауд. 214.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и сайте ФГБОУ ВО «Костромской государственный университет»: [http:// www.kosgoss.ru](http://www.kosgoss.ru).

Текст автореферата размещен на сайте ВАК России: <http://vak3.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2025 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 24.2.317.01
доктор технических наук, доцент



Л. Л. Чагина

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность диссертационной работы.

Вызовы времени требуют инновационного развития промышленности страны и, в первую очередь, разработки новых видов конструкционных композиционных материалов, применяемых в различных областях промышленности.

Следует отметить, что в 1980-е годы СССР занимал третье место в мире по производству и потреблению композиционных материалов. Сейчас российский рынок композитов составляет около 1 % мирового.

В 1990-е композитное производство в России практически исчезло. Ситуация стала меняться лишь в последнее десятилетие: модернизируются заводы советской эпохи, растет спрос на углерод-углеродные композиционные материалы (УУКМ). За последнее время ГК «Росатом» открыл производство углеволокна, ПАН-прекурсора, сформировав единственную в СНГ и Восточной Европе полную технологическую цепочку по углекомпозитам. Но безусловно в данной отрасли есть области, где зависимость от импорта критическая. Кроме того, слабо развиты отечественные технологии формирования высокопрочных армирующих структур полимерных и УУКМ, устойчивых к высоким температурам и внешним нагрузкам, а в сегменте термореактивных эпоксидных смол доля зарубежных поставок базовых компонентов превышает 95%.

В настоящее время лидерами мирового рынка композиционных материалов являются следующие фирмы: японские Toray Industries и Teijin, американская Hexcel, немецкая SGL Carbon. Эти фирмы вкладывают большие средства в новые разработки и цифровизацию. В 2019–2021 годы только на научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы эти компании потратили 3,5 млрд. долларов.

По данным исследования компании JEC Group, в 2021 году объем мирового рынка композиционных материалов и изделий из них составил 12,1 млн. т (100 млрд. долларов). 50% потребления приходится на две ключевые отрасли — строительство (27%) и транспорт (23%). За ними следует электронная промышленность (17%) и энергетика (13%). Регионы — лидеры по потреблению композитов — Азия (49%), Северная Америка (25%) и Европа (19%). Эксперты прогнозируют, что в 2026 году объем мирового рынка композиционных материалов и изделий из них вырастет до 15,5 млн. т.

Чтобы нивелировать отставание, 18 июля 2023 года Правительство РФ подписало распоряжение, утверждающее комплексную научно-техническую Программу полного инновационного цикла «Новые композиционные материалы: технологии конструирования и производства». Главная цель программы — добиться технологического лидерства страны за счет создания передовых технологий производства композиционных материалов и изделий из них. Важно отметить, что применение отечественных композиционных материалов позволит повысить

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

конкурентоспособность ключевых отраслей, прежде всего космоса, судо- и авиастроения, автопрома, транспортного сектора, энергетики, строительного комплекса. В соответствии с разработанной программой эти риски для атомной, авиакосмической, строительной, нефтегазовой и других стратегических отраслей должны быть к 2027 году нивелированы.

Основная задача развития данных направлений состоит в расширение производств конструкционных материалов различного назначения, а именно, совершенствования существующих структур армирования и технологических процессов их изготовления. Разработка технологий создания композиционных материалов с использованием технического текстиля, способных по свойствам и качественным показателям заменить металлы и керамику является одной из задач, решаемых в рамках Программы. В связи с этим настоящая диссертация представляется актуальной.

Особенностью данной работы является проведение комплексных теоретических и экспериментальных исследований, а также практическая реализация наработок в производственных процессах, армирования полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, с использованием мотальных паков.

Разработанные намоточные структуры 3D намоток, могут использоваться в качестве базовых, не только при производстве цельных композитов, но также при создании новых конструкционных композиционных материалов, выпускаемых на базе их разверток намоток на плоскость.

Композиционные материалы различного назначения, формируемые на базе различных текстильных технологий, позволяют создавать не только отдельные элементы конструкций с максимальным заполнением объёмов наполнителем, но и цельные изделия с наперед заданными свойствами, требуемой формы и типоразмеров. Особенно актуально использование композиционных материалов в авиационной, судостроительной, атомной энергетике и ряде других критических отраслях. В настоящее время, для нашей страны, это стало приоритетной задачей, успешное решение которой обеспечивает её национальную безопасность. Создание новых видов летательных аппаратов, (в том числе беспилотных), самолетов, морских судов, надводного и подводного флота, разработка отдельных узлов и элементов машин, с использованием полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов. В данных композитах, вне зависимости от вида связующего и способа формования, решающую роль играют армирующие структуры текстильных материалов и используемые технологии, которые позволяют придать конечному выходному продукту новые свойства, повысить прочность и надежность в эксплуатации, технологичность и серийность изготовления. Разработка новых технологий армирования и изготовления композитов, с использованием технического текстиля, должна обеспечивать снижение их себестоимости. Именно по пути создания новых технологий производства композиционных материалов идут специалисты текстильщики и машиностроители за рубежом. Разработка рациональных структур армирующих

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

компонентов композитов, с применением для их формирования коротких технологий и минимального парка технологического оборудования, также является актуальной задачей. Что обусловлено, не только с точки зрения сокращения технологического цикла производства конечного продукта, при сохранении прочностных свойств, используемых нитей, но и с точки зрения ресурсосбережения (экономии дорогостоящего сырья, снижения энерго и трудозатрат), и, как следствие, снижение себестоимости выпускаемой продукции.

Следует отметить, что для создания новых конструкционных материалов на базе композитов необходимы совместные усилия специалистов химиков, технологов, материаловедов, IT-технологий и даже управленческого аппарата, чтобы обеспечивать быстрое внедрение результатов разработок в реальное производство.

На основании выше изложенного следует констатировать, что разработка новых технологий армирования и производства конструкционных композиционных материалов различного назначения, в том числе УУКМ, с максимальным заполнением объемов композита армирующим компонентом (наполнителем), является актуальной и требующей безотлагательного решения задач.

Степень разработанности темы исследования. Современные теоретические положения по разработке процессов формирования мотальных паков и исследованию их структур, в том числе используемых в качестве армирующих наполнителей композиционных материалов, опубликованы в трудах Образцова И.Ф., Перепелкина К.Е., Труевцева А.В., Рокотова Н.В., Гордеева В.А., Зайцева В.П., Ефремова Е.Д., Прошкова А.Ф., Андросова В.Ф., Сухарева В.А., Гречухина А.П., Рудовского П.Н. и др. Проведенный анализ научно-исследовательских работ по данной тематике, позволил выявить актуальные проблемы в части совершенствования технологий армирования полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, с использованием мотальных паков, а также определить пути их совершенствования, с целью создания новых высокопрочных конструкционных композиционных материалов, устойчивых к воздействию высоких температур и внешних нагрузок при их эксплуатации.

Цель и задачи исследования. Целью настоящей работы является развитие теории формирования мотальных паков и создание на ее основе технологии получения армирующих структур для композиционных материалов на базе 3D намоток, устойчивых к сдвигу и расслоению в экстремальных условиях эксплуатации.

Для реализации указанной цели поставлены и решены следующие задачи:

- проведен анализ структур армирующих намоток и факторов, оказывающих влияние на их качественные показатели, а также возможность использования их в качестве наполнителей композиционных материалов различного назначения;
- установлены параметры формирования специальных структур намоток, таких как сомкнутые, замкнутые, спиралевидные, а также предложены принципиально новые структур – 3D намотки и параметры их формирования;

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

- теоретически обоснованы условия формирования прецизионных структур 3D намоток из двух и более систем нитей различной линейной плотности;
- разработан ряд новых показателей, характеризующих структуру и свойства 3D намоток;
- проведены экспериментальные исследования влияния основных факторов - угла скрещивания витков, натяжения нити и степени прессования намотки на структуру армирующих оболочек, формируемых намоткой;
- установлены закономерности движения нитераскладчика вдоль образующей паковки в течение всего процесса формирования заготовки, исключающие искажения формы намотки за счет изменения величины «свободного отрезка нити» между нитераскладчиком и точкой входа нити на паковку;
- разработана и запатентована конструкция механизма раскладки нити для формирования мотальных паковок с заданной кривизной поверхности;
- обоснована возможность армирования композиционных материалов плоской формы с помощью разверток намоток;
- разработана технология получения разверток углерод-углеродных композиционных материалов, используемых в качестве конструктивных элементов и нагревателей высокотемпературного оборудования;
- разработана технология производства заготовок углерод-углеродных тренияльных материалов на модернизированных прецизионных мотальных машинах.

Объектом исследования являются мотальные паковки различных структур и текстильные композитные изделия, формируемые на их основе.

Предметом исследования являются технологии армирования полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов намоткой нитей различной природы на паковки заданной формы и типоразмеров.

Научная новизна заключается в развитии теоретических основ процессов формирования структур 3D намоток, применяемых при армировании полимерных и УУКМ и создании технологии их получения.

В диссертации впервые:

- разработаны новые 3D намотки нитей в мотальные паковки, структура которых устойчива к сдвигу и расслоению нитей при работе конечных изделий в экстремальных условиях;
- разработаны теоретические основы расчетов прочностных характеристик армирующих заготовок, формируемых на базе 3D намоток, а именно коэффициентов объёмного заполнения, жесткости и связности структур;
- теоретически установлено влияния натяжения нитей на структуру намотки, при армировании композиционных материалов;
- разработан способ создания намоткой толстостенных плоских текстильных полотен заданной 3D структуры, используемых в качестве армирующих наполнителей композитов, формируемых на базе разверток намотки на плоскость;

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

- проведен теоретический расчет прочностных характеристик полимерных композитов в виде цилиндрических оболочек, армированных намоточными структурами;
- разработаны способы армирования полимерных композиционных материалов, формируемых на базе мотальных паковок различных структур и их разверток на плоскость;
- разработана теория формирования мотальных паковок слоисто-каркасной структуры и заданной формы намотки;
- предложены и обоснованы новые структурные параметры 3D намоток такие как: раппорт 3D намотки по углу сдвига, раппорт 3D намотки по ширине раскладки, раппорт 3D структуры намотки базовых нитей, раппорт 3D структуры намотки перевивочных нитей, коэффициент жесткости (переплетения) 3D намотки, коэффициент связности 3D намоток;
- разработаны конструкции мотального оборудования для формирования паковок различного назначения;
- разработана технология производства композиционных текстильных фильтров, на базе различных структур намотки паковок специального назначения.

Практическая значимость результатов работы заключается в:

- разработке новых способов создания конструкционных композиционных материалов, формируемых на базе 3D намоток мотальных паковок различной степени замыкания намотки, как цельных, так и отдельных элементов (преформ) композиционных материалов (патенты РФ № RU 2820117, RU 2808762);
- разработке и создании новых конструкций мотального оборудования, необходимого для формирования преформ композиционных материалов заданной формы и требуемых размеров, на базе 3D намоток мотальных паковок;
- разработке метода расчета кинематических параметров мотального механизма, необходимых для формирования требуемых структур 3D намоток;
- получении опытных образцов полимерных композиционных материалов, армируемых различными структурами 3D намоток различного назначения;
- внедрении в производство технологии армирования композиционных материалов, формируемых на базе мотальных паковок различных структур (в том числе 3D намоток) и их разверток на плоскость;
- предложены и доведены до промышленного внедрения новые конструкции фильтров (патенты РФ № RU 226225, RU 219377 U1).

Используемые в работе методы исследования. В теоретических исследованиях использованы методы дифференциального и интегрального исчислений. При расчете давления витков намотки на паковках заданной кривизны поверхности использовали выражение квадрата кривизны винтовой линии. При расчетах величин передаточного отношения от паковки к нитераскладчикам, использовался алгоритм Евклида для разложения иррациональных чисел в подходящие цепные дроби, разработан авторский программный продукт, позволяющий реализовать его на специальном мотальном оборудовании, оснащем ПЭВМ.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

Автор защищает:

- технологию формирования структур 3D - намоток мотальных паковок;
- способы армирования полимерных композиционных материалов на базе различных структур намотки мотальных паковок;
- теоретические положения по формированию композиционных материалов с максимальным коэффициентом заполнения их армирующим компонентом;
- способ создания плоских, объемных текстильных заготовок увеличенной толщины, используемых в качестве заготовок при производстве композиционных материалов, формируемых на базе разверток намотки на плоскость;
- теоретические положения по процессу формирования намоткой паковок произвольной кривизны поверхности и заданных размеров, используемых в качестве заготовок цельных композитов;
- конструкции мотальных механизмов, обеспечивающих формирование прецизионных намоток и паковок слоисто – каркасной структуры, требуемой формы, заданной кривизны поверхности и типоразмеров;
- метод расчета кинематических параметров мотального механизма, необходимых для формирования прецизионных (точных) армирующих структур намотки мотальных паковок специального назначения;
- рекомендации по оптимизации структур конструкционных материалов и технологии создания полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, формируемых на базе текстильных технологий и мотальных паковок.
- разработку композиционных фильтров тонкой очистки и обеззараживания воздуха, без использования ультрафиолетового излучения.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендации, сформированных в диссертации, подтверждается достаточным для практики соответствием результатов теоретических и экспериментальных исследований, современными методами их решения, применением известных положений фундаментальных наук в области создания композиционных материалов с использованием текстильных технологий.

Публикации, апробация и реализация результатов работы.

Основные положения и результаты диссертационной работы изложены в 32 публикациях в том числе 12 в изданиях, рекомендуемых ВАК РФ для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук, из них 6 статей в журналах, индексируемых в международных цитатно-аналитических базах данных Web of Science и Scopus.

Получено 8 патентов на изобретение и полезную модель.

Результаты работы представлены и получили положительную оценку на:

- международной научно-технической конференции. «Прогресс-2013» Иваново, Ивановский политехнический университет 2013 г;
- международной научно-технической конференция «Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности». Москва, МГУДТ, 2013 г;

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

- шестом международном экономическом форуме в рамках Технологической платформы легкой промышленности. Чебоксары, 2013 г;
- международной научно-технической конференции «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности» Республика Беларусь. Витебск, 2013 г;
- международном научно-практическом симпозиуме «Технический текстиль России: Нетканые материалы, сырье. Реинжиниринг». Москва МВЦ "Крокус Экспо", 2023 г;
- Китайско-Российском конкурсе инноваций, с демонстрацией разработанных композиционных фильтров для очистки и обеззараживания воздуха, 2023 г.;
- всероссийском семинаре по теории механизмов и машин (Костромского филиала РАН РФ институт машиноведения им. А.А. Благонравова) секция «Текстильное машиноведение», Кострома, 31.10.2024.

Результаты работы внедрены в производство ряда предприятий атомной отрасли, и при создании систем экологической безопасности человека, а именно на предприятиях: АО «НИИГрафит» г. Москва; ООО «ООО НИЭК», Московская область, г. Люберцы.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности. Диссертационное исследование (предмет исследования, содержание задач и результаты решения) соответствует паспорту специальности **2.6.16 Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности:**

п.1 в части «инновационное развитие технологий переработки материалов текстильной промышленности»;

п.2 в части «проектирование структуры и прогнозирование свойств материалов»;

п. 10 в части «развитие теоретических основ проектирования и переработки материалов»;

п. 13 в части «разработка оптимальных структур материалов для снижения затрат на организацию их производства и повышение качества»;

п. 19 в части «разработка новых материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства изделий текстильной и легкой промышленности (ИТЛП)».

Объем и структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованной литературы, семи приложений. Работа изложена на 307 страницах машинописного текста, включая 62 рисунка, 4 таблицы и 7 приложений на 40 страницах.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ.

Во введении обоснована актуальность диссертационной работы, сформулированы цели и задачи проводимых исследований, отмечены научная новизна и практическая значимость полученных результатов и проведена апробация работы.

В первой главе диссертации проведён критический анализ современного уровня развития теории и процессов армирования композиционных материалов с использованием различных текстильных технологий. Современные композиционные материалы представляют собой многокомпонентные структуры, состоящие не только из пластичной основы (матрицы) и наполнителя (текстильного материала в виде волокон, нитей, тканей, трикотажа, нетканого материала), но и углерод-углеродных соединений. Именно структура наполнителей, являющаяся армирующим текстильным материалом, определяет свойства конечных изделий, чаще всего прочностные.

Следует отметить, что исследованием армирования КМ, с использованием текстильных технологий и материалов, занимались многие ученые, как в нашей стране, так и за рубежом. К таким исследованиям следует отнести работы ученых всех текстильных ВУЗов страны, таких как: Перепелкин К. Е., Труевцев А. В., Карева Т.Ю., Киселев А. М., Трещалин М. Ю., Гречухин А.П., Рудовский П. Н. и многих других, кто разрабатывал армирующие структуры КМ на базе различных текстильных технологий. Для обобщения результатов сравнительного анализа технологий армирования композиционных материалов были проведены исследования, результаты которых сведены в таблицу 1.

Таблица 1.

№ п/п	Способы армирования	Результат сравнительного анализа технологий армирования			
		Коэффициент заполнения композиты армирующим компонентом, K_z	Выходной продукт	Трудоемкость и стадийность	Потери сырья, угары, %
1	Нетканые полотна	0,37	Плоские структуры	1) подготовка волокон, 2) формование полотна.	до 0,4
2	Ткачество	0,62	Плоские структуры	1) подготовка нитей основы и утка, 2) сновка, 3) ткачество, 4) обработка.	до 5
3	Трикотажные полотна	0,47	Объемные элементы малой прочности	1) подготовка, 2) вязание, 3) обработка.	до 4
4	Намотки	0,785	Тела имеющие ось вращения	перемотка	0,01

Рекомендации:

1. Критерием выбора технологии армирования и оценки эффективности производства композиционных материалов с заданными свойствами (прочностными, структурными и конструктивными), являются качество конечных изделий и себестоимость выпуска единицы продукции. Себестоимость, в свою очередь, определяется: стадийностью технологических процессов, трудоёмкостью производства, стоимостью используемого оборудования, понесенными сырьевыми и энергозатратами.

2. Исследование структур намоток мотальных паковок и их свойств, целесообразно проводить построением разверток намотки на плоскость, что позволяет определять взаимное расположение волокон в структуре наполнителя и оптимизировать ее, что особенно важно, при конструировании композиционных материалов с заданными направлениями приложения внешних нагрузок на готовое изделие.

3. Использование разверток 3D намоток мотальных паковок (тел вращения), полученных секущими плоскостями различного направления, можно получать множество профильных изделий (армирующих заготовок для выкладки в прессформы), с высоким коэффициентом заполнения, заданной толщины и требуемой ориентацией волокон в структуре композита.

4. При армировании композиционных материалов намотками произвольной формой необходимо выполнение условия равновесности витков на поверхности паковки, и условия наполнения объёма изделия армирующим наполнителем, когда для любого участка намотки, в направлении оси паковки, произведение толщины намотки на удельную плотность и осевую скорость перемещения нити является постоянной величиной.

5. Для формирования армирующих структур намотками различного вида, в том числе и 3D намоток, целесообразно использовать специальное мотальное оборудование с ЧПУ, адаптированное для каждого конкретного изделия. В конструкции мотального оборудования, должны учитываться основные параметры структуры конечных изделий (вид структуры, величина угла сдвига витков, степень замыкания намотки, линейная плотность нитей и т.д.), а также, их габаритные размеры и масса.

Основное содержание диссертационной работы отражено в публикациях:

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. Панин М.И. Об использовании комплексных нитей для армирования волокнистых композиционных материалов, применяемых в нефтегазовой отрасли / Панин М.И., Капустин В.М., Цимбалюк А.Е., Хакимов Р.В. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности – 2021. – № 6 (396). – с. 103-106.
2. Панин М.И. Разработка технологии армирования углерод-углеродных композиционных материалов методом разверток намоток мотальных паковок

- заданной структуры / Панин М.И., Гареев А.Р., Корчинский Н.А., Радайкин Д.А., Слюсарев А.А. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности – 2023. – № 2 (404). – с. 235-242.
3. Николаев С.Д. Пути совершенствования структуры иглопробивных прессовых сукон / Николаев С.Д., Панин И.Н., Панин М.И., Кащеев О.В., Николаева Н.А. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности – 2018. – № 6 (378). – с. 281-284.
 4. Николаев С.Д. Пути совершенствования пористых перегородок воздушных фильтров из текстильных материалов / Николаев С.Д., Панин И.Н., Панин М.И., Кащеев О.В., Рыбаулина И.В. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности – 2018. – № 5 (377). – с. 255-258.
 5. Kashcheev O.V. Calculation of the loads on composite materials formed by winding / Kashcheev O.V., Nikolaeva N.A., Panin M.I., Knyaz'kin S.V., Krotov S.Y. // Fibre Chemistry – 2014. – Т. 46. № 2 – с. 122-125.
 6. Панин И.Н. Расчет коэффициента заполнения структур композитных материалов текстильным армирующим компонентом / Панин И.Н., Панин М.И., Николаев С.Д., Николаев А.С., Гаврилова И.М. // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности – 2013. – № 1 (343). – с. 73-78.
 7. Николаев С.Д. Использование различных текстильных фильтров, применяемых при очистке воздуха и газов от пыли / Николаев С.Д., Панин И.Н., Панин М.И., Рыбаулина И.В. // Дизайн и технологии – 2018. – № 66 (108). – с. 84-88.
 8. Панин М.И. Исследование структур каркасных тканей и иглопробивных полотен, выполненных в виде заготовок для производства углерод-углеродных тормозных дисков / Панин М.И., Гареев А.Р., Слюсарев А.А., Кулаков О.И., Соболева Т.А. // Технологии и качество – 2024. – № 4 (66). – с. 14-20.
 9. Корчинский Н.А. Оптимизация технологических процессов производства углепластиковых стержней для УУКМ на основе эпоксидного и фенолформальдегидного связующего из углеродного волокна производства УМАТЕХ / Корчинский Н.А., Панин М.И., Гареев А.Р., Ташбеков В.С. // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Материаловедение и новые материалы – 2023. – № 2 (118). – с. 43-53.
 10. Панин М.И. Анализ текстильных структур армирующих компонентов композиционных материалов и выбор областей их применения / Панин М.И., Гареев А.Р., Карпов А.П., Максимова Д.С., Корчинский Н.А. // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия Машиностроение – 2023. – № 2 (145). – с. 15-28.
 11. Панин М.И. О структурах намотки мотальных паков, их названиях и областях применения при армировании композиционных материалов / Панин М.И., Гареев А.Р., Карпов А.П., Корчинский Н.А., Калугина К.Е. // Технологии и качество – 2022. – № 3 (57). – с. 24-29.

- 12.Панин И.Н. Особенности структуры полой ткани / Панин И.Н., Николаев С.Д., Панин М.И., Рыбаулина И.В. // Дизайн и технологии – 2018. – № 65 (107). – с. 95-98.

Статьи в журналах РИНЦ:

- 13.Панин М.И. Влияние структуры армирования, изготовленной методом намотки, на фрикционные свойства углерод-углеродных композиционных материалов / Панин М.И., Гареев А.Р., Корчинский Н.А., Слюсарев А.А., Загвоздина Л.И., Соболева Т.А. // В сборнике: Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита – 2023 – Москва – 2023. – с. 92-101.
- 14.Панин М.И. Разработка технологии создания армирующих структур углерод-углеродных композиционных материалов методом развёрток намоток мотальных паковок / Панин М.И., Гареев А.Р., Карпов А.П., Корчинский Н.А., Радайкин Д.А., Слюсарев А.А., Ходнев А.Д. // В сборнике: Научно-исследовательский институт конструкционных материалов на основе графита – 2023. – Москва – 2023 – с. 81-91.
- 15.Князькин С.В. Исследование закономерности движения нитеводителя при наматывании паковок произвольной формы намотки / Панин М.И., Князькин С.В., Кротов С.Ю. // Вестник Димитровградского инженерно-технологического института – 2014. – № 1 (3). – с. 100-104.
- 16.Князькин С.В., О рациональной технологии формирования текстильных армирующих компонентов композиционных материалов заданной формы / Панин М.И., Князькин С.В. // Вестник Димитровградского инженерно-технологического института – 2014. – № 1 (3). – с. 96-100.
- 17.Князькин С.В. Расчёт прочностных характеристик мотальных паковок специального назначения с помощью развёрток / Панин М.И., Князькин С.В., Кротов С.Ю., Романовский В.С. // Вестник Димитровградского инженерно-технологического института – 2013. – № 2 (2). – с. 57-62.

Тезисы докладов на научно-технических конференциях:

- 18.Панин М.И., Николаев С.Д., Николаев А.С., Гаврилова И.М., Тимко А.Ю. Текстильные материалы и технологии для композитов // Международная научно-техническая конференция. «Прогресс-2013». - Иваново, Ивановский политехнический университет – 2013. – с.11-12.
- 19.Панин М.И. Хакимов Р.Г. Разработка технологии производства композиционных материалов для авиационной промышленности, на базе пековых углеродных волокон // Реферативный бюллетень научно – технической и патентной информации по Углеродным материалам №3 – 2021. – с.242-243.
- 20.Панин М.И., Кашеев О.В. Исследование процесса группового сматывания нитей с мотальных паковок // Международная научно-техническая конференция

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

«Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности» – Москва, МГУДТ – 2013. – с.17-18.

- 21.Панин М.И., Николаев С.Д., Гаврилова И.М., Николаев А.С Особенности получения армирующих компонентов композиционного материала ткачеством и намоткой на оправку и их экономическая эффективность // Шестой международный экономический форум в рамках Технологической платформы легкой промышленности – Чебоксары – 2013. – с.28-29.
- 22.Николаев С.Д., Панин М.И., Бузик Т.Ф. Разработка методики заправочного расчета полой ткани, вырабатываемой на круглом ткацком станке // Международная научно- техническая конференция «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности» - Республика Беларусь. Витебск – 2013. – с.123-125.
- 23.Панин М.И., Рыбаулина И.В., Зенцова Г.В., Кротов С.Ю. Защитные экраны и поглотители электромагнитных волн СВЧ диапазона на основе текстильных полотен // Международная научно- техническая конференция «Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности» - Республика Беларусь. Витебск – 2013. – с.73-75.
- 24.Панин М.И., Основные направления развития производства текстильных материалов специального назначения, на примере формирования мотальных паковок // Международный научно-практический симпозиум «Технический текстиль России: Нетканые материалы, сырье. Реинжиниринг» – Москва – 2023. – с.77-78.

Патенты:

25. Патент № 2820117 С1 на изобретение Российская Федерация, МКПО D04H 18/02, Способ изготовления волокнистого армирующего каркаса для углерод-углеродных тормозных дисков / Гареев А.Р., Карпов А.П., Панин М.И., Слюсарев А.А., Корчинский Н.А., заявитель и патентообладатель АО «НИИГрафит» (ГК «Росатом») заявлен 30.08.2024, опубликован 29.05.2024.
26. Патент № RU 226225 U1 полезную модель Российская Федерация, МКПО В 01827/08. Патронный фильтр композиционный / Панин М.И. заявитель и патентообладатель ООО «ООО НИЭК, г. Люберцы, заявлен 24.12.2023, опубликован 28.05.2024.
27. Патент 2808762 С1 на изобретение Российская Федерация, МКПО G01М 7/00, Установка для исследования теплозащитных свойств материалов в высокотемпературном потоке газов / Гареев А.Р., Карпов А.П., Белогорлов А.А., Самойлов В.М., Панин М.И., заявитель и патентообладатель АО «НИИГрафит» (ГК «Росатом») заявлен 15.03.2023, опубликован 04.12.2023.
28. Патент RU 219377 U1 на полезную модель, Российская Федерация, МПК В 01D 25/22. Фильтр насадочный воздухоочистительный / Панин М.И. Заявитель и патентообладатель ООО «ООО НИЭК» г. Люберцы, заявлен 05.11.2022, опубликован 13.07.2023.

ОЗНАКОМИТЕЛЬНЫЙ ФРАГМЕНТ

29. Патент №195673 на полезную модель Российская Федерация, МПК В04С 54/08. Аппарат для проведения физико-химических процессов в вихревом газовом потоке / Панин М.И., Капустин В.М., Хакимов В.Р., Цимбалюк А.Е., заявитель и патентообладатель Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (РГУ им. И.М. Губкина). Москва, заявлен 08.10.2019, опубликован 03.02.2020.
30. Патент RU 2 733 943 С1 на изобретение Российская Федерация, МПК В04 D 19/00. Способ очистки нефти от сероводорода / Панин М.И., Капустин В.М., Хакимов В.Р., Цимбалюк А.Е. Заявитель и патентообладатель Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (РГУ им. И.М. Губкина). Москва, заявлен 08.10.201, опубликован 08.10.2020.
31. Патент RU 102010 U1 на изобретение Российская Федерация, МПК D 04H 31/00. Способ создания плоских нетканых полотен / Крамаренко Е.И., Селезнев А.Н., Кулаков В.В., Панин М.И. Заявитель и патентообладатель ОАО «Авиационная корпорация «Рубин», г. Балашиха Московской обл., заявлен 30.04.2014, опубликован 10.11.2015.
32. Патент №2010149282 на изобретение Российская Федерация, МПК F24F 3/16(2006.01) Фильтр ячеювый воздухоочистители / Николаев С.Д., Лапшенкова В.С., Панин М.И. Заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный текстильный университет имени А.Н. Косыгина". Москва, заявлен 02.12.2010, опубликован 20.07.2011.

Панин Михаил Иванович

Автореферат на соискание ученой степени доктора технических наук
Пописано в печать «18» 02 2025г. Печ.2.0. Зак. 22 . Тираж 100.
ИПО КГУ, г. Кострома, ул. Дзержинского, д.17/11.