

В диссертационный совет 24.2.317.01
на базе ФГБОУ ВО «Костромской
государственный университет» по
адресу: г. Кострома, ул.
Дзержинского, д. 17/11

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Шустова Юрия Степановича на диссертационную работу Панина Михаила Ивановича «Разработка технологических процессов создания армирующих структур полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов на базе мотальных паковок», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.16 - «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

Актуальность работы.

Разработка современных технологий армирования и производства полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) специального назначения, а также исследование свойств композиционных материалов, формируемых на базе мотальных паковок специального назначения и их разверток, является актуальной задачей, которая, на современном этапе, ставится перед учёными - текстильщиками, конструкторами, машиностроителями, создателями авиационной техники. Именно к таким «коротким» и эффективным технологическим процессам армирования композитов следует отнести намотку нитей в паковки различной структуры и формы.

По итогам 2023 г. объем российского рынка композитов составляет более 110 млрд. руб., годовые темпы роста оцениваются в районе 10-15%. Необходимо отметить, что за период 2017-2023 гг. объем рынка вырос в более чем два раза. В целом динамика российского рынка выглядит более впечатляющей по сравнению с мировыми показателями, темпы прироста несколько опережают мировые аналоги. Однако, следует отметить, что применение композитов в России отстаёт от зарубежных стран, как по отраслям экономики, так и по уровню технологий, объемам производства и развитостью внутреннего рынка. Композиционные материалы приобретают все большее значение в авиационной, строительной, энергетической и других

секторах промышленности как основные конструкционные и функциональные материалы.

Учитывая вышесказанное, считаю тематику исследований, реализованных в диссертационной работе Панина Михаила Ивановича актуальной.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается большим объемом согласованных теоретических и экспериментальных исследований, полученных с помощью стандартных методик испытаний, современных измерительных средств и информационных технологий, и не вызывает сомнений. Сформулированные в работе выводы соответствуют полученным результатам.

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.

Достоверность научных результатов, представленных в работе, обусловлена корректным выполнением экспериментальных исследований в достаточном объеме, обоснованным использованием классических положений механики сплошных сред, применением современного программного обеспечения, объективных методов контроля технологических параметров, позволяющих получать сопоставимые результаты расчетных и экспериментальных данных, корректным использованием статистических методов обработки полученных результатов, а также внедрением результатов диссертационного исследования в реальные процессы проектирования материалов на производстве: в АО «НИИГрафит» (Москва), ООО «ООО Наука и Экология» Московская область, г. Люберцы.

Научная новизна заключается в следующем:

- разработке новых видов, армирующих намоточных структур, в виде прецизионных 3D намоток, обеспечивающих перевивку нитей по трем координатным осям декартовой системы координат;
- разработке теоретических положений по формированию структур 3D намоток;
- разработке способа создания намоткой толстостенных плоских текстильных полотен заданной 3D структуры, используемых в качестве армирующих наполнителей композитов, формируемых на базе мотальных

паковых специального назначения (сомкнутой, замкнутой и слоисто – каркасной структур) и их разверток на плоскость;

- разработке теории формирования мотальных паковых слоисто-каркасной структуры и заданной формы намотки;

- разработке технологии производства композиционных текстильных материалов, на базе различных структур намотки паковых специального назначения.

Значимость для науки заключается в том, что отдельные теоретические результаты являются вкладом в развитие теории формирования 3D намоток и состоит в создании комплекса методик и математических моделей построения структуры намоток и армирующих наполнителей плоской формы, близких к их реальному строению и позволяющих с высокой достоверностью прогнозировать их эксплуатационные свойства уже на этапах проектирования изделия.

Практическая значимость и реализация результатов работы заключается в:

- разработке технологии формирования прецизионных армирующих 3D намоток мотальных паковых, как способа создания конструкционных композиционных материалов нового вида;

- разработке технологии формирования разверток 3D намоток на плоскость, как основу создания высокопрочных конструкционных материалов, сопоставимых по структурным и прочностным показателям с многослойными ткаными структурами;

- разработке новых способов создания текстильных армирующих наполнителей для конструкционных композиционных материалов, формируемых на базе 3D намоток мотальных паковых различной степени замыкания намотки, как цельных, так и отдельных элементов (преформ) композиционных материалов (Патент РФ №RU 2820117, RU 2808762);

- предложены и доведены до промышленного внедрения новые конструкции фильтров на базе намоточных структур различной степени замыкания (патенты РФ № RU226225, RU 219377 U1).

Анализ содержания диссертационной работы.

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.

Во введении автор полно раскрывает актуальность и новизну темы

проведенных исследований, формулирует цель и задачи, также описаны научная новизна и практическая значимость работы, сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе проведён анализ литературы и современного уровня развития теории и процессов армирования композиционных материалов с использованием различных текстильных технологий. Автором справедливо отмечено, что композиционные материалы представляют собой многокомпонентные структуры, армируемые с применением различных текстильных технологических процессов. Именно структура наполнителей, являющаяся армирующим текстильным материалом, определяет свойства конечных изделий, чаще всего прочностные, поэтому все текстильные технологии имеют право на их развитие, а приоритетом их применения являются параметры конечных изделий - композиционных материалов различного назначения, технологичность и стоимость их производства.

Второй раздел работы является основным так как, он посвящён разработке и исследованию структур 3D намоток мотальных паковок, открывающих новые направления армирования композиционных материалов. Данный способ формирования объёмных, прецизионных структур намотки мотальных паковок заключается в одновременном использовании двух и более систем нитей, интегрированных в единую структуру, называемую 3D намоткой. При этом одна система нитей используется в качестве базовых слоев намотки, а другие системы нитей образуют перевивочные связи между всеми слоями намотки, располагающимися по трем координатным осям: x , y и z . Для исследования данных структур намотки, автором введены новые понятия и определения, такие как: «раппорт 3D намотки» базовых и перевивочных нитей, «шаг 3D намотки», которые позволяют идентифицировать структуры и обеспечить их воспроизводимость. Особый практический интерес вызывают развертки намоток на плоскость, которые имея перевивки между всеми системами нитей; используемых в формировании 3D намотки, делает их сопоставимыми с многослойными тканями, так как имеют геометрические параметры – длину, ширину и толщину. Автором определены и теоретически обоснованы прочностные параметры данных структур, а именно коэффициенты жесткости и связности. Все теоретические положения подтверждены примерами и наработкой опытных образцов мотальных паковок различных структур 3D намотки. Кроме того, автором рассмотрены различные виды структур намотки нитей мотальных паковок, которые отличаются друг от

друга пористостью, удельной плотностью намотки, т.е. коэффициентом заполнения армирующих намоточных структур волокнистым материалом. При этом отмечается, что все структуры намотки определяются углом сдвига витков, образующимся между витками различных пар слоев намотки. Действительно, данный критерий, наряду с углом скрещивания витков, определяет взаимное расположение нитей в различных слоях намотки, и, для каждой структуры, он имеет вполне определенное значение. В зависимости от значения угла сдвига витков, все структуры намоток мотальных паковок подразделяются на: сомкнутые, замкнутые, спиралевидные и их производные. Такое многообразие структур открывает большие возможности для проектирования композиционных материалов с заданными свойствами (прочностью, пористостью, проницаемостью и степенью заполнения композита наполнителем).

Третья глава диссертации отражает результаты теоретических исследований влияния, угла скрещивания витков, натяжения нитей и степени прессования намотки, на структуру намотки мотальных паковок. Результаты проведенных исследований показывают, что величина натяжения нитей оказывает большее влияние на структуры намотки с малым углом скрещивания витков. В меньшей мере, величина натяжения и степень прессования намотки, оказывают влияние на структуры сомкнутых намоток с большим углом скрещивания витков.

В четвертой главе диссертации представлены исследования процессов армирования намоткой композиционных материалов имеющих заданную кривизну поверхности. В результате проведенных исследований определены условия, выполнение которых обеспечивает сохранение заданной формы и кривизны поверхности намотки мотальных паковок. Разработано мотальное оборудование, позволяющее формировать мотальные паковки с заданной кривизной поверхности. Аналитическим путем получена закономерность движения раскладчика нити вдоль образующей паковки, в течение всего процесса ее формирования, исключая искажение формы намотки за счет сохранения постоянства величины «свободного отрезка нити» между раскладчиком нити и точкой входа нити в паковку.

Пятая глава диссертации раскрывает новую технологию формирования текстильных толстостенных армирующих полотен плоской формы, создаваемых с помощью разверток 3D намоток мотальных паковок на плоскость. В результате проведенных исследований разработан способ

армирования конструкций (заготовок) композиционных материалов, различной структуры, толщины и формы конечных изделий.

Шестая глава диссертации представляет разработки технологий армирования 3D намоткой полимерных и УУКМ специального назначения, применяемых в различных отраслях промышленности.

За счет использования структур 3D намоток, разработана технология производства заготовок фрикционных углерод-углеродных материалов. На базе слоисто-каркасных намоток созданы структуры полимерных композиционных фильтров специального назначения, обеспечивающих очистку и обеззараживания воздуха.

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы подтверждается при анализе диссертационного исследования, автореферата и основных научных публикаций следующим:

- представленное диссертационное исследование является результатом глубокого авторского анализа современных научных источников и существующих программных средств по проблеме моделирования геометрических структур текстильных материалов и проектирования их свойств;

- квалифицированной постановкой задач исследования, разработкой концепции проектирования структуры армирующих структур полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов, разработкой методик исследования образцов текстильных материалов с применением информационных технологий, разработкой математических моделей геометрической структуры выбранных текстильных материалов;

- профессиональной подготовкой при разработке оригинального программного обеспечения, статистической обработкой результатов исследований, проведением виртуальных испытаний образцов композиционных материалов с применением как собственного оригинального программного обеспечения, так и современных пакетов прикладных программ;

- формированием общих выводов по работе, а также представлением результатов диссертационного исследования на многочисленных научных мероприятиях и статьях.

Вопросы и замечания по диссертации:

Вопрос 1. В работе необходимо было бы более подробно прописать задачи, которые следует решить проектировщикам композиционных

материалов, чтобы создать требуемую армирующую структуру в виде 3D намоток?

Вопрос 2. Что понимается под структурными параметрами мотальных паковок и мотального механизма для их формирования?

Вопрос 3. Структуры замкнутых, сомкнутых и спиралевидных намоток известны давно, в связи с чем они не получили широкого применения до настоящего времени?

Вопрос 4. В создаваемых Вами армирующих структурах нет протяженных, непрерывных вертикальных нитей по оси Z, почему же Вы называете их 3D?

Вопрос 5. Какое влияние на структуру намотки оказывает угол скрещивания витков?

Вопрос 6. В разделе 2.2, при расчётах величины передаточного отношения от нитераскладчика к веретену, рекомендуется применять алгоритм Евклида, чем это вызвано и что позволяет это решать?

Вопрос 7. Возможно, ли формировать 3D намотки на оправках (телах), имеющих форму тора, или шара, и как влияет на этот процесс угол сдвига витков?

Замечание

Почему в данной работе вы используете термин «нитераскладчик», тогда как в текстильном материаловедении и производстве традиционным является термин «нитеводитель»?

Недостатки

В диссертационной работе необходимо было произвести экономический расчет себестоимости разработанных образцов мотальных паковок в сравнении с существующими в настоящее время.

Заключение

Диссертационная работа Панина Михаила Ивановича на тему «Разработка технологических процессов армирования полимерных и углерод-углеродных композиционных материалов на базе мотальных паковок» по своему содержанию соответствует

П.1 в части «инновационное развитие технологии переработки материалов и изделий текстильной и легкой промышленности (ИТЛП)»;

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

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

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

П. 19 в части «разработка новых материалов, обеспечивающих высокие эксплуатационные свойства» паспорта специальности 2.6.16 Технология производства изделий текстильной и лёгкой промышленности.

Представленная диссертационная работа Панина М.И. по объему выполненных исследований, актуальности, научной новизне, практической и теоретической значимости результатов является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании самостоятельно выполненных автором теоретических и экспериментальных исследований изложены научно-обоснованные технологические решения в области создания новых текстильных армирующих наполнителей для композиционных материалов на базе мотальных паковок, внедрение которых вносит значительный вклад в развитие текстильной промышленности и страны в целом. Таким образом диссертация соответствует критериям п. 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора наук, а ее автор, Панин Михаил Иванович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 2.6.16 - «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

Официальный оппонент

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

Шустов Ю.С.

22.04.2025

Шустов Юрий Степанович - доктор технических наук (специальность 05.19.01 – Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности), профессор, заведующий кафедрой материаловедения и товарной экспертизы ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)», г. Москва

Адрес: 115035, г. Москва, ул. Садовническая д. 33, стр. 1.
тел. +7 (495) 955-37- 53,
e-mail: teksmat@rguk.ru



Подлинность подписи удостоверяю

Нач. отдела
ФГБОУ ВО «РГУ им. А.Н. Косыгина»
должность

Ф.И.О.

22.04.2025