

В диссертационный совет 24.2.300.02 на
базе ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
политехнический университет»

**ОТЗЫВ
ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

**на диссертационную работу Ивана Александровича Суворова
на тему: «Интенсификация процесса пропитки текстильного
композита с использованием ультразвуковых колебаний»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по специальности 2.6.16-«Технология
производства изделий текстильной и легкой промышленности»**

Актуальность темы диссертационного исследования. В настоящее время композитные материалы, сочетающие в себе свойства высокой прочности, легкости, устойчивости к коррозии и агрессивным средам и имеющие отличные эксплуатационные характеристики, являются незаменимыми при создании высоконагруженных и долговечных изделий и конструкций. В этой связи, разработка новых, более эффективных, технологий получения композитов с улучшенными характеристиками становится особо важной задачей для российской промышленности.

Диссертационная работа И.А.Суворова, направленная на совершенствование методов интенсификации процессов пропитки и оптимизацию армирующих элементов при получении композитных материалов, является важным шагом вперед для решения указанной задачи. Применение автором новых подходов, таких как ультразвуковое воздействие и численное моделирование открывает дополнительные возможности для повышения эффективности производства полимерных композитных материалов и улучшения их функциональных характеристик.

Об актуальности диссертационной работы свидетельствует факт ее выполнения в рамках совместной программы DAAD «Михаил Ломоносов» с институтом текстильных технологий технического университета (Германия) и ряда российских научных грантов.

Научная новизна и достоверность результатов диссертационной работы. При ознакомлении с содержанием диссертации можно выделить ряд элементов, которые составляют положения **научной новизны** выполненного исследования:

во-первых, автором разработана методика и выполнен численный анализ имитационной модели гидродинамики процесса фильтрации рабочего раствора через волокнистую капиллярно-пористую структуру, которая рассматривается как проницаемая перегородка;

во-вторых, определены ключевые направления развития технологий получения композитных материалов из волокнистых капиллярно-пористых структур с использованием методов проектно-ориентированного моделирования в интегрированных CAD-системах;

в-третьих, создан программный комплекс для твердотельного моделирования армирующих структур, позволяющий формировать 3D-модели текстильных композитов на основе численного объектно-ориентированного моделирования, а также анализировать параметры, влияющие на направленность волокон в реальных нетканых структурах

Научная новизна результатов исследования подтверждается наличием патента РФ и трех свидетельств о регистрации программ для ЭВМ.

Таким образом, результаты проведенного исследования значительно расширяют научно-технологическое представление о процессах создания композитных материалов с реализацией различных подходов к их моделированию, получению и прогнозированию свойств. Разработанные автором методы моделирования в сочетании с использованием ультразвуковой технологии дает возможность повысить качество композитов и эффективность процессов их производства.

Считаю, что полученные в диссертационной работе результаты отличаются высокой достоверностью и имеют важное значение для развития теории и практики текстильных композитных материалов.

Практическая значимость и реализация результатов работы

Ценность результатов работы для практики заключается в создании методов интенсификации процесса пропитки наполнителей связующими веществами под воздействием ультразвука и модели армирующего компонента текстильного композитного материала. Полученные результаты позволяют целенаправленно прогнозировать свойства такого материала при его производстве в промышленных условиях. Предложенные автором подходы к применению ультразвуковой технологии и численного моделирования были апробированы в промышленности с подтверждением их эффективности и практической значимости.

Результаты работы рекомендованы к применению в преподавании учебных дисциплин по проектированию изделий различного назначения на основе полимерных композитных материалов.

Результаты научных исследований отражены в 5 статьях из перечня ВАК, 10 тезисах докладов в сборниках материалов международных и российских научных конференций, включая 5 статей в материалах научно-практических форумов из перечня РИНЦ.

На основании изложенного считаю, что по критериям научной новизны и достоверности, а также практической значимости полученных результатов диссертацию И.А.Суворова можно квалифицировать как соответствующую требованиям ВАК РФ.

Общая характеристика диссертационной работы

Диссертационная работа И.А.Суворова имеет традиционное построение и содержит: введение, литературно-аналитический обзор, описание объектов и методов исследования, экспериментальную часть с обсуждением результатов, выводы, список литературы и приложения. Структура и объем диссертации соответствуют нормативным требованиям.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационного исследования, указана степень ее разработанности, сформулированы цель, задачи, положения научной новизны и практической ценности результатов работы, дана характеристика объектов и методов исследования, представлены сведения об апробации и опубликовании полученных результатов.

В литературно-аналитическом обзоре в соответствии с целью и задачами диссертационной работы рассмотрена научно-техническая информация в области структурных особенностей конструкционных и функциональных композитных материалов и методов их получения. Всесторонний, в том числе критический, анализ этой информации позволил более четко определить основные направления в проведении экспериментальных исследований.

В методической части диссертации представлены результаты анализа численной модели армирующей структуры полимерного композитного материала, основанной на геометрии однослойной ткани. Обоснован выбор программного обеспечения и методов компьютерного моделирования для решения задачи импрегнирования капиллярно-пористой волокнистой структуры полимерного композита.

Объекты и методы исследований позволяют получать достоверные и воспроизводимые результаты при выполнении плановых экспериментов.

В экспериментальном разделе работы на основании проведения исследований в направлении достижения поставленной цели получены следующие, наиболее значимые результаты, важные для совершенствования технологий производства композитных материалов на текстильной основе:

- определены основные направления повышения эффективности технологии получения композитных материалов из капиллярно-пористых структур методами проектно-ориентированного моделирования;
- разработана процедура численного анализа модели гидродинамики процесса фильтрации рабочего раствора через капиллярно-пористую армирующую структуру как через проницаемую перегородку;
- создан программный комплекс твердотельного моделирования волокнистых армирующих структур с возможностью формирования 3D-модели текстильного композита;
- дана оценка плотности распределения волокон в армирующих компонентах композитного материала по его цифровому изображению методом бинарной пороговой сегментации;
- установлен характер влияния ультразвуковых колебаний на кинетику процесса импрегнирования при получении полимерных композитных материалов;
- в результате численного моделирования кинетики процесса пропитки капиллярно-пористой структуры вязким связующим показана возможность прогнозирования задаваемых структурных параметров композитных материалов и выбора технологического оборудования для реализации

интенсифицированного процесса пропитки с оптимальными технико-экономическими показателями

В экспериментальном разделе работы также рассмотрены методы компьютерного моделирования системы однонаправленных коротких волокон. С целью обеспечения достоверности результатов моделирования в рамках алгоритмизации использованы методы бинаризации цифрового образа нетканой плоской структуры и оценки полноты полученных данных, характеризующих равномерность распределения волокон, которые подтвердили эффективность разработанного программного комплекса «Система для анализа качества текстильной поверхности волокнистого композитного слоя и определения ее неравномерности в нетканых плоских структурах» (свидетельство № 2023610194).

В четырех приложениях к диссертации содержится информация о входящих значениях параметров численного анализа технологического процесса получения композитного материала (№1), методах математической обработки данных (№2), объектах интеллектуальной собственности (патент РФ и три свидетельства о регистрации программы для ЭВМ), а также акт об апробации результатов диссертационной работы на ООО «Интех ЛВ», подтверждающий эффективность разработанной технологии.

Завершая анализ оппонируемой диссертации в целом, считаю возможным дать ей общую положительную оценку.

По содержанию и оформлению диссертации следует сделать ряд замечаний с постановкой некоторых дискуссионных вопросов.

Вопросы и замечания по диссертационной работе

1. В главе 3 средства моделирования обсуждаются после выполнения самого процесса моделирования, что нарушает логическую последовательность изложения и усложняет восприятие представленного материала
2. Недостаточно обоснован выбор ленткулярного поперечного сечения нитей в численной модели, что требует получения дополнительных экспериментальных данных или теоретического обоснования
3. В работе отсутствуют данные о параметрах ткацкого переплетения образца, показанного на микрофотографии композиционного материала (рис. 21, с. 69), что не позволяет получить полное представление о его структуре
4. Отсутствуют исходные данные для численного моделирования процесса пропитки, а также подробный анализ полученных результатов (рис. 23), что затрудняет воспроизведение и верификацию выводов
5. В 4 главе диссертации утверждается, что полученные графические зависимости позволяют прогнозировать структурные параметры полимерных композитных материалов, но остается неясным: каким образом это реализуется
6. Необходимо уточнить: как сегментация изображения в процессе бинаризации влияет на точность прогнозирования свойств композитного материала

