

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 САД-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



7. Возможны ли какие либо дополнительные или иные методы интенсификации процесса пропитки армирующих структур композитных материалов помимо ультразвукового воздействия. Какова их сравнительная эффективность?

Поставленные вопросы и сделанные замечания не изменяют общего положительного мнения о рассмотренной диссертационной работе, результаты которой имеют большое значение для развития теоретических представлений и технологии проектирования и производства текстильных композитных материалов.

Автореферат и публикации с достаточной полнотой отражают содержание диссертационной работы.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация И.А.Суворова представляет собой научно-квалификационную работу, в которой изложены результаты исследований, направленных на разработку новых методов и подходов в области создания композитных материалов. В работе содержатся теоретические обоснования, экспериментальные данные и практические рекомендации, касающиеся процессов импрегнирования и формирования армирующих структур текстильных композитов. Особое внимание уделено численному моделированию и применению ультразвуковых воздействий для повышения качества и эффективности производства композитов, что подтверждено результатами промышленных испытаний.

Диссертационная работа Ивана Александровича Суворова по своему уровню, актуальности, научной новизне и практической значимости полностью отвечает п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ в части требований, предъявляемых к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.16 «Технология производства изделий текстильной и легкой промышленности».

**Официальный оппонент,  
Заслуженный деятель науки РФ,  
доктор технических наук, профессор**

**А. М.Киселев**

**Фамилия, И.О.:** Киселев Александр Михайлович

**Ученая степень:** доктор технических наук

**Ученое звание:** профессор

**Специальность:** 05.19.03-Технология текстильных материалов

**Организация:** ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна», профессор кафедры химических технологий им. проф. А.А.Хархарова

**Адрес организации:** 191186, Санкт-Петербург, ул.Большая Морская, 18

**Телефоны:** (812) 310-19-30; +7 (921) 793-84-00

**E-mail:** alkis1948@mail.ru



*Киселева А.М.*

*Симова О.Ю. 24*

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»