

В диссертационный совет Д 212.236.01
при Федеральном государственном
бюджетном образовательном учреждении
высшего образования
«Санкт - Петербургский государственный
университет промышленных технологий и
дизайна»

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Строкина Кирилла Олеговича на тему «Прогнозирование прочностных свойств композиционных материалов, армированных углеродными тканями», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.01 - Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности.

Актуальность темы диссертации

Возможности варьирования строения и структуры полимерных композиционных материалов, армированных углеродными тканями, предоставляют конструкторам инструмент управления характеристиками прочностных свойств будущих многослойных изделий и открывают пути создания рациональных элементов конструкций, наилучшим образом отвечающих всем особенностям режима эксплуатации. Актуальность темы диссертационной работы обусловлена необходимостью совершенствования имеющихся и создания новых методов исследования и прогнозирования прочностных свойств композиционных материалов.

Новизна исследований и новые научные достижения в области соответствующей отрасли наук

Разработана новая методика прогнозирования прочностных свойств полимерных композиционных материалов, армированных углеродными тканями.

Разработаны новые методы и методики прогнозирования параметров структуры и характеристик прочностных свойств углеродных тканей на основе технологических параметров их производства.

Построена адекватная экспериментальным данным математическая модель

прочностных свойств полимерных композитных материалов, армированных углеродными тканями.

Построены математические модели структуры и прочностных свойств углеродных тканей, согласующиеся с экспериментальными данными.

Выведены функциональные зависимости между сжатием нитей, радиусом области контакта, максимальным давлением и силой взаимного давления нитей.

Разработана методика экспериментального определения модуля жесткости и коэффициента Пуассона углеродных нитей при сжатии в радиальном направлении.

Степень обоснованности и достоверности каждого положения выводов, полученных результатов и заключения в диссертации соискателя

Обоснованность научных положений, а также достоверность полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, обусловлены:

- применением научно обоснованных теоретических предпосылок и допущений;
- использованием современных научных теорий, современных средств исследования и информационных технологий;
- положительной апробацией основных положений диссертации на международных, всероссийских, отраслевых научно-технических конференциях и в периодической научной печати.

Полученные результаты теоретических исследований подтверждаются результатами большого количества экспериментов.

Теоретическая и практическая значимость работы

В ходе выполнения диссертационной работы впервые получены следующие результаты, имеющие научную новизну и значимость:

1. Получена оценка функциональной зависимости деформации радиального сжатия углеродных нитей от силы их взаимного давления в тканой структуре.
2. Построены и экспериментально подтверждены математические модели структуры и напряженно-деформированного состояния при растяжении структу-

ры углеродной ткани и математические модели композиционного материала, армированного углеродной тканью.

3. Экспериментально определены механические характеристики углеродных нитей при сжатии в тканой структуре в радиальном направлении.
4. Созданы компьютерные программы для прогнозирования структуры и прочностных свойств армированных полимерных композиционных материалов.
5. Результаты прогнозирования предназначены для использования в качестве исходных данных при выполнении прочностных расчетов элементов конструкций в различных САЕ-системах.

Соответствие работы заявленной специальности и требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям

Представленная диссертационная работа выполнена на кафедре инженерного материаловедения и метрологии ФГБОУ ВО СПбГУПТД и имеет общепринятую структуру. Работа изложена на 182 страницах машинописного текста и состоит из введения, 6 разделов, общих выводов по работе, списка использованных источников из 187 наименований, 9 приложений на 17 страницах, содержит 24 таблицы, 42 рисунка. Структура, объем и оформление диссертации отвечают существующим требованиям.

Во **введении** сформулирована актуальность диссертационной работы, цель и задачи исследования, методы исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, апробация результатов работы, а также приведены сведения о публикациях по теме диссертации, о ее структуре и объеме.

В **первом разделе** приводится обзор и анализ научной литературы по теме диссертационной работы.

Во **втором разделе** исследовано влияние строения и технологии производства на качество углеродных тканей, используемых для армирования композиционных материалов.

В **третьем разделе** изложены результаты теоретических и экспериментальных исследований области контакта углеродных нитей в тканой структуре. Теоретические исследования области контакта основных и уточных нитей основываются

ся на существующих методах решения контактных задач теории упругости. Экспериментальные исследования, выполненные по методике автора, позволили определить значения модуля жесткости и коэффициента Пуассона углеродных нитей при сжатии.

В **четвертом разделе** построена механико-аналитическая модель структуры углеродных тканей. На основе построенной модели и разработанной компьютерной программы, было выполнено прогнозирование следующих параметров структуры углеродных тканей: длин, прогибов и сжатия участков нитей; толщины структуры; линейного, поверхностного и объемного заполнения структуры нитями; поверхностной и объемной пористости; поверхностной и объемной плотности. Сравнение результатов прогнозирования и экспериментальных исследований параметров структуры ткани показало достаточно хорошее их совпадение.

В **пятом разделе** разработан метод прогнозирования характеристик прочностных свойств углеродных тканей. Численное прогнозирование характеристик прочностных свойств осуществлялось методами компьютерного моделирования. Относительная разность прогнозируемых и экспериментальных значений характеристик не превосходит 10 %.

Шестой раздел работы посвящен построению модели напряженно-деформированного состояния композиционного материала, армированного углеродными тканями, прогнозированию параметров его структуры и характеристик прочностных свойств. Прогнозирование характеристик осуществлялось при помощи модели напряженно-деформированного состояния композиционного материала, основанной на механической модели Кельвина-Фойгта. Для численного прогнозирования параметров структуры и характеристик прочностных свойств композиционного материала математические модели были реализованы в виде компьютерных моделей. В разделе выполнена экспериментальная проверка результатов прогнозирования. Сравнение результатов прогнозирования и экспериментальных исследований параметров и характеристик материала показало достаточно высокую точность разработанных моделей.

Заключение содержит общие выводы по диссертационной работе, отражающие основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, выполненных автором.

Диссертационная работа полностью соответствует специальности 05.19.01 «Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности» и требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Автореферат диссертации полностью отражает основное содержание и положения диссертационной работы.

**Достоинства и недостатки по содержанию работы,
оценка проведенных соискателем исследований в целом**

Следует отметить полноту, хороший уровень и стиль аналитического обзора, выполненного автором в первой главе диссертации, которая может служить качественным и достаточно компактным введением в проблемы, обсуждаемые и решаемые в работе.

Все эксперименты с угольными нитями, тканями и композитными материалами, описанные в работе, представлены в полном виде, с исходными результатами измерений в основном тексте диссертации или приложениях, характеристиками точности использованной измерительной аппаратуры, оценками погрешностей вычислений. Математический аппарат, использованный для обработки данных, адекватен задачам обработки, и позволяет извлечь из экспериментальных данных полный объем необходимой информации.

Предложенная автором модель поперечного сжатия взаимодействующих основной и уточной нитей основана на ряде эмпирических предположений и экспериментальных данных. Модель позволила автору диссертации построить практически применимую методику прогнозирования и проектирования свойств углеродной ткани и композитного материала.

Замечания по работе

1. В 3-м разделе автор диссертации решает разновидность классической задачи Герца об упругом взаимодействии двух тел, в данном случае о вдавливании двух цилиндров (углеродных нитей), расположенных перпендикулярно друг дру-

гу при действии внешней силы в области контакта. В работе не обсуждаются альтернативные варианты расчета: аналитические, численные, метод конечных или граничных элементов и не показывается преимущество предлагаемой модели с точки зрения точности и полноты.

2. При пересечении нитей основы и утка действуют не только сдвливающие силы в области соприкосновения нитей, но и изгибающие моменты, оценка которых в работе отсутствует.

3. Автор диссертации не дает оценки влияния структуры углеродной нити: влияния толщины, числа, расположения отдельных волокон в нити и крутки нити, - на результаты моделирования.

4. Эксперименты проведены автором диссертации на ограниченном количестве вариантов тканей и композитных материалов. Хотя, очевидно, предлагаемая методика может быть распространена и на другие виды тканей и материалов, в диссертации отсутствует информация о пределах применимости и возможных проблемах при таком ее обобщении.

5. Хотя в тексте и выводах диссертации содержатся слова не только об упругой, но и пластической составляющей деформации, однако вопросы необратимости деформации, полученной нитями и тканями при формовании материала, не обсуждаются.

6. При решении вопросов о качестве и эксплуатационной надежности композитного материала неизбежно необходимо говорить о видах локальных областей разрушения. Локальное разрушение слабо зависит от общей средней прочности материала. Поэтому при выборе критериев качества композитного материала наряду с интегральными и усредненными показателями следует рассматривать экстремальные величины, выводящие анализ в область вероятностных процессов. Эти темы в диссертации не затрагиваются и не оговариваются.

В целом, диссертационная работа, посвященная прогнозированию прочностных свойств армированных ПКМ, заслуживает положительной оценки.

Заключение

Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, содержащей научно обоснованные решения технических задач в области прогнозирования структуры и прочностных свойств композиционных материалов, армированных углеродными тканями, и соответствует требованиям пункта 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ. Внедрение результатов, выполненных исследований вносит существенный вклад в развитие методов моделирования эксплуатационных свойств композиционных материалов.

Автор диссертационной работы Строкин Кирилл Олегович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.01 - Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный университет имени А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»

тел. +7-985-936-3626

e-mail: petzsev46@yandex.ru

П.А. Севостьянов

Подпись П.А. Севостьянова заверяю
Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство)»



О.В. Ващев