В диссертационный совет Д 212.093.02 на базе ФГБОУ ВО
«Костромской государственный университет»
156005, ЦФО, г. Кострома, ул. Дзержинского, д. 17.

ОТЗЫВ

официального оппонента Севостьянова Петра Алексеевича на диссертационную работу Трещалина Юрия Михайловича «Развитие методологии проектирования новых структур и исследования свойств полимерных композиционных материалов на основе нетканых полотен», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.19.01 – Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности

Актуальность темы диссертационной работы.

В настоящее время наиболее актуальной задачей в производстве композитных материалов на основе нетканых полотен является необходимость разработки методов проектирования новых структур, исследования и прогнозирования свойств существующих и новых нетканых полотен, имеющих различный волокнистый состав, и материалов, разработанных на их основе. Поэтому тема диссертации актуальна.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, представленных автором, подтверждается значительным объемом экспериментальных данных, полученных при помощи соответствующего лабораторного оборудования и приборов в соответствии с действующими стандартами испытаний. Теоретические исследования проведены с применением классических законов гидромеханики и методов теории подобия с применением современного программного обеспечения, что указывает на достоверность полученных аналитических зависимостей. Результаты теоретических и экспериментальных исследований согласуются между собой в соответствии с поставленными целями и задачами исследования.

Целью диссертационной работы является разработка методологии проектирования и прогнозирования свойств нетканых полотен и новых композиционных материалов с заданными эксплуатационными характеристиками, изготовленных на их основе.

Структура работы: диссертация изложена на 276 страницах машинописного текста, состоит из введения, 7 разделов, общих выводов по работе, списка литературы из 215 наименований, приложений на 7 страницах, содержит 73 таблицы, 128 рисунков.

Научная новизна диссертационной работы Ю.М. Трещалина заключается в том, что разработана методология проектирования и прогнозирования свойств нетканых материалов и композитов, изготовленных на их основе. При этом впервые получены следующие научные результаты:

1. Разработан системно-аналитический и методологический подходы к проектированию структур, прогнозированию характеристик и оценке свойств текстильных материалов на основе экспериментальных исследований и методов теории подобия.
2. Определены критерии и получены критериальные математические модели применительно к нетканым материалам для анализа процесса самопроизвольного подъема и впитывания жидкости в зависимости от пористости материала, для вычисления разрывной нагрузки и условного модуля упругости при разрыве, для определения эффективного коэффициента теплопроводности.
3. Получены нелинейные регрессионные модели для вычисления условного модуля упругости, величины разрывной нагрузки и эффективного коэффициента теплопроводности в зависимости от пористости и плотности нетканых полотен.
4. Получены нелинейные регрессионные модели физико-механических характеристик композиционных материалов в зависимости от объемной плотности и пористости нетканых полотен.

Практическая ценность диссертационной работы заключается в:

1. Разработке методики расчета основных характеристик процесса самопроизвольного

впитывания жидкости волокнистыми материалами (высоты подъема, времени и средней скорости впитывания жидкости, показателя проницаемости структуры и радиуса условного капилляра волокнистого материала).

2. Применении на текстильных предприятиях разработанных: технологического критерия, структурного критерия, критерия проницаемости, которые совместно с критерием Рейнольдса всесторонне характеризуют нетканые полотна (за исключением клееных) и позволяют оценить физико-механические и теплоизоляционные свойства на стадии их изготовления.

3. Использовании критериев сжатия и плотности для оценки соотношения характеристик нетканых полотен и полученных на их основе композитов, с учетом показателей волокнистого состава нетканой основы и связующего, что позволило с достаточной для технических расчетов точностью осуществлять подбор нетканой основы для изготовления изделий из композитов целевого назначения и заданных размеров.

4. Разработке новых композиционных материалов на основе нетканых полотен и исследовании их свойств.

5. Разработке и создании композиционных материалов повышенной прочности вследствие модификации:

- связующего за счет применения дополнительных компонентов;
- нетканой основы за счет предварительной (до пропитки связующим) обработки нетканой основы из синтетических волокон низкотемпературной плазмой низкого давления и нанесения наночастиц металла (нержавеющей стали) методом магнетронного распыления.

6. Разработке и создании эластичных гидростойких композитов на нетканой основе.

7. Разработке и создании ударопрочных слоеных композиционных материалов на комбинированной основе, состоящей из нетканых полотен и плетеных лент, изготовленных из углеволокнистых и полиамидных нитей.

8. Разработке эскизных проектов технологических процессов изготовления изделий целевого назначения из композиционных материалов:

- защитных оболочек, представляющих собой две «скорлупы», внутри которых может быть расположена теплоизоляционная прослойка;
- листовых однослойных и многослойных изделий, а также эластичных влагостойких покрытий;
- тепло-звукоизоляционных панелей типа «сэндвич».

Результаты диссертационной работы внедрены: на ООО «Термопол» (г. Москва), ООО «Восток-С» (г. Санкт-Петербург), ООО НПО «Программируемые композиты» (г. Кострома), ООО «ВентМаркет» (г. Иваново).

Анализ содержания диссертационной работы.

Структура диссертации, её объем и оформление отвечают нормативным требованиям.

Во **введении** обоснована актуальность темы, обозначены цели и задачи исследований, отражены научная новизна и практическая значимость работы.

В **первой главе** автором проведен анализ способов производства нетканых материалов, методов моделирования, проектирования и прогнозирования их свойств для определения характеристик нетканых полотен. При этом наибольшее внимание уделено процессам самопроизвольного впитывания жидкости. Рассмотрены вопросы адгезионного взаимодействия волокон и связующего.

Во **второй главе** с применением классических подходов гидромеханики разработана методология проектирования нетканых материалов и прогнозирования их свойств. Нетканый материал представлен как сплошная пористая среда, что позволило использовать классические законы механики и теории подобия для изучения теплофизических и физико-механических процессов, включая кинетику самопроизвольного впитывания жидкости. Предложен ряд терминологических понятий и определений, позволяющих рассматривать текстильные материалы с позиций теории сплошности.

Третья глава посвящена разработке новых материалов, включающих короткое лубяное волокно, выделяемое из костры, и измельченные до пылевидного состояния твердые частицы соломы. Автор предложил технологическую цепочку для выделения и измельчения короткого льняного волокна из костры. Сепарированное льняное волокно смешивалось с химическими волокнами для изготовления нетканого материала, использованного при набивке подушек, для одеял и фетра. На основе смеси гранул химических веществ с микрочастицами измельченной костры изготовлены образцы композиционных мононитей. Показано, что внедрение в состав нитей частиц льняной пыли приводит к увеличению прочности на растяжение и снижению теплопроводности полученного композиционного материала, т.е. предложен фактически безотходный способ переработки льна.

В **четвертой главе** приведены результаты экспериментальных исследований, связанных с разработкой многослойных композитов повышенной прочности за счет использования в качестве основы нетканых материалов, а также плетеных углеволокнистых и полиамидных лент. При этом нетканая прослойка располагалась в середине единичных мононитей внутри плетеных составляющих пакета, способствуя более тесному контакту и улучшению взаимодействия текстильных материалов пакета.

Лабораторные испытания на растяжение и изгиб созданных образцов ударопрочных композиционных материалов на комбинированной основе показали, что максимальное разрывное усилие слоеных композиционных материалов соизмеримо с величиной разрывного усилия углеволокнистого слоя, а предельное напряжение при растяжении в 250 – 400 раз выше аналогичных характеристик композитов на основе соответствующих отдельно взятых нетканых и полиамидных плетеных изделий. Величины напряжений на изгиб при расположении полиамидной составляющей со стороны приложения усилия в 2,5 - 4 раза меньше по отношению к аналогичному размещению углеволокнистого слоя, что указывает на определенную ориентацию размещения защитного кожуха из слоеных композиционных материалов.

В **пятой главе** даются результаты исследований композитов на нетканой основе целевого назначения. Автором предложен оригинальный способ применения различных легкоплавких веществ (тонер, алюминиевая пудра, микрочастицы черной пористой резины), основанный на повышении температуры связующего при его полимеризации до 100-120 ^{0}С.

Экспериментальные исследования показали равномерность распределения добавок в толще композита, его высокую адгезионную способность, увеличение механической прочности композиционного материала на 20…45 % к прочности композита без добавок.

Созданы эластичные композиты, выполняющие гидроизоляционные функции. В качестве связующего применялись: универсальный силиконовый герметик и клей ацетатного отвердения; резиновый клей; клей ПВА; жидкое стекло. Предварительно по оригинальной методике исследована адгезионная способность единичной нити в толще полимерной матрицы. Отмечено прочное соединение указанных веществ и нитей для разработки и исследования эластичных композитов.

Эксперименты с материалами установили, что прочность пластин на растяжение по сравнению с характеристиками основы возросла при пропитке: примерно в 6 раз - герметиком; в 8 раз - резиновым клеем; в 16 раз - жидким стеклом; в 10 раз - клеем ПВА. Для увеличения прочностных характеристик исследованы композиционные материалы на основе модифицированных нетканых полотен из волокнистых анионитов «ФИБАН» (Беларусь). Было установлено, что образцы имеют более высокую хрупкость по отношению к аналогичным образцам российских производителей.

Проведено изучение свойств композиционных материалов за счет модификации нетканой основы обработкой низкотемпературной плазмой до пропитки, а также нанесения наночастиц металла методом магнетронного распыления. Установлено, что плазмохимическая обработка нетканых полотен повышает прочностные свойства композитов на их основе. Наибольший интерес представил образец из полиэфирных волокон, предельное напряжение

при растяжении которого на 60% превышает такой же показатель контрольного образца композита, основа которого не была модифицирована.

Экспериментально показано, что металлизированные нетканые материалы и композиты обладают существенно большей электропроводностью по сравнению с неткаными полотнами, вследствие чего отражение от композиционного материала существенно выше.

В **шестой главе** предложены критерии для прогнозирования характеристик и свойств нетканых полотен и композиционных материалов на их основе. Установлена взаимосвязь между ними в виде критериальных уравнений. Получены нелинейные регрессионные модели для разрывной нагрузки, условного модуля упругости и эффективного коэффициента теплопроводности в зависимости от объемной плотности, пористости и величины критерия.

В седьмой главе исследованы процессы самопроизвольного впитывания жидкости волокнистыми средами. Исследована кинетика впитывания, определены высота подъема жидкости и время впитывания жидкости в зависимости от пористости материала. Разработан метод расчета характеристик самопроизвольного впитывания жидкости волокнистым материалом и проведен расчет для различных связующих веществ при создании образцов гидро-тепло и звукоизоляционных панелей из композитов на основе нетканых полотен.

В диссертации отсутствуют заимствованные материалы без ссылки на автора или источник заимствования.

Основные результаты диссертационной работы Трещалина Ю.М. изложены в 71 научной публикации, из них 27 статей в рецензируемых научных изданиях из «Перечня ВАК Министерства образования и науки РФ», 2 патента на полезную модель, 5 монографий, 2 из которых в соавторстве. Среди указанных публикаций 4 статьи в журналах, цитируемых в международных базах научного цитирования «Scopus» или «Web of Science».

Автореферат составлен по установленной форме и отражает содержание диссертации.

Вопросы и замечания по диссертационной работе:

1. В обзоре методов и моделей для исследований сред со сложной структурой отсутствуют упоминание и оценка целого направления исследований в этой области - методов мезомеханики, разрабатываемых, в частности, в Томском университете академиком РАН Паниным В.Е. и его школой.
2. Несмотря на очевидную статистическую природу и структуру нетканых волокнистых полотен, в диссертации отсутствуют учет этих особенностей строения материала, обоснование и оценка возможности пренебречь статистической природой структуры материала и свойств волокон, ее влияния на свойства получаемых композитных материалов. Между тем, например, очевидно, что именно статистические «выбросы» в прочности приводят к образованию областей начального разрушения, что видно на приведенных в диссертации фотографиях.
3. Отсутствуют повторные измерения зависимостей «деформация – сопротивление». Поэтому нельзя быть уверенным, что построенные по результатам испытаний зависимости являются надежными. Достаточная точность использованных автором приборов позволяет отобразить разброс результатов при повторении испытаний.
4. Практически во всех таблицах и формулах, содержащих числовые коэффициенты, параметры и т.п., рассчитанные по экспериментальным данным, они записаны с 7 – 8 значащими цифрами. Например, это данные в табл.5.24, 5.27, 6.2,6.3, 6.13. Следует округлить эти величины до фактически достоверных значений, как это делает автор в выводах по главам, например: один материал превосходит другой … на 12 – 16%.
5. На рис.3.6 приведены распределения частиц по размеру. Однако правые «хвосты» распределений «повисают», а не опускаются к нулю, что делает эти «распределения» сомнительными.
6. На рис.1.11 показаны однослойные переплетения, а не многослойные, как указано в тексте (стр.46). Отсутствуют обозначения на рис.5.30. Шесть страниц (с 75 по 80) содержат

общеизвестные сведения из дифференциального исчисления и методов поиска локального экстремума, которые следует из диссертации исключить.

7. Проверка правильности расчета в строке 1 таблицы 5.24 (стр.158) показала ошибку вычисления предельного напряжения при изгибе (столбец 6): 23 / (24.9*1.83) = 5047512.5 , а не 505663,1.

8. На рис.6.5 (стр.190) экспериментальные данные противоположны результатам прогноза по направленности зависимости и диапазону, что говорит о неприемлемости модели для условного модуля упругости 3-й группы материалов.

9. Отсутствует проверка значимости коэффициентов в полученных нелинейных регрессионных моделях, например, в табл.6.13.

10. Формула (7.1) легко преобразуется к виду $h = f x (1-x)/(\alpha+x^2)$. Отсюда следует, что вид кривой зависит только от соотношения α и x, а параметр f просто множитель.

11. Что такое функция Y(x) на рис.7.4 ?

12. Нет постановки задачи и выводов для вычислений на стр.214 – 228. Без этого вычисления теряют смысл. Этот раздел не отражен в автореферате.

Указанные замечания не снижают достоинств представленной работы, ее научной и практической значимости.

Заключение по диссертационной работе

Диссертационная работа Трещалина Юрия Михайловича на тему: «Развитие методологии проектирования новых структур и исследования свойств полимерных композиционных материалов на основе нетканых полотен» выполнена на современном научном уровне и является законченной научно-квалификационной работой, в которой изложен и научно обоснован методологический подход к проектированию и прогнозированию свойств нетканых полотен и композиционных материалов на их основе. По актуальности, научной новизне, объему исследований, практической значимости диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, изложенным в «Положении о присуждении ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., а ее автор, Трещалин Юрий Михайлович, заслуживает присвоения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.19.01 – «Материаловедение производств текстильной и легкой промышленности».

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор
Заслуженный деятель науки Российской Федерации,
Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники,
профессор кафедры «Кафедра автоматизированных
систем обработки информации и управления»
ФГБОУ ВО «Российский государственный
университет им. А.Н. Косыгина» Севостьянов П.А.

Адрес: 117997, г. Москва, ул. Садовническая, д. 33, тел.: 8-985-936-3626
E-mail: petrsev46@yandex.ru

Подпись П.А. Севостьянова удостоверяю. 4.02.2022г.

Специалист по кадрам
1 категории К.А. Рыжкова