

ОТЗЫВ

официального оппонента, начальника научно-технологического центра ФГУП «ЦАГИ» доктора технических наук, профессора МФТИ Вермеля Владимира Дмитриевича на диссертационную работу Александрова Ислама Александровича по теме «Автоматизация технологической подготовки производства реактопластичных полимерных композиционных материалов на основе связи свойств изделия и технологических параметров его изготовления», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (машиностроение)»

Диссертационная работа И.А. Александрова посвящена автоматизации определения параметров технологического процесса формования изделий из реактопластичных полимерных композиционных материалов (ПКМ), обеспечивающей стабильность характеристик изделий.

1. Актуальность темы диссертации

В современных условиях осуществляется интенсивное внедрение полимерных композиционных материалов (ПКМ) в различные отрасли народного хозяйства. Поскольку реактопластичные ПКМ позволяют получить наиболее высокие прочностные характеристики, при возможности изготовления крупногабаритных тонкостенных деталей и панелей, они находят применение в конструкциях особо сложных технических изделий в авиационной промышленности, судостроении, специальной техники.

Инновационным решением, обеспечивающим повышение свойств ПКМ, стала их модификация углеродными наноконпонентами (УНК). Одним из недостатков использования ПКМ, в том числе и наномодифицированных, является высокий разброс характеристик изделий после формования, в том числе под воздействием повышенных температур и климатических условий. Преодоление данных недостатков осуществляется в результате длительной и трудоемкой технологической подготовки производства, в которой выполняется отработка технологического процесса изготовления. Модификация УНК вносит дополнительное усложнение в технологическую отработку, как по оценке рациональной концентрации для определенных связующего и армирующего наполнителя, так и определенных параметров термической обработки.

В этой связи диссертационная работа И.А. Александрова направленная на автоматизацию технологической подготовки производства изделий из реактопластичных ПКМ представляется актуальной и практически важной.

2. Структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения с общими выводами по диссертации; списком используемой литературы из 97 источников и двух приложений. Общий объем диссертационной работы составляет 164 страницы машинописного текста, включает 76 рисунков и 5 таблиц.

3. Анализ и оценка содержания диссертации

Во введении определено место диссертации в исследованиях по близкой тематике, сформулированы цель и задачи работы, выполнена оценка степени разработанности темы

диссертации, исходя из чего обоснована её актуальность, определены научная новизна и практическая значимость.

В первой главе автор рассматривает возможности повышения характеристик ПКМ на основе диспергирования УНК, из которых он обоснованно выделяет многослойные углеродные нанотрубки, правильно указывая на то, что характеристики изделий определяются, прежде всего, взаимодействием связующего с армирующим наполнителем, ориентация нитей, которые в слоистых ПКМ, являются основой разрабатываемой конструкции. Наряду с ней, комплекс характеристик изделия (прочностные, ресурсные, геометрические и т.д.) определяются видом и параметрами технологического процесса формования.

Используя результаты предшествующих исследований по наномодификации связующих, И.А. Александров демонстрирует влияние УНТ на его характеристики, наряду с повышением которых, возможно получение новых – изменение электропроводности, и что чрезвычайно важно при практическом использовании, теплопроводности. Им выполнено сопоставление известных методов диспергирования и влияния концентрации УНТ в связующем на его физикомеханические и технологические (температура полимеризации, время гелеобразования) характеристики.

По результатам проведенного рассмотрения, автор делает верный вывод о том, что характеристики изделия из ПКМ зависят от большого числа факторов, обуславливающего высокую неопределенность, которая в свою очередь определяет повышенную трудоемкость и сроки технологической подготовки производства (ТПП). Они могут быть снижены за счет разработки математической модели, устанавливающей связь характеристик изделия с составом компонентов ПКМ, и параметрами их переработки, а также введения на ее основе автоматизации определения параметров ТПП.

Во второй главе И.А. Александров отмечает, что при сравнительно простой возможности идентифицировать характеристики изделия из ПКМ с одним из технологических параметров, получение такой зависимости в многофакторной системе может быть существенно затруднительным. Более сложным становится решение обратной задачи – по допустимому диапазону изменения характеристики определить рациональную совокупность значений воздействующих параметров. Несомненную научную новизну представляет разработанный в диссертации метод ее решения на основе нейросетевого моделирования. И.А. Александровым сформулированы базовые теоретические принципы, положенные в основу метода, применительно к автоматизации производства изделий из ПКМ. Отмечая определенную специализацию подхода, он ограничил применение разработки автоматизацией разработки технологического процесса наноструктурной модификации конструкций из ПКМ.

Поскольку информационной основой для автоматизации в определении технологических параметров являются установленные зависимости между ними и характеристиками изделия, разрабатываемая автоматизированная система реализуется как организационно – техническая. В процессе появления новых теоретических и экспериментальных данных, а также с накоплением практического опыта изготовления изделий из ПКМ, может выполняться «обучение» нейронной сети и соответственно, повышение функциональности автоматизации.

Для апробации разработанного метода автор предложил провести ее на задаче идентификации теплопроводности, что представляется вполне рациональным. С одной стороны, постановка обуславливает разработку наномодифицированной ПКМ, с другой, имеет практическую значимость вследствие возникающего при практической эксплуатации перегрева локальных зон конструкций из ПКМ в условиях низкого теплообмена.

В третьей главе, посвященной подготовке данных для нейронной сети, автор использует как известные экспериментальные данные, так и выполняет собственные оригинальные расчетно-экспериментальные исследования с применением промышленных пакетов APM Multifphysics и ANSYS. Несомненной научной новизной отличается постановка задачи процесса теплопереноса в ПКМ модифицированным УНТ с моделированием структуры размещения УНТ и размеров включений в связующем, выполняемая с применением МКЭ для которого оцениваются рациональные размеры ячеек КЭМ. При выполнении экспериментальных исследований, автором изготовлены технологические образцы из наномодифицированных ПКМ и проведена экспериментальная оценка их характеристик, включая теплопроводность.

Практическую ценность для возможных приложений представляет построенная по результатам исследований нейросетевая модель, определяющая идентификацию теплопроводности от технологических параметров переработки и диспергирования УНТ в состав наномодифицированного ПКМ.

В четвертой главе автором выполнено сопоставление полученных экспериментально характеристик изготовленных образцов с расчетными значениями в разработанной автоматизированной системе на основе нейросетевой модели и промышленных пакетов на основе МКЭ. Из сопоставления следует, что существенным недостатком МКЭ систем является чрезвычайно высокая трудоемкость подготовки моделей, особенно многофакторных. Заложенные соотношения, связывающие для КЭ характеристики ПКМ с воздействующими параметрами переработки и диспергирования УНТ, являются обобщенными. Повышение точности результата требует уточнения коэффициентов для конкретных материалов. В этой связи использование разработанной системы является предпочтительным. По результатам обширного статистического анализа сопоставления расчетных и экспериментальных данных, выполненных И.А. Александровым можно заключить – разработанный при выполнении диссертационной работы научный метод и реализованная автоматизированная система могут использоваться при автоматизации ТПП изготовления изделий из ПКМ.

В заключении сформулированы общие выводы и перечислены основные результаты, полученные в диссертационной работе.

4. Достоверность полученных в диссертационной работе результатов обеспечивается использованием известных дополняющих друг друга методов исследования для сопоставления полученных результатов и анализа их взаимного соответствия. Отдельные результаты работы прошли апробацию на конференциях и опубликованы в рецензируемых журналах из перечня ВАК, что также подтверждает их достоверность.

Сделанные по работе общие выводы правильно отражают ее научные и практические результаты. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. Основное содержание диссертации достаточно полно освещено в 8-ми печатных работах (5 – в изданиях из перечня ВАК).

5. Научная новизна и практическая значимость

Научная новизна работы заключается в расширении представлений о возможности применения нейросетевых моделей для автоматизации этапа технологической подготовки производства композитных конструкций в условиях неопределенности режимов их изготовления. Она также включает формирование структуры и построение специализированной нейросетевой модели обеспечивающей установление зависимостей характеристик реактопластичных наномодифицированных ПКМ от параметров технологического процесса их переработки, состава и параметров модифицирующих УНТ.

Практическая значимость определяется разработкой, на основе нейросетевой модели, автоматизированной системы, обеспечивающей по заданному значению характеристики ПКМ, оценить значения технологических параметров переработки; разработка на ее основе прикладной системы, устанавливающей связь теплопроводности ПКМ с технологическими параметрами его формования при экспериментальном подтверждении точностных характеристик.

Имеются замечания к содержанию работы.

1. В диссертационной работе проведены исследования только полимерного связующего, хотя во введении и постановочной 1-й главе диссертационной работы автор отмечал, что характеристики композиционного материала определяются, прежде всего, взаимодействием с армирующим наполнителем (например, угле или стекловолоконным). Диспергирование наноконпонент может существенно изменить характер взаимодействия и повлиять на процессы пропитки.

2. В качестве основных характеристик связующего, автор называет его прочность и вязкость. Наряду с ними чрезвычайно важны для практического использования такие характеристики, как трещиностойкость и допустимые деформации, которые изменяются при диспергировании УНТ.

3. В качестве физического условия, определяющего повышение прочности связующего, называются силы притяжения Ван-дер-Вальса. Фактически наиболее сильное влияние оказывают химические соединения УНТ с полимерным связующим. Они структурируют изотропное полимерное связующее, определяя изменение свойств.

4. В качестве наиболее перспективного метода диспергирования УНТ в полимерном связующем, автор называет ультразвуковое диспергирование (стр. 27, 2-й абзац). Утверждение, что производительность диспергирования определяется мощностью УЗ генератора, требует уточнения, так как повышение мощности сопровождается нагревом связующего и его деградацией.

Заключение к отзыву

Замечания не умаляют значения диссертационной работы, которая выполнена на высоком научно-техническом уровне и содержит законченное решение актуальной научно-технической задачи. Диссертация соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ, а её автор – И.А. Александров заслуживает присуждения ученой степени кандидата

технических наук по специальности 05.13.06 – «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (машиностроение)».

Официальный оппонент:

Начальник Научно-технического центра
научно-производственного комплекса ФГУП
«ЦАГИ», профессор МФТИ, доктор
технических наук

_____ /
подпись

В.Д. Вермель

«11» ноября 2020 г.

Контактная информация:

Адрес организации: 140180, Россия,
Московская область, Жуковский, ул. Жуковского, д. 1
Телефон: +7 (495) 556-43-62; факс: +7 (495) 777-63-29
E-mail: npk@tsagi.ru; vermel@tsagi.ru

Подпись начальника НТЦ НПК ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»,
профессора МФТИ, д-ра техн. наук Вермеля Владимира Дмитриевича заверяю.

Заместитель Генерального директора ФГУП
«ЦАГИ» по кадровой и социальной политике

_____ /
М.П.

В.С. Максимов