

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата технических наук, доцента кафедры производства летательных аппаратов ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева - КАИ» Хамидуллина Оскара Ленаровича на диссертационную работу Обверткина Ивана Владимировича «МОДИФИКАЦИЯ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ УГЛЕРОДНЫМИ НАНОЧАСТИЦАМИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ФОРМОСТАБИЛЬНОСТИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ВОЛОКНИСТЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11. Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов

### **1. Актуальность темы.**

Диссертационная работа Обверткина И.В. посвящена актуальной теме повышения формо- и размеростабильности изделий из композитов путем направленной модификации полимерной матрицы. Решение данной проблемы является актуальной научно-технической задачей, в свете современных требований к полимерным композиционным материалам. Высокий уровень технологических напряжений возникающих в анизотропном теле композита, совместно с дезориентацией армирующего волокна приводит к отклонениям геометрии и снижению эксплуатационных характеристик изделий. Модификация полимерной матрицы является действенным способом снижения негативных факторов и повышения точности изготовления изделий из ПКМ, по этой причине диссертационная работа Обверткина И.В. характеризуется как актуальное научно-техническое исследование.

**2. Научная новизна и теоретическая значимость** результатов работы заключается в следующем:

– Разработана новая методика оценки влияния направленной модификации полимерной матрицы непосредственно на целевой показатель, отражающий формостабильность изделий из ПКМ;

– Установлено, что модификация полимерной матрицы углеродными нанотрубками снижает влияние дезориентации армирующих волокон на формостабильность изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов за счет компенсации температурного расширения;

– Разработана методика определения кинетических параметров процесса отверждения эпоксидного связующего, позволяющая снизить величину ошибки при моделировании.

### **3. Практическая значимость работы**

Практическая значимость работы подтверждается использованием результатов по разработанным способам снижения коробления изделий из композиционных материалов при реализации комплексного проекта в рамках 218 постановления правительства РФ «Организация импортозамещающего производства крупногабаритных трансформируемых рефлекторов наземных и космических антенн из интеллектуальных полимерных композиционных материалов на основе безавтоклавных технологий», выполняемому в рамках соглашения о предоставлении и использовании субсидии от 01 декабря 2015 года № 02. G25.31.0147.

### **4. Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций и достоверность полученных результатов**

Достоверность результатов исследования и обоснованность научных положений и выводов не вызывает сомнений, и обеспечена применением современных методов исследования (инфракрасная спектроскопия с Фурье-преобразованием, просвечивающая электронная и сканирующая микроскопия, реологические исследования при помощи ротационного реометра, дифференциально-сканирующая калориметрия, термогравиметрия, термомеханический анализ, динамический механический анализ, оптический бесконтактный метод контроля с помощью координатно-измерительной машины), публикацией результатов в рецензируемых научных журналах подтверждается большим объемом экспериментальных данных, корректностью постановки задач исследования.

Таким образом, можно утверждать, что результаты диссертационной работы Обверткина И.В. надежны, достоверны, а выводы и положения на их основе являются обоснованными.

### **5. Структура и содержание работы**

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, методической и экспериментальной части, выводов и списка цитируемой литературы и приложения. Основной текст диссертации содержит 131 страницу машинописного текста, проиллюстрирован 20 таблицами и 36 рисунками. Библиографический список насчитывает 141 работу.

Во введении диссертантом обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи работы, показана новизна и практическая значимость результатов. Приводятся положения, выносимые на защиту, а также сведения о публикациях и апробации работы.

В первой главе исследования проведен обзор литературных источников, в котором отображены основные принципы применения модификаторов с отрицательным коэффициентом линейного термического расширения в качестве компенсаторов термического расширения полимерных матриц. Проанализированы методы изготовления наноструктурированных композиционных материалов. Описано влияние модификации полимерной матрицы на кинетику отверждения эпоксидного связующего и уровень химической усадки. Внимание было уделено также оценке влияния модификации полимерной матрицы на величину остаточных напряжений и на свойства композиционного материала. Обоснован выбор используемых наполнителей для эффективной модификации полимерной матрицы.

Вторая глава является методической. Описывает характеристики используемых материалов, приведены методы исследований и испытаний.

В третьей главе представлены результаты экспериментальных исследований, касающихся влияния модификации на реологические характеристики, скорость отверждения и усадку эпоксидного связующего. Содержит данные об эффективности влияния модификации на снижение температурного расширения полимерной матрицы и композитного материала на ее основе. Показано влияние модификации на вязкоупругие свойства композиционного материала, а также на улучшение точности поверхности образцов и стабильности схем армирования.

В заключении приведены основные выводы, полученные в результате выполнения диссертационной работы.

## **6. Замечание по диссертационной работе**

Несмотря на общую положительную оценку работы, следует отметить ряд замечаний:

1) Не предоставляются данные по изменению массы после модификации, соотношение G/D-пиков для оценки изменения уровня дефектности, а в совокупности с тем, что применялось не очищенное исходное сырье, сложно однозначно охарактеризовать процессы произошедшие при химическом воздействии на УНТ;

2) Автором не предоставляется объяснение различного влияния модификации на полосы поглощения 1750 до 1550  $\text{см}^{-1}$ , на ИК спектрах (рисунки 7 и 8), отнесенные автором к C=O связями, после модификации для систем ОУНТ и МУНТ. Так при модификации для ОУНТ происходит их увеличение, а для МУНТ снижение интенсивности поглощения в данном диапазоне частот.

3) не представлены данные СЭМ с одностеночными УНТ для демонстрации их распределения в эпоксидной смоле, эпоксидном полимере и в углепластике. Так как

известно, что ОУНТ хуже совмещаются с эпоксидной смолой, по сравнению с МУНТ, подтверждение распределения является важным для подтверждения эффективности технологии модификации и для дальнейшей воспроизводимости и повторяемости результатов.

4) В работе местами встречается стилистические ошибки опечатки.

Отмеченные недостатки не имеют принципиального значения, так как носят частный характер и не умаляют научной и практической ценности представленной работы.

## **7. Оформление диссертации**

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям (ГОСТ Р 7.0.11-2011). Материал диссертации изложен последовательно, логично и грамотным техническим языком. Автореферат диссертации соответствует её содержанию.

## **8. Публикации по работе**

Материалы диссертационной работы изложены в 13 научных публикациях, в том числе в 5 статьях в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК, рекомендуемых для размещения материалов диссертаций, из них 3 статьи, входящие в реферативную базу данных Scopus, 1 патент Российской Федерации, 7 докладов Международных конференций.

**9. Соответствие паспорту специальности.** Диссертационная работа по своим целям, задачам, содержанию, методам исследования и научной новизне соответствует паспорту научной специальности 2.6.11 «Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов» (п. 2, 3, 6).

## **10. Заключение**

В целом в диссертации представлен грамотный комплексный подход к решению важной научно-практической задачи. Диссертация Обверткина И.В. является завершённой научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, в которой изложены новые научно обоснованные технологические решения по разработке методов увеличения формостабильности изделий из полимерных композиционных материалов. Результаты выполненных исследований внедрены согласно акту об использовании результатов в производственный процесс предприятия в Госкорпорации «Роскосмос». Результаты исследований, составившие диссертацию, полностью опубликованы в авторитетных российских журналах, защищены патентами.

Диссертационная работа «Модификация эпоксидных смол углеродными наночастицами для увеличения формостабильности изделий из волокнистых полимерных композиционных материалов» соответствует требованиям п.9 раздела II действующего «Положения о порядке присуждения учёных степеней» (постановление Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842), а ее автор, Обверткин Иван Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.6.11 Технология и переработка синтетических и природных полимеров и композитов.

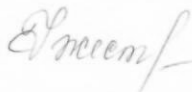
СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ:

Кандидат технических наук  
(05.17.06 Технология переработки  
полимеров и композитов), доцент кафедры  
производства летательных аппаратов  
ФГБОУ ВО «Казанского национального  
исследовательского технического  
университета им. А.Н. Туполева - КАИ»

 Хамидуллин Оскар Ленарович

15.03.2024

Подпись О.Л. Хамидуллина заверяю:  
Ученый секретарь ученого совета ФГБОУ  
ВО «КНИТУ-КАИ», канд. ист. наук.



Жестовская Ф.А.

Почтовый адрес организации: 420111, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. К. Маркса, 10. Телефон: 8 (843) 231 01 09; e-mail: kai@kai.ru



Подпись Жестовской Ф.А.  
заверяю. Документов 2  
15.03.2024г.

Вход. № 05-4922  
«26» 03 2024г.  
ПОДПИСЬ 