

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Сахабутдиновой Ляйсан Рамилевны на тему «Термовязкоупругое поведение крупногабаритного намоточного изделия в процессе изготовления», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела»

Разработка комплексных методик для прогнозирования термовязкоупругого поведения крупногабаритных композиционных оболочек в процессе их изготовления является важной научной задачей, решение которой позволяло бы проводить достоверную оценку влияния технологических параметров изготовления на механические характеристики оболочек с учетом совместного деформирования формируемого материала и используемой оправки. Моделированию технологических процессов с решением сопряженных задач различной сложности и масштаба в части прогнозирования свойств изделий из полимерно-композиционного материала и моделирования совместного деформирования элементов конструкции посвящено большое количество исследований, в которых, однако, недостаточно освещены вопросы взаимодействия создаваемых оболочек и оправок для них. В настоящий момент существует потребность в формировании технической и математической постановки краевой задачи механики деформируемого твердого тела для исследования напряженно-деформированного состояния (НДС) крупногабаритных композиционных оболочек в процессе их изготовления с последующим анализом полученных результатов. Таким образом, тематика диссертационной работы Сахабутдиновой Л.Р. по разработке расчетно-экспериментальной методики описания поведения и исследования на ее основе НДС системы «оправка-композиционная оболочка» в процессе изготовления с учетом термовязкоупругого поведения материалов является актуальной.

Автором в процессе диссертационного исследования проведено обобщение функции релаксации и вычислены параметры аппроксимации для песчано-полимерной смеси, эпоксидной смолы и однонаправленного пластика (глава 2); исследовано влияние моделей поведения слоистой оболочки на НДС конструкции и на основе полученных данных установлено влияние термовязкоупругого

поведения в композиционном материале многослойной оболочки при прогнозировании эволюции НДС конструкции в целом с оценкой прочности формообразующей оправки в процессе изготовления (глава 3); выбрана степень дискретизации, физические соотношения, системы начальных и граничных условий для разработанного конечно-элементного аналога исследуемой конструкции (глава 4); на основе результатов сравнительного анализа сделан вывод о корректности сформулированной краевой задачи и устойчивости численных процедур (глава 5).

Таким образом, поставленные в рамках диссертационного исследования научные задачи Сахабутдиновой Л.Р. решены в полном объеме. По итогам проведенного исследования получен результат, обладающий научной новизной, а именно, реализована численная методика адаптации экспериментальных данных о релаксации песчано-полимерной смеси при сжатии при нормальной и повышенных температурах, предложена и реализована термовязкоупругая модель полимерного композиционного материала, реализован алгоритм решения краевой задачи механики совместного деформирования на протяжении технологического процесса изготовления с учетом внешнего термосилового воздействия. Следует отметить, что новизна предложенных методик, моделей и алгоритмов подтверждается 2 свидетельствами о регистрации программы для ЭВМ.

Практическая значимость работы заключается в том, что предлагаемая автором методика оценки изменения нормального давления на внешней поверхности оправки в процессе изготовления позволяет расчетным путем установить зоны возможного разрушения формообразующей оправки и возникновения дефектов готовой оболочки. Заинтересованность промышленности в результатах проведенного диссертационного исследования подтверждается Актом об использовании результатов в ПАО НПО «Искра». При этом достоверность полученных результатов обеспечивается за счет проведения сравнительного анализа экспериментальных данных о релаксации материалов оправки и однонаправленного полимерного композиционного материала с результатами расчетно-аналитического исследования.

Основные результаты диссертационного исследования в достаточной мере опубликованы и апробированы, неоднократно докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях и семинарах всероссийского и международного

уровня. Следует отметить, что материалы исследования опубликованы в 16 научно-технических журналах и сборниках, в том числе в 5 изданиях, включенных в перечень рецензируемых научных изданий, и в 2 изданиях, индексируемых в базе Scopus, что подтверждает высокий научно-технический уровень полученных результатов.

Однако к работе имеется ряд замечаний:

1. В тексте автореферата автором не приводится влияние теплофизических свойств композиционного материала оболочки на величину температурных деформаций, что в свою очередь может сказаться на изменении величины остаточных напряжений после полимеризации.

2. Автором проделана большая работа по реализации полученных результатов исследования в коммерческом вычислительном программном комплексе ANSYS Mechanical и ANSYS Mechanical APDL, который в настоящее время не распространяется на территории Российской Федерации. При этом из текста автореферата не следует, как автором решается вопрос адаптации научных результатов в отечественном программном обеспечении, в т.ч. коммерческом.

Указанные замечания не снижают значимости полученных результатов диссертационного исследования и не влияют на общую положительную оценку.

В целом, автореферат дает представление о сути диссертационной работы и позволяет судить о достаточности научной квалификации Сахабутдиновой Л.Р. Диссертационное исследование на тему «Термовязкоупругое поведение крупногабаритного намоточного изделия в процессе изготовления» является завершённой научно-квалификационной работой, в которой изложены новые научно-обоснованные технические решения, и соответствует паспорту специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твёрдого тела», а также полностью удовлетворяет требованиям п.п. 9-14 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2019 № 842.

Соискатель Сахабутдинова Ляйсан Рамилевна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твёрдого тела».

Я, Тимаров Алексей Георгиевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Я, Фролов Олег Владимирович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Ведущий научный сотрудник отделения 2
АО ГНЦ «Центр Келдыша»,
кандидат технических наук

Алексей Георгиевич Тимаров

Инженер-конструктор 1 категории
АО ГНЦ «Центр Келдыша»

Олег Владимирович Фролов

АО ГНЦ «Центр Келдыша»
Онежская ул., д. 8, Москва, Россия, 125438
Тел. +7 (495) 456 46 08
E-mail: kerc@elnet.msk.ru
<https://keldysh-space.ru>

«06» марта 2024

Подписи Тимарова А.Г. и Фролова О.В. удостоверяю
Учёный секретарь
АО ГНЦ «Центр Келдыша»,
кандидат военных наук

Ю.Л. Смирнов