

ОТЗЫВ

официального оппонента Хроматова Василия Ефимовича
на диссертационную работу Нгуен Ле Хунг
«**Напряженно-деформированное состояние цилиндрических оболочек с учетом пьезоэлектрического эффекта на основе уточненной теории**»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационная работа Нгуен Ле Хунг посвящена построению уточненной, по сравнению с классической теорией, математической модели и методов определения напряженно-деформированного состояния (НДС) цилиндрических оболочек с учетом пьезоэффекта вблизи зон искажения напряженного состояния, в том числе, вблизи крепления оболочек и в зоне действия локальной нагрузки, а также оболочек, выполненных из многослойных композиционных материалов при совместном действии термоэлектрического нагружения.

Актуальность данной работы обусловлена повышением достоверности результатов расчетов НДС цилиндрических оболочек с учетом пьезоэффекта, позволяющих решить проблему расчета на прочность и долговечность оболочек на этапах проектирования перспективной техники.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 142 наименований. Работа содержит 148 страниц, 44 рисунка, 12 таблиц.

Введение содержит обоснование актуальности, цель и задачи работы, объект и предмет исследования, характеристику диссертационной работы.

В первой главе проведен анализ публикаций отечественных и зарубежных авторов по основным направлениям развития теории пластин и оболочек без и с учетом пьезоэффекта, показана актуальность темы диссертации и намечены основные задачи исследования НДС цилиндрических оболочек на основе уточненной математической модели. Перемещения и электрические потенциалы оболочки аппроксимируются полиномами по нормальной к срединной поверхности координате на две степени выше, чем в классической теории типа Кирхгофа-Лява. На основе трехмерных уравнений теории упругости и уравнений электростатики Максвелла в ортогональной криволинейной системе координат с помощью вариационного принципа Лагранжа построены двумерные уравнения равновесия теории произвольных оболочек с учетом пьезоэффекта в

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«16» 05 2022

обобщенных усилиях и сформулированы граничные условия на краях цилиндрической оболочки.

Во второй главе на основе представленных в первой главе уравнений равновесия получены двумерные уравнения равновесия для изотропных цилиндрических оболочек с учетом пьезоэффекта и граничные условия в перемещениях и потенциалах. Краевая задача оболочки приведена к решению обыкновенных дифференциальных уравнений и соответствующих граничных условий путем разложения компонентов перемещений, электрических потенциалов и внешних электромеханических нагрузок в тригонометрические ряды по окружной координате. Решение сформулированной краевой задачи электроупругости находится операционным методом, основанным на преобразовании Лапласа. Приведены примеры расчетов и параметрического анализа электромеханического состояния цилиндрических оболочек при различных вариантах внешних нагрузок. Установлено, что в зоне искажения напряженного состояния нормальные тангенциальные напряжения существенно уточняются. Поперечные нормальные напряжения, которыми в классической теории пренебрегают, имеют один порядок с максимальными значениями основного изгибного напряжения, соответствующего классической теории.

В третьей главе разработана уточненная математическая модель НДС многослойных цилиндрических композитных оболочек с учетом пьезоэффекта и построена система дифференциальных уравнений с соответствующими граничными условиями. Приведены сравнения результатов, полученных в данной работе, с точными решениями, основанными на уравнениях трехмерной теории упругости и результатами ряда других известных уточненных теорий, опубликованными в международных журналах Scopus и Web of Science, подтвердившие достоверность предлагаемой математической модели НДС. Также установлено, что вблизи зон искажения НДС, имеют место дополнительные напряжения типа “погранслои”, компоненты которых, полученные по предлагаемой модели, существенно отличаются от аналогов, соответствующих классической теории. При удалении от краевых зон на расстояние порядка толщины оболочки, указанные напряжения затухают, практически равны нулю и ими можно пренебречь.

В четвертой главе построена математическая модель расчета НДС многослойных цилиндрических композитных оболочек с соответствующими граничными условиями при совместном термоэлектромеханическом нагружении. Приведены результаты расчетов и параметрического анализа напряженно-деформированного состояния оболочек, находящихся под действием различных вариантов нагрузок. Установлено, что предлагаемые

математические модели позволяют получить существенно более точные величины напряжений в композиционных цилиндрических оболочках с учетом пьезоэлектрического эффекта и температурного воздействия, что очень важно для оценки прочности и долговечности элементов конструкций из композиционных материалов.

В заключении сформулированы основные выводы по диссертационной работе.

Автореферат правильно и полно отражает содержание диссертации.

ДОСТОВЕРНОСТЬ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Достоверность результатов обеспечивается корректным использованием трехмерных уравнений теории упругости, применением для решения краевых задач строгих математических методов, а также сравнениями результатов расчета НДС, полученных в диссертационной работе, с данными классической и других вариантов уточненных теорий.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ДИССЕРТАЦИИ

Научная новизна заключается в следующем:

- Построены двумерные уравнения и граничные условия для определения НДС произвольных оболочек из пьезоматериалов с использованием представления компонентов перемещений и электрических потенциалов в виде полиномов по нормальной к срединной поверхности координате и последующим применением вариационного принципа Лагранжа на основе трехмерных уравнений теории упругости и уравнений электростатики Максвелла.

- Для цилиндрических оболочек, изготовленных из изотропных и многослойных композиционных материалов, с учетом пьезоэффекта и при совместном воздействии термоэлектромеханического нагружения, по уточненной математической модели получена система дифференциальных уравнений в перемещениях и электрических потенциалах, а также сформулированы граничные условия для основных случаев закрепления оболочки.

- Показано, что для цилиндрических оболочек из пьезоматериалов имеют место напряжения “погранслои” вблизи зон искажения НДС, компоненты которых, полученные по уточненной теории, существенно отличаются от соответствующих значений, определяемых по классической теории.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в методиках инженерных расчетов на прочность и долговечность типовых авиационных конструкций из изотропных и многослойных композиционных материалов без и с учетом пьезоэффекта, их соединений, а также при проектировании машиностроительных и строительных конструкций.

ПУБЛИКАЦИИ

Основные результаты диссертационной работы были опубликованы в 15-ти научных работах, из них 3 статьи в журналах из Перечня ВАК РФ; 3 статьи в журналах, цитируемых МБД SCOPUS и 9 тезисов докладов в материалах Международных конференций, в том числе Международном симпозиуме «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» им. А.Г.Горшкова 2020, 2021 гг.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ

1. В работе приводится ссылка на разработанный алгоритм решения задачи об исследовании НДС оболочек, но нигде нет описания этого алгоритма, какие математические пакеты и программные комплексы были использованы.

2. На рисунках и в таблицах значений напряжений не указана размерность представленных величин. Было бы целесообразно провести оценку прочности цилиндрических оболочек, дать рекомендации по повышению несущей способности оболочек.

3. В диссертации для уточнения теории оболочек использован подход, основанный на представлении компонентов перемещений и электрических потенциалов полиномами по нормальной к срединной поверхности координате, но автор не объясняет, почему порядок полинома допускается равным двум.

4. Полученные в диссертации значения напряжений, уточняющие значения напряжений, полученные по классическим теориям до 50%, позволяют рекомендовать проектным организациям увеличивать нормативные коэффициенты запаса прочности соответствующих изделий, о чем и следовало бы указать в окончательных выводах по работе и в заключении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Отметим, что сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Нгуен Ле Хунг.

В целом, считаю, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, посвященной актуальной проблеме. Работа отвечает требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а ее автор Нгуен Ле Хунг заслуживает присуждения ученой

степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

профессор ФГБОУ ВО Национальный исследовательский университет "Московский Энергетический институт", профессор кафедры "Робототехника, мехатроника, динамика и прочность машин", канд. техн. наук



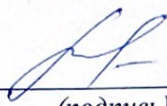
Хроматов Василий Ефимович
11.05.2022

Специальность 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.
Адрес места работы: 111250, г. Москва, улица Красноказарменная, д. 14;
тел. 8 (495) 362-77-00; e-mail: KhromatovVY@mpei.ru

Подпись профессора Хроматова Василии Ефимовича заверяю

ЗАМЕСТИТЕЛЬ НАЧАЛЬНИКА
УПРАВЛЕНИЯ ПО РАБОТЕ С ПЕРЕВОДОМ
Л.Н. ПОЛЕВАЯ

(должность)



(подпись)



Л.Н.

(Фамилия И.О.)

С отзывом ознакомлен.
16.05.2022

