

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИИРИМ РАН,
доктор технических наук

Власов А.Н.

«11» мая 2022 г.



ОТЗЫВ

ведущей организации 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

Цилиндрическая оболочка является наиболее распространенной формой силовых несущих конструкций ракетно-космической и авиационной техники. Применение композиционных материалов в этих конструкциях позволило решить ряды задач о повышении удельной прочности, жесткости и снижении масс. Кроме того, композиты, обладающие пьезоэлектрическим эффектом, помогают эффективно управлять деформациями и необходимыми преобразованиями электромеханической энергии. При оценке прочности и долговечности непрерывных соединений в оболочечных конструкциях возникает задача определения напряженного состояния «погранслоя». Эти дополнительные напряжения, которые в классической теории пластин и оболочек типа Кирхгофа-Лява не рассматриваются и приводят к значительным погрешностям при определении НДС в зонах искажений (области вблизи крепления элементов конструкций, стыков, скачкообразного изменения жесткостных характеристик, в том числе действия локальных и быстро изменяющихся нагрузок). Поэтому проблема построения уточненной теории расчета НДС цилиндрических оболочек с учетом пьезоэффекта является **актуальной**.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

20.05.2022

Содержание диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка аббревиатур и условных обозначений, списка таблиц, списка рисунков и списка литературы, содержащего 142 наименований.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, представлены объект и предмет научных исследований, сформулированы цель и задачи исследования, определена научная новизна и практическая значимость полученных автором результатов, приведены основные положения, выносимые на защиту, сведения об апробации результатов диссертационной работы, а также дано краткое содержание работы по главам.

В первой главе диссертации приведены обзор литературы, относящейся к теме диссертации. Дана постановка задачи исследования. Для описания уточненного НДС произвольных оболочек с учетом пьезоэлектрического эффекта используются уравнения трехмерной теории упругости и закон электростатики Максвелла в триортогональной криволинейной системе координат. Перемещения оболочки и электрические потенциалы представляются в виде полиномов по нормальной к срединной поверхности координате на две степени выше, чем в классической теории типа Кирхгофа-Лява. На основе вариационного принципа Лагранжа предложен общий подход к описанию НДС оболочек в обобщенных электромеханических усилиях и соответствующих граничных условий.

Во второй главе, на основе полученных в первой главе математических моделей, представлена система уравнения равновесия и граничные условия для цилиндрической оболочки с учетом пьезоэффекта. На основе разложения перемещений и электрических потенциалов в тригонометрические ряды по окружной координате уравнения в частных производных приведены к обыкновенным дифференциальным уравнениям.

Представлены методика и алгоритм решения сформулированной краевой задачи, основанные на операционном методе преобразовании Лапласа.

Приведены результаты расчетов и параметрического анализа НДС цилиндрической оболочки с учетом пьезоэффекта при различных вариантах внешних электромеханических нагрузок. Выполнено сравнение результатов расчета по уточненной теории с данными классической теории.

В третьей главе представлена уточненная математическая модель НДС многослойных композиционных цилиндрических оболочек с учетом пьезоэффекта на основе вариационного принципа Лагранжа. Краевая задача электроупругости композиционных цилиндрических оболочек решается путем разложения компонентов механических перемещений, электрических потенциалов и внешних нагрузок в двойные тригонометрические ряды.

Представлены результаты вычисления НДС композиционных цилиндрических оболочек с учетом пьезоэффекта для различных типов электромеханических нагрузок с различными краевыми условиями и углами армирования.

Приведены сравнения результатов расчета НДС композиционных цилиндрических оболочек по уточненной теории, предложенной в диссертационной работе, с данными классической теории и других уточненных теорий, опубликованными в журналах Web of Science и Scopus.

В четвертой главе на основе вариационного принципа Лагранжа разработана уточненная математическая модель для определения уточненного НДС многослойных цилиндрических оболочек при воздействии различных механико-термо-электрических нагрузок. Приведены результаты параметрических расчетов НДС по уточненной теории и дано сравнение полученных в диссертации результатов с данными классической теории.

В заключении приведены основные результаты по главам и выводы по диссертационной работе.

Научная новизна полученных результатов

Научная новизна диссертационной работы Нгуен Ле Хунг заключается в следующем:

1. На основе вариационного принципа Лагранжа впервые построены

уравнения равновесия теории электроупругости для определения НДС оболочек с учетом пьезоэффекта с использованием основных соотношений трёхмерной теории упругости и уравнений электростатики Максвелла. Компоненты механических перемещений и электрических потенциалов представляются в виде полиномов по нормальной к срединной поверхности координате на две степени выше относительно классической теории типа Кирхгофа-Лява.

2. Впервые получены системы дифференциальных уравнений по уточненной теории в перемещениях, потенциалах и соответствующие граничные условия для цилиндрических оболочек, изготовленных из изотропных и многослойных композиционных материалов с учетом пьезоэлектрического эффекта.

3. Предложены математические модели НДС цилиндрических оболочек из композиционных материалов при совместном действии термоэлектромеханического нагружения, дан анализ НДС оболочки для нескольких вариантов действия температурного нагрева и электрического поля.

4. Впервые показано, что для изотропных и композиционных цилиндрических оболочек с учетом пьезоэффекта вблизи зон искажения НДС компоненты напряженного состояния, полученные по уточненной теории, существенно отличаются от соответствующих значений, определяемых по классической теории.

Достоверность полученных результатов

Достоверность результатов обеспечивается корректным использованием законов, уравнений механики и электричества в совместных задачах электроупругости, применением для решения краевых задач строгих математических методов, а также сравнение результатов расчета с данными других вариантов уточненной теории и классической теории при определении внутреннего напряженного состояния оболочек с учетом пьезоэлектрического эффекта.

Практическая значимость

Результаты, полученные в диссертационной работе на основе теоретических и численных исследований, могут быть использованы при расчетах на прочность и долговечность силовых корпусов летательных аппаратов, элементов конструкций в различных отраслях машиностроения на этапах проектирования перспективной техники с учетом и без учёта пьезоэффекта.

Замечания по диссертационной работе и автореферату.

1. В работе отсутствуют сравнения результатов с экспериментальными данными.
2. Отсутствие рекомендаций и перспектив дальнейшей разработки темы исследований.

Данные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Нгуен Ле Хунг.

Заключение по диссертационной работе

По теме диссертации автором опубликовано 15 печатных работ, в том числе 3 статьи в журналах из Перечня ВАК РФ, 3 статьи в журналах, цитируемых МБД Scopus и WoS, 9 тезисов докладов в материалах Международных конференций и симпозиумов. В материалах совместных публикаций в журналах из Перечня ВАК РФ личный вклад автора является определяющим.

Полученные результаты соответствуют уровню кандидатской диссертации по специальности 01.02.06 - «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Автореферат в полном объеме отражает содержание диссертации.

В итоге диссертация Нгуен Ле Хунг «Напряженно-деформированное состояние цилиндрических оболочек с учетом пьезоэлектрического эффекта на основе уточненной теории» является законченным научным исследованием, соответствующим требованиям п.п. 9-14 "Положения о

присуждении ученых степеней", утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред. от 30.07.2014 г.), а ее автор Нгуен Ле Хунг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Отзыв рассмотрен в ФГБУН Институте прикладной механики Российской академии наук на заседании Отдела механики адаптивных композиционных материалов и систем; протокол № 3 от 5 мая 2022 г.

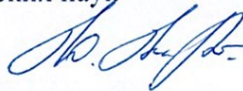
Заместитель директора по
научной работе ИПРИМ РАН,
доктор физико-математических наук (спец. 01.02.04)

Данилин Александр Николаевич



Ученый секретарь ИПРИМ РАН,
кандидат физико-математических наук

Карнет Юлия Николаевна



Контактные данные организации:

ФГБУН Институт прикладной механики Российской академии наук.

125040, г. Москва, Ленинградский проспект, д.7, стр.1.

Телефон: +7 495 946-18-06.

Факс: +7 495 946-18-03.

Адрес электронной почты: iam@iam.ras.ru

Официальный сайт: https://iam.ras.ru

С отзывом ознакомлен.

20.05.2022

