

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Зоан Куи Хиеу

«Напряженно-деформированное состояние пластин переменной толщины на основе уточненной теории», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Развитие различных отраслей современного машиностроения - авиационной и космической техники, судостроения, машиностроения, промышленного строительства ставит задачи расчета тонкостенных конструкций, сочетающих в себе легкость с высокой прочностью, что и обуславливает их широкое использование. Повышенные требования к прочности и надежности при уменьшении материалоемкости создают сложные проблемы анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) тонкостенных тел в зоне концентраторов напряжений. Тонкостенные конструкции типа пластин переменной толщины находят широкое применение во многих отраслях современной техники. Расчет их напряженно-деформированного состояния, как правило, базируется на классической теории типа Кирхгофа-Лява и Тимошенко-Рейсснера, основанной на допущении отсутствия поперечных деформаций и напряжений. Такое допущение приводит к погрешностям при определении напряженно-деформированного состояния пластин, особенно в зонах его искажения (вблизи соединений и стыков элементов конструкций, а также локального нагружения). В связи с этим проблема определения напряженно-деформированного состояния пластин переменной толщины по уточненной теории остается **актуальной**.

Отдел документационного  
обеспечения МАИ

09 11 20 20

Губин -

**Научная новизна** диссертационной работы заключается в том, что перемещения пластин разлагаются в полиномиальные ряды по нормальной к срединной плоскости координате на два порядка выше, чем в классической теории типа Кирхгофа-Лява. На основании вариационного принципа Лагранжа, выражение энергетического функционала которого составлено с использованием трехмерных уравнений теории упругости, построены двумерные уравнения и граничные условия для определения напряженно-деформированного состояния пластин переменной толщины. Результаты расчетов показали, что вблизи зон локальной нагрузки и защемленного края пластин имеет место самоуравновешенное быстро затухающее при удалении от указанных зон напряжения типа «погранслои», которые вносят значительный вклад в общее напряженное состояние пластин.

**Достоверность** полученных результатов подтверждается использованием проверенных методов механики деформируемого твердого тела, классических положений математического аппарата, проверкой построенных моделей на большом числе примеров, а также сравнением и соответствием полученных результатов с данными классической теории при определении внутреннего напряженно-деформированного состояния пластин.

**Практическая значимость** диссертационной работы заключается в следующем: результаты, полученные в работе на основе теоретических и численных исследований, могут быть использованы для решения проблемы расчета на прочность и долговечность силовых корпусов летательных аппаратов, элементов конструкций в различных отраслях машиностроения, в том числе для объектов авиационной техники на этапах их проектирования.

**Содержание работы** полно характеризует проведенные исследования, а также полученные при их выполнении научные результаты. Диссертационное исследование состоит из введения, четырех глав, заключения, списка

литературы, включающего 136 источника. Рукопись содержит 155 страниц основного текста, в том числе 5 таблиц, 78 рисунков.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируются цели и задачи исследования, изложены методы исследования, обосновывается научная новизна и практическая значимость работы, приведены положения, выносимые на защиту, дано краткое содержание работы по главам.

В первой главе представлен обзор литературы по основным направлениям развития теории пластин и оболочек, в частности, пластин переменной толщины. Приведенный обзор литературы показывает, что несмотря на известные достижения в теории и методах расчета пластин и оболочек, имеется еще ряд нерешенных задач при разработке уточненной теории пластин переменной толщины.

Во второй и третьей главах дана постановка задачи исследования пластин переменной толщины. На основе трехмерных уравнений теории упругости и вариационного принципа Лагранжа впервые построена математическая модель по определению уточненного напряженно-деформированного состояния прямоугольных и круглых пластин переменной толщины. Построены основные двумерные уравнения теории прямоугольных и круглых пластин переменной толщины, соответственно. Полученные дифференциальные уравнения в частных производных приведены к обыкновенным дифференциальным уравнениям с помощью тригонометрических рядов.

Решение сформулированной краевой задачи осуществляется аналитически с помощью методов конечных разностей и матричной прогонки. Разработан алгоритм определения их напряженно-деформированного состояния при действии механических нагрузок различного характера. Приведены результаты расчетов и параметрического анализа напряженно-деформированного состояния пластин. На основании полученных результатов установлено: в зонах защемления и локальной нагрузки пластин поперечные

нормальные напряжения имеют один порядок с максимальными величинами основных изгибных напряжений.

В четвертой главе проведен анализ влияния НДС пластин переменной толщины при термомеханическом нагружении. Проведено сравнение результатов расчета НДС пластины при использовании уточненной теории для нескольких вариантов температуры. Показано, что при различной температуре величины напряжений «погранслоя» в краевой зоне пластин существенно изменяются.

В заключении перечислены основные результаты и сформулированы выводы по диссертационной работе.

Содержание глав диссертации подтверждает научно-обоснованный подход автора к решению поставленных задач. Работа обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения. Содержание данной работы приведено в логически последовательной форме.

Содержание диссертации соответствует специальности 01.02.06 – «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Автореферат диссертации достаточно правильно и полно отражает основное содержание диссертационной работы.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 13-ти научных работах, 6 из них – в журналах, рекомендованных ВАК РФ. Основные результаты работы апробированы, так как докладывались и опубликованы на международных научных конференциях в период с 2017 по 2019 гг.

По диссертационной работе имеются следующие **замечания**:

1. В литературном обзоре не отражены работы по асимптотическим методам теории тонких пластин и оболочек, не использующих гипотез о

характере распределения перемещений и напряжений по толщине. Хотя в списке литературы некоторые работы из этого направления представлены.

2. Используются некоторые неклассические обозначения для пар упругих констант изотропных тел  $\lambda, G_0$  и  $E, \mu$  вместо общепринятых  $\lambda, \mu$  и  $E, \nu$ , чего следует избегать.

3. Методика расчета касательных и поперечных нормальных напряжений, основанная на интегрировании уравнений равновесия по толщине, обычно приводит к противоречию, если вычислять те же напряжения с помощью определяющих соотношений и аппроксимаций перемещений и напряжений полиномами. Эту особенность теории тонких тел, основанных на аппроксимациях, следовало бы. Асимптотические теории, указанные в замечании 1, свободны от этого недостатка. Отметим так же, что с вычислительной точки зрения, выбирая алгоритм расчета касательных и поперечных напряжений путем интегрирования уравнений равновесия по толщине, как правило, удается получить достаточно хорошей точности, что и продемонстрировано в диссертационной работе.

4. Не представлены определяющие соотношения тонких пластин переменной толщины, связывающие усилия и моменты, а также напряжения на внешних поверхностях - с одной стороны, и деформации и кривизны срединной (отсчетной) поверхности - с другой стороны. Для пластин с переменной толщиной в этих соотношениях участвуют производные от толщины по продольным координатам. Для акцентирования внимания на влиянии переменной толщины пластин на итоговые уравнения теории эти соотношения были бы полезны.

Отметим, что сделанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Зоан Куи Хиеу.

**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 Зоан Куи Хиеу заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Официальный оппонент,  
д.ф.-м.н., профессор

30.10.2022

Димитриенко Юрий Иванович,  
Заведующий кафедрой ФН-11  
«Вычислительная математика и  
математическая физика»,  
МГТУ им. Н.Э. Баумана,  
105005, г. Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1,  
тел. +7 (910) 414-21-04,  
e-mail: dimit.bmstu@gmail.com.

Подпись Димитриенко Юрия Ивановича удостоверяю



ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ

НАЧАЛЬНИКА УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВ  
ОСВА О. В.

Т. 8-499-263-00-10