

ОТЗЫВ

официального оппонента Фельдштейна Валерия Адольфовича на диссертационную работу Фам Винь Тхиен «Напряженно-деформированное состояние сферических и конических оболочек 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 Фам Винь Тхиен посвящена уточнению классической теории оболочек для описания напряженно-деформированного состояния (НДС) в местах его быстрой изменчивости у границ, в зонах действия локальных нагрузок, при неравномерности физических характеристик слоистых композитных материалов, и применению уточненной теории к расчету сферических и конических оболочек.

Актуальность работы обусловлена необходимостью повышения достоверности расчета тонкостенных конструкций, имеющих в своем составе сферические и конические оболочки, путем приближения расчетной модели к особенностям реальных конструкций и видам нагружения.

СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка условных обозначений, списка литературы, содержащего 136 наименований, двух приложений. Работа содержит 155 страниц, 37 рисунков, 12 таблиц.

Во введении формулируются цель и задачи работы, определяются объект и предмет исследования, обосновывается актуальность темы и дается характеристика полученных результатов.

В первой главе проведен подробный анализ отечественных и зарубежных публикаций по основным направлениям развития теории пластин и оболочек, показана актуальность темы диссертации и намечены основные задачи исследования НДС сферических и конических оболочек на основе уточненной теории.

Предлагаемое автором уточнение модели оболочки состоит в

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«27» 05 2021.

аппроксимации касательных перемещений полиномами третьей, а нормальных – второй степени по нормальной координате, так что классический вариант содержится в предлагаемом, как частный случай. Далее на основе уравнений линейной теории упругости ортотропного материала, записанных в ортогональной криволинейной системе координат, с помощью вариационного принципа Лагранжа и предложенной аппроксимации перемещений получены двумерные уравнения равновесия оболочек в обобщенных усилиях и соответствующие граничные условия. В заключение главы приводится общая схема решения: после определения перемещений вычисляются деформации и напряжения, причем напряжения по направлениям, касательным к поверхности приведения, вычисляются обычным образом, а отсутствующие в классической теории напряжения поперечного сдвига и нормальные напряжения вычисляются, исходя из трехмерных уравнений теории упругости, проинтегрированных по толщине оболочки.

Во второй главе полученные общие уравнения конкретизированы применительно к изотропным сферическим и коническим оболочкам, при этом совершен переход от обобщенных усилий к перемещениям. В результате получена система двумерных уравнений второго порядка относительно одиннадцати обобщенных функциональных координат и соответствующие граничные условия в перемещениях. Разложением решения в тригонометрические ряды по окружной координате решение сводится к одномерной краевой задаче, которая по методу конечных разностей приводится к алгебраической системе, решаемой с помощью алгоритма матричной прогонки. Приведены результаты расчетов НДС сферических оболочек при различных вариантах внешней нагрузки и изменения толщины оболочки; с целью тестирования разработанной методики выбраны варианты, для которых имеются уточненные решения, опубликованные в авторитетных научных изданиях.

В третьей главе аналогичные двумерные уравнения равновесия и

граничные условия в перемещениях получены для изотропных конических оболочек и использован тот же метод решения. Приведены примеры расчета НДС конических оболочек постоянной и переменной толщин при различных видах нагрузок. Выполнено сравнение результатов расчета по уточненной теории и классической теории.

Результаты расчетов для обоих типов оболочек показывают, что в краевых зонах вблизи линий закрепления нормальные и поперечные касательные напряжения, которыми в классической теории пренебрегают, являются существенными и могут иметь один порядок с основными напряжениями. Результаты проведенных расчетов хорошо согласуются с опубликованными результатами, полученными по другим уточненным теориям.

В четвертой главе предложенная модель обобщается на случай многослойных ортотропных оболочек; сохраняется единая принятая система вывода уравнений с уточнениями, учитывающими послойное различие механических свойств материалов. Проведены расчеты нескольких типов конструкций: подъемистая и пологая сферическая оболочка, пластина. Приводятся примеры расчета НДС многослойной композитной сферической и конической оболочек. Дается сравнение результатов с опубликованными точными решениями, в том числе с полученными на основе решения трехмерных уравнений теории упругости.

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 многочисленными сравнениями результатов расчета НДС, полученных в диссертационной работе, с данными других вариантов уточненных теорий.

НАУЧНАЯ НОВИЗНА ДИССЕРТАЦИИ

Научная новизна заключается в следующем:

Построены системы двумерных уравнений и граничных условий для определения НДС оболочек с применением вариационного принципа Лагранжа и общих соотношений трехмерной теории упругости при полиномиальной аппроксимации всех трех компонент перемещения по нормальной координате. Полученные уравнения содержат, как частный случай, соотношения классической теории Кирхгофа-Лява.

На примере сферических и конических оболочек показано, что вблизи зон искажения НДС компоненты напряженного состояния, полученные по уточненной теории, существенно отличаются от соответствующих значений, определяемых по классической теории, а отсутствующие в последней нормальные напряжения и напряжения поперечного сдвига имеют порядок основных напряжений.

ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ

Полученные в диссертации результаты могут быть использованы в методиках инженерных расчетов на прочность и долговечность тонкостенных конструкций и их соединений, применяемых в машиностроении и строительстве.

ПУБЛИКАЦИИ

Основные результаты диссертационной работы были опубликованы в 12-ти научных работах, из них 4 в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ, 2 статьи в журналах, цитируемых международными базами SCOPUS.

ЗАМЕЧАНИЯ ПО ДИССЕРТАЦИИ

1. В диссертации не объясняется выбор порядка полиномов, аппроксимирующих перемещения; в частности – есть ли другие мотивы ограничения порядка кроме стремления получить относительно компактные уравнения.

2. Утверждение, что благодаря соотношениям (1.14) для напряжений поперечного сдвига и нормальных напряжений удовлетворяются уравнения теории упругости не вполне точно: в действительности эти уравнения удовлетворяются «в среднем».

3. Необходимость использования сплайнов для восстановления полей перемещений по их сеточным значениям при расчете деформаций не поясняется; исходная разностная аппроксимация уравнений в перемещениях имеет второй порядок, что уже автоматически задает аппроксимацию поля полиномами второго порядка.

4. Представляется нерациональным способ получения уравнений в перемещениях путем последовательного аналитического исключения обобщенных усилий, напряжений и деформаций. Это приводит к громоздкости вычислительного алгоритма, которой можно легко избежать, представив каждый этап исключения в матричной форме, связывая соответствующими матрицами векторы перемещений с вектором деформаций, а затем с вектором напряжений и усилий.

5. На рисунке 2.11 отсутствует зависимость нормального напряжения от угла широты во всем диапазоне его изменения, хотя на аналогичных рисунках 2.9 и 2.10 она присутствует.

Указанные замечания носят редакционный характер, часть из них можно трактовать как пожелание автору на будущее. Эти замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация выполнена на высоком научном уровне и соответствует положению «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденному постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г.

Автор диссертации Фам Винь Тхиен заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 – Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры.

Главный научный сотрудник
Акционерного общества «Центральный
научно-исследовательский институт
машиностроения»,
доктор технических наук

В.А. Фельдштейн

25.05.21г.

Адрес места работы: 141070, Моск. обл., г. Королев, ул. Пионерская, д.4.
тел. +7 (910) 455-61-30;
e-mail: dinpro@mail.ru.

Подпись Фельдштейна Валерия Адольфовича заверяю

И.о. Главного ученого секретаря АО ЦНИИмаш,
доктор технических наук, с.н.с.

В.Ю. Ключников

М.П.

