



**«УТВЕРЖДАЮ»**

Директор ИПРИМ РАН,  
доктор технических наук, профессор

  
Власов А.Н.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 г.

## **ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертационную работу Во Ань Хиеу  
«Напряженно-деформированное состояние подкрепленных цилиндрических 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**

В настоящее время в расчетах на прочность и долговечность тонкостенных элементов конструкций, как правило, применяется классическая теория пластин и оболочек типа Кирхгофа-Лява и Тимошенко-Рейсснера. В основу этих теорий были положены гипотезы, которые не позволяют учитывать все поперечные деформации оболочки, что приводит к погрешностям при определении напряженно-деформированного состояния (НДС), особенно в зонах соединений, стыков, локального и быстро изменяющегося нагружения.

Эти недостатки заставляют разрабатывать более достоверные по сравнению с классической теорией методы исследования оболочек и пластин. Поэтому проблема построения уточненной теории подкрепленных цилиндрических оболочек является актуальной.

### **Содержание диссертационной работы**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка аббревиатур и условных обозначений, списка литературы, содержащего 138 наименований.

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ  
Вх. №  
29 / 10 2019

**Во введении** обоснована актуальность темы диссертации, представлены объект и предмет научных исследований, сформулированы цель и задачи исследования, определена научная новизна и практическая ценность 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 приведен обзор литературы, относящейся к теме диссертации. Дана постановка задачи исследования. Для описания уточненного НДС обшивки и ребер используются уравнения трехмерной теории упругости в триортогональной криволинейной системе координат. Перемещения оболочки представляются в виде полиномов по нормальной к срединной поверхности координате на один порядок выше, чем в классической теории типа Кирхгофа-Лява. Взаимодействие оболочки с ребрами схематизируется линейным контактом, т.е. представляется в виде двух компонентов перемещений, а именно: для кольцевых – по кольцевому и поперечному направлениям, для продольных – по продольному и поперечному направлениям. В результате сформулированы условия совместности перемещений обшивки и ребер при внешних и внутренних расположениях последних. На основе вариационного принципа Лагранжа построены двумерные дифференциальные уравнения уточненной теории подкрепленных цилиндрических оболочек в обобщенных усилиях с введением дельта-функции Дирака и сформулированы соответствующие граничные условия.

В этой главе представлен алгоритм решения сформулированной краевой задачи по определению перемещений, деформаций и тангенциальных напряжений. Поперечные компоненты напряжений определяются интегрированием соответствующих уравнений равновесия трехмерной теории упругости.

**Во второй главе** путем преобразования сформулированной краевой задачи к частному случаю цилиндрической оболочки, подкрепленной

кольцевыми ребрами, построены уравнения равновесия в перемещениях с соответствующими граничными условиями. На основе разложения перемещений в тригонометрические ряды по окружной координате уравнения в частных производных приведены к обыкновенным дифференциальным уравнениям. Представлен метод решения сформулированной краевой задачи, основанной на преобразовании Лапласа. Приведены результаты расчетов и параметрического анализа НДС цилиндрических оболочек, подкрепленных кольцевыми ребрами.

**В третьей главе** представлена система дифференциальных уравнений в частных производных и сформулированы соответствующие граничные условия в перемещениях для круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной продольными ребрами. Приведена методика расчета открытой круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной продольными ребрами. Показаны результаты расчетов и параметрического анализа НДС оболочки.

**В четвертой главе** исследовано напряженное состояние обшивки типа «погранслой». Сравнением величин напряжений, определенных по уточненной и классической теориям, получены расчетные формулы для компонентов напряженного состояния типа «погранслой». На основе решения контактной задачи об оболочке с упругим изотропным полупространством сформулированы модифицированные граничные условия, позволяющие учесть податливость упруго закрепленного края. Приведен параметрический анализ влияния податливости закрепленного края на НДС оболочки.

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

### **Научная новизна полученных результатов**

Научная новизна диссертационной работы Во Ань Хиеу заключается в следующем.

1. Впервые разработана математическая модель и построены двумерные уравнения и граничные условия для определения НДС подкрепленных цилиндрических оболочек по уточненной теории с использованием представления компонентов перемещений полиномами по нормальной к срединной поверхности координате, последующим применением вариационного принципа Лагранжа, введением обобщенной дельта-функции Дирака для учета линейного контакта оболочки с подкрепляющими элементами.

2. Для круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной кольцевыми ребрами, получена система дифференциальных уравнений в перемещениях и сформулированы граничные условия для типовых случаев крепления оболочки.

3. Для круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной продольными ребрами, получена система дифференциальных уравнений в перемещениях и сформулированы граничные условия для типовых случаев крепления оболочки.

4. Дано решение сформулированной краевой задачи для определения НДС круговой цилиндрической оболочки, подкрепленной кольцевыми и продольными ребрами по уточненной теории на основе метода разложения в тригонометрические ряды и аппарата операционного исчисления.

5. Разработана методика учета податливости упруго закрепленного края на основе решения контактной задачи об оболочке с упругим изотропным полупространством.

### **Достоверность полученных результатов**

Достоверность результатов обеспечивается корректным использованием проверенных методов механики деформируемого твердого тела, применением при решении краевых задач строгих математических методов, а также сравнениями результатов расчета по уточненной теории с данными классической теории при определении внутреннего напряженного

состояния оболочки.

### **Практическая значимость**

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

### **Замечания по диссертационной работе.**

1. В диссертации для уточнения теории подкрепленных оболочек использован подход, основанный на представлении компонентов перемещений полиномами по нормальной к срединной поверхности координате (формула 1.5), но автор не объясняет почему порядок полинома допускается равным двум (формула 1.11).

2. В работе не приведены выражения для нахождения значения перемещений обшивки на линиях сочленения ребер с обшивкой.

Данные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы Во Ань Хиеу.

### **Заключение по диссертационной работе**

По теме диссертации автором опубликовано 10 печатных работ, в том числе в трех журналах из Перечня ВАК РФ. 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 Во Ань Хиеу «Напряженно-деформированное состояние подкрепленных цилиндрических оболочек на основе уточненной

теории» является законченным научным исследованием, которое соответствует 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 Во Ань Хиеу, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.06 - «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры».

Отзыв рассмотрен и утвержден Ученым советом ИПРИМ РАН; протокол № 07/19 от «08» октября 2019 г.

Заместитель директора по  
научной работе ИПРИМ РАН,  
доктор физико-математических наук



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