

# СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.05

**Соискатель:** Во Ань Хиеу

**Тема диссертации:** Напряженно-деформированное состояние подкрепленных цилиндрических оболочек на основе уточненной теории

**Специальностям:** 01.02.06 - «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 20 ноября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Во Ань Хиеу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Присутствовали: председатель диссертационного совета д.ф.-м.н., проф. Тарлаковский Д.В., заместитель председателя диссертационного совета д.т.н., проф. Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета к.ф.-м.н., доц. Федотенков Г.В., д.т.н., проф. Антуфьев Б.А., д.т.н., проф. Бирюков В.И., д.ф.-м.н., доц. Вестяк В.А., д.т.н., проф. Дмитриев В.Г., д.т.н., проф. Дудченко А.А., д.ф.-м.н., проф. Кузнецов Е.Б., д.т.н., профессор Лурье С.А., д.ф.-м.н., проф. Медведский А.Л., д.т.н., профессор Меркурьев И.В., д.т.н., профессор Нерубайло Б.В., д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н., д.т.н., проф. Сидоренко А.С., д.ф.-м.н., проф. Солдатенков И.А., д.т.н., проф. Тютюнников Н.П.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д 212.125.05

И.о.начальника отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина

Федотенков Г.В.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО  
ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «20» ноября 2019 г. № 21

О присуждении Во Ань Хиеу, гражданину Социалистической Республики Вьетнам, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Напряженно-деформированное состояние подкрепленных цилиндрических оболочек на основе уточненной теории» по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», принята к защите «18» сентября 2019 г., протокол № 20, диссертационным советом Д 212.125.05, созданным на базе ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 – № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель Во Ань Хиеу, 1986 года рождения, в 2011 г. окончил Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет) по направлению «Авиа- и ракетостроение». В 2019 году Во Ань Хиеу окончил аспирантуру ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ).

Диссертация выполнена на кафедре «Машиноведение и детали машин» Московского авиационного института (научно-исследовательского университета), Министерство науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Фирсанов Валерий Васильевич**, заведующий кафедрой «Машиноведение и детали машин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

**Романов Александр Никитович**, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом конструкционного материаловедения Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г. Москва,

**Димитриенко Юрий Иванович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой ФН-11 «Вычислительная математика и математическая физика» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва.

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной механики Российской академии наук** в своем положительном отзыве, подписанном доктором технических наук, директором ИПРИМ РАН Власовым Александром Николаевичем и доктором физико-математических наук, заместителем директора ИПРИМ РАН по научной работе Данилиным Александром Николаевичем, указала, что диссертация Во Ань Хиеу представляет собой законченную квалификационную работу, в которой решена важная практическая задача о деформировании и прочности подкрепленных цилиндрических оболочек. Диссертация соответствует всем требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Соискатель имеет 10 опубликованных работы по теме диссертации, в том числе 3 работы в рецензируемых научных изданиях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Фирсанов В.В., Хиеу В.А., Доан Ч.Н. Напряженно-деформированное состояние продольно подкрепленных цилиндрических оболочек на основе неклассической теории // Известия ТулГУ. Технические науки. Вып.12. Ч.2. 2017. С. 42-53.

2. Фирсанов В.В., Во А.Х. Исследование продольно подкрепленных цилиндрических оболочек под действием локальной нагрузки по уточненной теории // Труды МАИ. 2018. № 102. URL: <http://www.trudymai.ru/published.php?ID=98866>.

3. Фирсанов В.В., Во А.Х., Чан Н.Д. Исследование напряженного состояния подкрепленных оболочек по уточненной теории с учетом влияния упругости ребер и защемленного края // Труды МАИ. 2019. № 104. URL: <http://www.trudymai.ru/published.php?ID=102130>.

В этих и остальных работах изложены и обоснованы основные результаты автора по исследованию напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек, подкрепленных кольцевыми и продольными ребрами, на основе уточненной теории. Вклад в публикации, выполненные в соавторстве, состоит в участии в формулировке постановок задач, разработке методов их исследования и решения, а также в выполнении численных расчетов и их анализе.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от ведущей организации «Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт прикладной механики Российской академии наук». Заключение составлено доктором физико-математических наук, заместителем директора ИПРИМ РАН по научной работе Данилиным Александром Николаевичем и утверждено доктором технических наук, директором ИПРИМ РАН Власовым Александром Николаевичем, отзыв положительный;

от официального оппонента, **Романова Александра Никитовича**, доктора технических наук, профессора, заведующего отделом конструкционного материаловедения Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук, г. Москва, отзыв положительный;

от официального оппонента, **Димитриенко Юрия Ивановича**, доктора физико-математических наук, заведующего кафедрой ФН-11 «Вычислительная математика и математическая физика» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», г. Москва, отзыв положительный;

от доктора технических наук, профессора, начальника конструкторского бюро производственного комплекса «Салют» АО «ОДК» **Лопаницына Евгения Анатольевича**, отзыв положительный;

от доктора технических наук, профессора кафедры физики прочности Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Почётного профессора МИФИ, Заслуженного деятеля наук РФ **Морозова Евгения Михайловича**, отзыв положительный;

от доктора технических наук, профессора, профессора – консультанта Инженерной академии Российского университета дружбы народов **Кривошапко Сергея Николаевича**, отзыв положительный;

от кандидата технических наук, профессора кафедры «Робототехника, мехатроника, динамика и прочность машин» ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ» **Хроматова Василия Ефимовича**, отзыв положительный;

от кандидата технических наук, заместителя директора по проектированию ОКБ Сухого, ученого секретаря НТС **Стрелеца Дмитрия Юрьевича**, отзыв положительный;

от начальника подразделения 3200 ФГУП «ГосНИИАС» **Соколова Олега Владимировича**, утвержденный доктором технических наук, директором по оборонным проектам и программам ФГУП «ГосНИИАС» Самойловым Вячеславом Павловичем, отзыв положительный.

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В поступивших отзывах имеются замечания.

В отзыве ведущей организации Института прикладной механики имеются следующие замечания.

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.

Замечания в отзыве официального оппонента **Романова А.Н.**

1. В работе не представлено сравнение полученных результатов расчета с данными других авторов.

2. Недостаточно подробно описано решение сформулированной краевой задачи: не приведены формулы для определения всех произвольных постоянных.

Замечания в отзыве официального оппонента **Димитриенко Ю.И.**

1. В литературном обзоре по теориям пластин и оболочек не отмечены теории, основанные на асимптотических разложениях общих трехмерных уравнений по геометрическому параметру.

2. Введение системы координат  $(\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3)$  (в параграфе 1.2) не имеет смысла, потому что в работе используется только система координат  $(\xi, \theta, z)$ . Введение этой системы координат не пояснено полностью: не указано явно соотношения между координатами  $(\xi, \theta, z)$  и цилиндрическими координатами, являются ли координаты  $\xi$  и  $z$  – безразмерными.

3. Фразу, поясняющую допущение (1.11), следует уточнить – для поперечного перемещения  $w$  – погрешность получается порядка  $h^2$ , а не  $h^3$ . Кроме того, такое понятие корректно лишь для безразмерных величин. При этом ничего не сказано об основном допущении о тонкостенности оболочки и толщины ребер, т.е. о малости в некотором смысле параметра  $h$ .

4. Вариации перемещений и дельта-функции для ребер обозначены одной и той же буквой и встречаются вместе в одних и тех же вариационных уравнениях. Следовало бы изменить обозначения для вариации.

5. Выражения (2.24) и (3.13) для коэффициентов в характеристических уравнениях не удачно записаны, они содержат громоздкие выражения с большими целыми числами, происхождение которых не очевидно. Такие выражения, как правило, могут быть источником ошибок.

6. Коэффициентами изменения метрики оболочки по толщине можно пренебречь, ввиду их малости для тонких оболочек, это упростило бы многие выражения.

7. В работе не рассмотрено сравнение результатов при удержании различного числа членов тригонометрических рядов, аппроксимирующих перемещения и нагрузки.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания.

1. Диссертантом выбран не совсем удачный метод решения полученной им в первой главе краевой задачи для расчёта напряжённо-деформированного состояния подкреплённой цилиндрической оболочки. Это не позволило ему рассмотреть такой важный объект машиностроения, как вафельные оболочки, имеющие подкрепление как в продольном направлении, так и в окружном.

2. Используя уточнённый подход для моделирования процесса деформирования оболочки, диссертант для описания поведения рёбер применяет классический подход, хотя их толщина превышает толщину оболочки. Представляется, что здесь следовало-бы применить такое же описание перемещений, как у оболочки. Кроме этого при рассмотрении рёбер им не учтена возможность их кручения и бокового изгиба.

3. В автореферате диссертации отсутствует описание тестовых примеров расчёта, позволяющих сравнить результаты вычислений сформированного диссертантом программного обеспечения с известными из научной литературы результатами.

4. На всех рисунках, приведённых в автореферате и показывающих распределения напряжений в оболочках, не указан вид продольных и окружных напряжений (мембранные, изгибные и проч.) или не указано место, где они наблюдаются. Кроме этого, отсутствует иллюстрационный материал, показывающий распределение напряжений в рёбрах, а также распределение поперечных сдвиговых напряжений по толщине оболочек.

5. Отсутствие рекомендаций и перспектив дальнейшей разработки темы исследований.

6. Некоторые обозначены на рисунках не очень четкие, например, на рисунке 7.

7. В работе взаимодействие обшивки с ребрами схематизируется линейным контактом. Интересно было бы учитывать взаимодействие обшивки и ребер по поверхностям контакта.

8. Не приведены выражения потенциальной энергии обшивки, ребер и работы внешних сил, из-за чего становится не понятным переход от уравнения вариационного принципа Лагранжа (1) к системе уравнений равновесия (2).

9. В автореферате значительный объем занимают громоздкие математические уравнения, число которых можно было бы уменьшить и уделить больше внимания описанию полученных численных результатов и графиков, выводов по результатам вычислений.

10. В первой главе построены уравнения равновесия и граничные условия цилиндрических оболочек, подкрепленных одновременно кольцевыми и продольными ребрами, но дальше во второй и третьей главах представлены решения и проведены расчеты только для частных случаев оболочек, подкрепленных либо только кольцевыми, либо только продольными ребрами. Желательно было бы проводить в работе также расчет для цилиндрических оболочек, подкрепленных перекрестной системой ребер.

11. В автореферате отсутствует объяснение некоторых обозначений в системе уравнений (2):  $r$ ,  $\alpha_i$ ,  $\beta_j$ ,  $k_{ij}$ ,  $r_{ij}$ ,  $\delta(\dots)$ .

12. На некоторых рисунках не указано место, где наблюдается изменение перемещений и напряжений в оболочках. Например, в последних графиках на рисунке 1 представлены графики нормальных напряжений обшивки по ее толщине, но не указана координата по длине оболочки.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются высококвалифицированными специалистами в данной области, а ведущая организация проводит исследования в области деформирования тонкостенных элементов конструкций. Они имеют значительное количество публикаций по теме диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработана** новая математическая модель для расчета напряженно-деформированного состояния подкрепленных цилиндрических оболочек в уточненной постановке;

**предложены** новые подходы к построению уточненной теории подкрепленных цилиндрических оболочек, основанные на разложении их перемещений по полиномам второго порядка;

**доказана** возможность использования разработанного метода для решения уравнений уточненной теории тонкостенных оболочек по сравнению с классической теорией;

**Новые понятия** не вводились.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

**доказаны** фундаментальные положения предложенных методов, вносящие вклад в направлении усовершенствования теории оболочек и пластин типа Кирхгофа – Лява;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) **использован** комплекс методов, в том числе методы механики деформируемого твердого тела, разложение решения в ряды Фурье, преобразование Лапласа;

**изложены** идеи уточнения математической модели деформирования подкрепленных оболочек за счет повышения порядка аппроксимации;

**раскрыто** существование проблемы возникновения затухающих самоуравновешенных дополнительных краевых напряженных состояний типа «погранслои» вблизи подкрепляющих элементов и жестко заземленных краев;

**изучено** влияние геометрических параметров и свойств конструкционных материалов на напряженно-деформированное состояние подкрепленных оболочек;

**проведена модернизация** классических моделей подкрепленных оболочек.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**Разработан** метод расчета напряженно-деформированного состояния подкрепленных оболочек на основе уточненной теории;

с помощью разработанных методов **определены** перспективы практического использования результатов в изучении направления усовершенствования теории оболочек и пластин;

**создана** уточненная математическая модель для расчета напряженно-деформированного состояния подкрепленных цилиндрических оболочек;

**представлены** рекомендации и предложения по дальнейшему усовершенствованию методик расчета напряженно-деформированного состояния цилиндрических оболочек, подкрепленных продольными и кольцевыми ребрами.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория** построена на законах и уравнениях механики деформируемого твердого тела;

**идея базируется** на основе разложения перемещений оболочки в полиномы по нормальной координате на одну степень выше относительно классической теории пластин и оболочек типа Кирхгофа-Лява;

Для верификации предложенных алгоритмов **использовано** сравнение полученных в работе результатов с данными классической теории;

**установлено** удовлетворительное соответствие полученных результатов с результатами классической теории пластин и оболочек;

**использованы** современные программные комплексы и методы математического моделирования.

**Личный вклад соискателя состоит** в разработке уточненных математических моделей и построении аналитических решений для расчета напряженно-деформированного состояния тонкостенных подкрепленных цилиндрических оболочек, в проведении численных расчетов и анализе результатов вычислений.

Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании «20» ноября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Во Ань Хиеу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 6 докторов технических наук по специальности 01.02.06 «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного  
совета Д 212.125.05 д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.05 к.ф.-м.н., доцент

Федотенков Г.В.



«20» ноября 2019 года