

УТВЕРЖДАЮ

И.о. директора Института  
физико-технических проблем  
Севера им. В.П. Ларионова СО РАН,  
кандидат технических наук,

  
Лукин Евгений Саввич

«10» января 2020 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации ФГБУН Институт физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова СО РАН на диссертационную работу Ньейн Ситт Найнг на тему "Влияние изменения температуры внешней среды на собственные частоты и формы колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела

#### 1. Актуальность темы выполненной работы

Диссертационная работа Ньейн Ситт Найнг посвящена разработке нового подхода к построению и дальнейшему уточнению математической модели колебаний тонкостенной цилиндрической оболочки для начальной неправильности формы, обусловленной возникающей вследствие локального температурного воздействия деформацией, что позволяет учитывать действие соответствующих локальных изменений модуля упругости на свободные колебания конструкций данного вида. Решение данной задачи актуально при создании, ремонте и эксплуатации различных объектов в строительной, транспортной и аэрокосмической отраслях промышленности.

Соискателем выполнен анализ состояния исследований в области динамики тонкостенных цилиндрических оболочек и пластин при температурных воздействиях, вследствие которого установлена необходимость выявить зависимости между температурными воздействиями и частотными характеристиками колебаний оболочек, создать математическую модель расчета колебаний, устранить отклонения между теоретическими и экспериментальными данными колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек, имеющих начальные неправильности формы, обусловленные воздействием градиента температур, а также создать компьютерные программы и устройства, позволяющие противодействовать резонансным явлениям в условиях неравномерного изменения температуры оболочки.

Из поставленных и решенных задач необходимо также отметить:

- оценку влияния на свободные колебания тонкостенной цилиндрической оболочки изменения модуля Юнга материала, вследствие возникновения неравномерного градиента температур;
- определение влияния изменения формы тонкостенной цилиндрической оболочки на её свободные колебания из-за неравномерного градиента температур;
- установление зависимостей частотных характеристик колебаний от способа закрепления тонкостенных цилиндрических оболочек при воздействии градиента температур;
- разработку устройства, способного корректировать свободные колебания тонкостенных цилиндрических конструкций при различных внешних воздействиях.

### **1. Значимость для науки результатов диссертационных исследований автора**

В рамках вариационного принципа и метода Бубнова-Галёркина с использованием уравнений упругих колебаний тонких оболочек и нестационарной теплопроводности диссертантом получена система уравнений, которая описывает колебания тонкой оболочки в неоднородном тепловом поле и позволяет решать широкий класс задач динамики и статики цилиндрических оболочек, находящихся под действием знакопеременных динамических нагрузок и температурного поля. На основе разработанной модели диссертантом показано, что колебательный процесс оболочки, имеющей начальные неправильности формы, обусловленные локальными напряжениями вследствие изменения градиента температуры оболочки в процессе её нагрева, существенно влияет на напряженно-деформированное состояние конструкций, и должен учитываться при расчете. Уточненная математическая модель тем самым лучше отражает механизм колебания оболочечных конструкций, описанных с помощью математических зависимостей. Данный механизм позволяет другим исследователям более точно взглянуть на модель динамического прогиба оболочечных конструкций.

Установлено влияние изменения модуля Юнга на колебания тонкостенной цилиндрической оболочки при изменении температурного режима, получены зависимости составляющих колебательного процесса: количества полуволн, параметров волнообразования в продольном и радиальном направлениях.

Диссертантом разработана методика проведения экспериментальных исследований, которая позволяет изучать колебания тонкостенных цилиндрических оболочек в условиях воздействия повышенных температур и при различных способах закрепления образца. Численные исследования, реализованные с помощью программы для ПК «ОСКРОСМ 2017», подтверждены экспериментально с использованием сертифицированных и апробированных устройств: спектрометра «NEX CG Rigaku», вихретокового пробника ZET 701, анализатора спектра и лицензионной программы «ZetLAB».

## **2. Значимость для производства результатов диссертационных исследований автора**

Следует отметить, что результаты работы Ньейн Ситт Найнг, в частности численного моделирования колебаний цилиндрических тонкостенных оболочек при различных вариациях параметра волнообразования и исследуемой частоты, позволяют в режиме реального времени рассчитывать свободные колебания оболочек, форма которых динамически изменяется при равномерном и неравномерном изменении температур. Показано, что при шарнирном и жестком закреплении оболочки частотные характеристики, полученные при экспериментальных и теоретических исследованиях, на основе новой математической модели в диапазоне температур от 20 до 300 °С имеют расхождение не более 5%. Ошибка вычисления возрастает с увеличением температуры локальной зоны оболочки.

На основании полученных математических моделей и экспериментальных исследований показана возможность корректирующих воздействий в режиме реального времени на свободные колебания конструкций, представляющих собой тонкостенную цилиндрическую оболочку.

Численные данные, полученные в результате проведенного автором исследования, программы для работы на ЭВМ, зарегистрированные в Роспатенте РФ, представляют практическую значимость для проектных институтов и лабораторий в качестве готовых математических моделей и решенных задач для тонкостенных цилиндрических конструкций, подверженных неравномерному нагреву, и могут быть использованы для проектирования строительных конструкций, магистральных трубопроводов, летательных, космических аппаратов и других сооружений.

## **3. Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации**

Результаты данного исследования получили одобрение и используются при рассмотрении задач, связанных с колебаниями пологих оболочек, в одном из строительных управлений г. Комсомольска-на-Амуре: ЗАО «УМР-4». Результаты исследования были внедрены в учебный процесс Комсомольского-на-Амуре государственного университета и используются в учебном процессе при проведении лекционных занятий по дисциплине «Теоретическая механика» для студентов строительного факультета.

Разработанные методики, модели и устройства рекомендуются для применения на протяжённых объектах и резервуарах транспортной и строительной отраслей (ОАО «Газпром», ООО «Транснефть», и др.), эксплуатирующихся в регионах как с умеренным, так и жарким климатом, в приморской части России и КНР, например для нефтепровода «ВСТО», газопровода «Сила Сибири», а методические наработки могут быть использованы на магистерских и аспирантских курсах высших учебных заведений Дальневосточного федерального округа Российской Федерации.

#### **4. Публикации по теме диссертационной работы**

Основные результаты диссертационной работы Ньейн Ситт Найнг опубликованы в 18 научных трудах, в том числе 7 статьях в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, статье в журнале, индексируемом в международной базе данных Web of Science, двух статьях в изданиях, индексируемых в международной БД Scopus, а также в 5 статьях в журналах, индексируемых в РИНЦ. Новизна положений диссертации защищена патентом РФ на изобретение и патентом на полезную модель, а также свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

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

1. Диссертантом представлена новая математическая модель, основанная на системе нелинейных дифференциальных уравнений динамики оболочек с начальной неправильностью формы, обусловленной возникающей вследствие локального температурного воздействия деформацией, приближенно решаемая методом Бубнова-Галеркина. Погрешность, вызываемая линеаризацией, при этом не оценена. Однако при непосредственных расчетах зависимости собственной частоты колебаний стальных оболочек от температуры выявлено отличие традиционной модели от эксперимента при повышении температуры от 250 °С более чем 5%, а новой менее чем 5% до 300 °С. Насколько это различие принципиально для приближенного расчета?

3. Одна из поставленных диссертантом задач (7) предусматривает разработку устройства, «способного корректировать свободные колебания тонкостенных цилиндрических конструкций при различных внешних воздействиях». Разработанное «Устройство обследования состояния конструкций» позволяет вести мониторинг оболочек, учитывая влияние кривизны на частотные характеристики и колебания конструкций. В каком диапазоне обеспечивается корректировка колебаний оболочечных конструкций? Необходимо пояснить, в каких рамках и за счет чего происходит обеспечение безопасности функционирования конструкции?

4. Диссертантом дана оценка влияния на свободные колебания тонкостенных конструкций неправильности формы вследствие деформации, вызванной локальным повышением температуры, однако не учитывается сочетание повышенных и пониженных температур. Такая задача остаётся актуальной для условий резко-континентального климата России. Может ли модель и результаты диссертации быть применены для конструкций, эксплуатирующихся в условиях резких суточных колебаний температуры, в том числе при низких климатических температурах?

5. Следует отметить, что в работе имеются опечатки, орфографические и стилистические ошибки, которые не затрудняют понимание работы, однако некоторые из них достаточно курьёзны. Например, в первой и второй главах диссертации вместо слова «случай» используется «сучай». В некоторых



таблицах имеются неверные обозначения. Например, вместо «Химический элемент» и «Содержание в %» в соответствующих ячейках табл. 2.4 и 2.6 присутствуют «Марка материала» и «Химический состав, %».

## 7. Заключение по диссертационной работе

Несмотря на перечисленные замечания и недостатки, работа Ньейн Ситт Найнг отвечает требованиям п.п. 8, 9 Положения о порядке присуждения ученых степеней ВАК Министерства науки и высшего образования РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. В ней раскрыты все положения, выносимые на защиту, автореферат и имеющиеся публикации раскрывают основное её содержание и позволяют судить о степени полноты и законченности работы в соответствии с поставленными задачами.

Исходя из вышеизложенного, считаем, что диссертация Ньейн Ситт Найнг является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком теоретическом уровне, и соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, п.9 «Положения о присуждении учёных степеней (утв. Правительством РФ от 24 сентября 2013 г. №842) в части: изложения новых научно-обоснованных методик, моделей и устройств, имеющих существенное значение для развития страны.

Диссертация отвечает формату паспорта специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела. Её автор, Ньейн Ситт Найнг, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела.

Доклад соискателя был обсужден на расширенном заседании отдела №30 «Моделирования процессов разрушения» ИФТПС СО РАН (*Протокол №1 от «10» января 2020 года*).

Руководитель научного направления  
Института физико-технических проблем Севера им. В.П. Ларионова,  
доктор технических наук

Валерий Валерьевич Лепов

«10» января 2020 г.

Подпись заверяю,  
Ученый секретарь ИФТПС СО РАН,  
канд. физ.-мат. наук

Надежда Анатольевна Протодьяконова

Институт Физико-Технических Проблем Севера имени В.П. Ларионова  
Сибирского отделения Российской академии наук  
Адрес : 677980, г. Якутск, ул. Октябрьская, 1.  
Телефоны: (4112) 39-06-00, (4112) 33-66-65,  
Факс: (4112) 33-66-65, (4112) 33-66-08  
e-mail: administration@iptpn.ysn.ru