

ОТЗЫВ

официального оппонента Козлова Владимира Анатольевича на диссертационную работу Ньейн Ситт Найнг "Влияние изменения температуры внешней среды на собственные частоты и формы колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек", представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Актуальность темы диссертации

В работе рассматривается вопрос о влиянии изменения температуры на собственные частоты колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек с учетом начальных неправильностей их формы. Цилиндрические оболочки нашли широкое применение в авиационной, ракетно-космической, машиностроительной, нефтяной отраслях, энергетике и строительстве в силу экономичности, прочностных свойств и эстетических качеств. Режимы эксплуатации цилиндрических конструкций в ряде случаев подразумевают резкие температурные воздействия, в том числе и неравномерные. Это вызывает изменение напряженно-деформированного состояния и параметров собственных колебаний этих конструкций. Если фактор температурного воздействия, а также наличие асимметричных начальных неправильностей не учитывать в расчетах, то оболочка может потерять форму, получить значительные деформации, войти в резонансный режим с опасностью возникновения аварийных ситуаций. Представленные во введении диссертации примеры аварий доказывают необходимость уточнения математических моделей, совершенствования методов исследования и расчета тонкостенных оболочечных конструкций под воздействием градиента температур. Изучение влияния температуры с учетом изменения модуля упругости и геометрии оболочки на распределение собственных частот и формы колебаний необходимо для проведения анализа прочности и долговечности элементов конструкций и сооружений, встречающихся в инженерной практике. В связи с этим тема диссертационного исследования соискателя является **актуальной**.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Основные научные положения, выводы и рекомендации изложены в разделах диссертации.

Во введении обосновывается актуальность работы, сформулирована цель работы, перечислены задачи и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе выполнен анализ проведенных другими авторами исследований линейных, нелинейных, вынужденных колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек при температурных воздействиях. В исследуемой области научных исследований обозначены нерешенные проблемы.

Во второй главе разработан и создан испытательный стенд, позволяющий учитывать влияние температурного режима на свободные колебания моделей тонкостенных цилиндрических оболочек, представлена методика и программа проведения экспериментальных исследований. Получены численные характеристики колебаний тонкостенной цилиндрической оболочки при изменении температуры и различных условиях закрепления испытательных образцов. Изучены экспериментальные данные частотных спектров колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек при различных температурах. Получены экспериментальные зависимости влияния температуры на изменение модуля Юнга материала, из которого выполнены модели цилиндрической оболочки. Все параметры, принимаемые при проведении экспериментов, соответствуют реальным оболочечным конструкциям, что позволяет изучать механизм колебаний этих конструкций в лабораторных условиях.

В третьей главе на основе вариационной формулировки задачи разработана математическая модель колебаний цилиндрической оболочки при температурном воздействии. Получены зависимости составляющих колебательного процесса: количества полуволн, параметров волнообразования в продольном и радиальном направлениях. Установлено влияние изменения модуля Юнга на колебания тонкостенной цилиндрической оболочки при изменении температурного режима. Полученные численные результаты с достаточной точностью подтверждены представленными выше экспериментальными данными для моделей оболочки при локальном температурном воздействии.

В четвертой главе разработано «Устройство обследования состояния конструкций» для мониторинга конструкций из тонкостенных цилиндрических оболочек, учитывающие влияние кривизны оболочки и начальных неправильностей на частотные характеристики и колебаний конструкций, позволяющая вести постоянный мониторинг и обеспечить безопасность эксплуатации оболочечных конструкции.

Разработаны и зарегистрированы в Роспатенте РФ программные продукты, позволяющие проводить обработку полученных экспериментальных данных и получать численные результаты колебаний оболочек. Совпадение численных расчетов с корректно полученными экспериментальными данными подтверждает обоснованность научных положений, выводов, и рекомендаций, представленных в диссертации.

Новизна проведенных исследований и полученных результатов

Новизна диссертационной работы заключается в разработке, теоретическом и экспериментальном обосновании, а также создании и внедрении в практику результатов исследований в области колебаний цилиндрических тонкостенных оболочек при изменении градиента температур. Лично автором получены и представлены в диссертационной работе следующие результаты.

1. Создан стенд и испытательные образцы для проведения экспериментальных исследований, позволяющих получить численные характеристики колебаний тонкостенной цилиндрической оболочки при изменении температуры и различных условиях закрепления испытательных образцов; разработана программа проведения экспериментальных исследований.
2. Проведен ряд экспериментов при шарнирном закреплении торцов цилиндрической оболочки и при жестком креплении одного из них с получением частотных спектров колебаний при различных температурах, а также зависимостей влияния температуры на изменение модуля Юнга материала, из которого изготовлены модели.
3. Разработана уточненная математическая модель колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек с начальной неправильностью формы в виде деформаций, обусловленных локальным изменением температуры.

4. С помощью уточненной математической модели получены зависимости частоты колебаний оболочки от числа полуволн и зависимости параметров волнообразования в продольном и радиальном направлениях для случаев шарнирного и жесткого закрепления оболочки, а также при изменении диаметра.
5. Выполнен сравнительный анализ численных значений, полученных с помощью уточненной математической модели, и данными экспериментальных исследований.

Значимость для науки и практики полученных автором результатов

Научная значимость полученных автором результатов заключается в развитии теории колебаний оболочек. Полученная на основе вариационной формулировки задачи уточненная математическая модель позволяет находить численные величины собственных колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек при температурных воздействиях. Разработанная модель может использоваться при проектировании и расчете тонкостенных конструкций и элементов в авиационной и ракетно-космической технике, машиностроении, строительстве и других отраслях.

На основе проведенных исследований было разработано «Устройство обследования состояния конструкций», учитывающее при мониторинге конструкций из тонкостенных оболочек влияние формы оболочки и начальных неправильностей на частотные характеристики и колебания конструкций, а также позволяющая корректировать свободные колебания оболочек и обеспечить безопасность эксплуатации оболочечных конструкций.

Приоритет разработок автора в данной области подтверждается 2-мя патентами на изобретение и на полезную модель, свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ и 2-мя актами внедрения результатов диссертационного исследования.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты, полученные в диссертации, могут быть использованы в расчётах тонкостенных элементов конструкций при наличии начальных неправильностей формы и градиента температуры с целью предсказания

поведения конструкции как в докритическом, так и критическом состояниях. Результаты диссертации могут быть использованы в учебном процессе при проведении лекционных занятий по дисциплине «Теория расчета пластин и оболочек» для студентов, обучающихся по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений», магистрантов, обучающихся по направлению 01.04.03. - Механика и математическое моделирование, а также аспирантов, обучающихся по профилю 01.02.04 - Механика деформируемого твердого тела.

Соответствие содержания диссертации паспорту специальности

Диссертация Ньейн Ситт Найнг соответствует области исследования паспорта специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

п. 8 – математические модели и численные методы анализа применительно к задачам, не допускающим прямого аналитического исследования;

п. 9 – экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов, в том числе объектов, испытывающих фазовые структурные превращения при внешних воздействиях.

Диссертационная работа имеет преимущественно прикладное направление, поэтому относится к области технических наук.

Замечания по диссертационной работе

1. Пункты научной новизны результатов диссертационного исследования (стр. 19 диссертации, стр. 4 автореферата) представлены слишком кратко, в виде отдельных частных результатов.
2. В первой главе «Состояние вопроса по исследованию динамики тонкостенных цилиндрических оболочек при температурных воздействиях» непосредственное отношение к рассматриваемой области исследования имеет отношение лишь п. 1.4. В пунктах 1.1 – 1.3 представлены общеизвестные формулы колебаний оболочек, к тому же нелинейные и вынужденные колебания в представленной работе не рассматриваются.
3. Во 2-ой главе очень подробно описана схема проведения эксперимента, характеристики применяемого оборудования, описание моделей оболочек, химический состав материала образцов, но нет

сравнительного анализа полученных частотных спектров (рис. 2.13 – 2.20 на стр. 59–61) для образцов при шарнирном опирании по торцам и жестком закреплении одного из них, при различной температуре и из разного материала.

4. В главе 3 представлено несколько математических моделей колебаний тонкостенных замкнутых цилиндрических оболочек. Не указано, на какой именно подход опирался автор при получении численных результатов, представленных на рис. 3.5 – 3.18, чем обоснован этот выбор.
5. В главе 3 на рис. 3.19 – 3.21 (стр. 137–139 диссертации) представлен сравнительный анализ экспериментальных, традиционных и новых теоретических данных. Согласно этим кривым эффективность применения предлагаемой уточненной модели ограничена температурным диапазоном от 250°C до 300°C , так как до 250°C первые частоты колебаний, полученные традиционным и новым подходом практически совпадают, а после 300°C «уточненная математическая модель потеряет точность полученных результатов» (стр. 140 диссертации).
6. В главе 4 представлены схема и описание работы устройства для мониторинга конструкций из тонкостенных цилиндрических оболочек, но нет натуральных фото этого устройства.
7. Пункты общих выводов по диссертации следовало бы сгруппировать по блокам (эксперимент и его результаты, новая математическая модель и сравнение с экспериментом, разработка программного обеспечения и устройства обследования состояния конструкций), сократив количество пунктов до 4 – 5.
8. В качестве замечания по оформлению материала диссертационной работы укажем на некорректную запись граничных условий (3.34) (стр. 96 диссертации), где между собой приравниваются хотя и нулю, но величины различной размерности: перемещение, изгибающий момент, сила и деформации.

Приведенные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации и автореферата, который правильно отражает содержание диссертации.

Заключение

В целом, несмотря на отмеченные недостатки и замечания, диссертация Ньейн Ситт Найнг, представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по определению собственных частот и форм колебаний тонкостенных цилиндрических оболочек при наличии начальных неправильностей формы и градиента температуры, имеющей существенное значение для механики деформируемого твердого тела.

Результаты диссертационной работы, выносимые на защиту, прошли достаточную апробацию на 7-ми международных конференциях и опубликованы в 18 научных трудах соискателя, включая авторское свидетельство о регистрации программ и 2-х патентов РФ на полезную модель и изобретение.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов считаю, что представленная диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», а ее автор Ньейн Ситт Найнг заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Официальный оппонент, Козлов Владимир Анатольевич, заведующий кафедрой строительной механики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет» (г. Воронеж), доктор физико-математических наук, доцент

27.01.2020 г.

В.А. Козлов

«Подпись Козлова Владимира Анатольевича заверяю»

Проректор по научной работе ВГТУ
доктор технических наук, профессор

И. Г. Дроздов

Контактный адрес:

394006 г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, 84, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», кафедра строительной механики.

Контактный телефон: 8 (960) 125-59-87 E-mail: vakozlov@vgasu.vrn.ru