

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Фрейдина Александра Борисовича на диссертацию Нестерчука Григория Анатольевича на тему «Колебания и устойчивость тонкостенной упругой цилиндрической оболочки, сопряженной с пластинами разных форм», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Диссертация Г.А. Нестерчука посвящена исследованиям свободных колебаний и устойчивости тонкостенных подкрепленных упругих цилиндрических оболочек. В задачи работы входили разработка метода аналитического расчета фундаментальных частот собственных колебаний оболочки, оценка влияния кривизны и толщины торцевой крышки на фундаментальную частоту собственных колебаний, решение задач о потере устойчивости подкрепленных цилиндрических оболочек, моделирование различных условий сопряжения оболочки с пластинами.

Актуальность и практическая значимость темы диссертации определяются широким применением тонкостенных оболочек в разных конструкциях, в том числе в судостроении, авиастроении, машиностроении. В частности, работа предлагает математический аппарат для разработки таких оболочек при различных дополнительных ограничениях/критериях оптимальности. При этом предложенные приближенные формулы могут сократить время проектирования.

Теоретическая значимость и научная новизна заключаются в разработке алгоритмов исследования колебаний и устойчивости подкрепленных оболочек при произвольном распределении жесткостей шпангоутов вдоль образующей оболочки, развитии нового эффективного способа оценки фундаментальных частот описанных конструкций, рассмотрении разных вариантов постановки задач оптимизации конструкций, получении асимптотических формул для критического внешнего нормального давления в случае цилиндрической оболочки, сопряженной с пластинами. Стоит также отметить сочетание аналитических и численных подходов, развиваемых в работе.

Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников из 93 наименования и изложена на 113 страницах.

Введение содержит постановку задач исследования, обоснование актуальности темы, новизны, достоверности, научной и практической значимости работы. Приведен анализ литературы, связанной с темой диссертации.

В **первой главе** рассмотрена задача о собственных колебаниях и устойчивости круговой подкрепленной цилиндрической оболочки. Проведено сравнение фундаментальных частот колебаний, найденных методом Рэлея-Ритца и методом конечных элементов. Получены формулы для вычисления приближенных значений фундаментальных частот конструкции для различных условий опирания краев оболочки (при шарнирном опирании и жесткой заделке краев). Поставлена и решена оптимизационная задача, нацеленная на максимальное увеличение первой частоты.

Во **второй главе** рассмотрены цилиндрические оболочки, сопряженные со сферическими торцевыми сегментами. Исследован спектр частот собственных колебаний цилиндрической оболочки, у которой один край жестко закреплен, а второй край сопряжен с краем сферического сегмента. Упор делается на определение низших частот. Ставятся и исследуются оптимизационные задачи максимизации наименьшей собственной частоты колебаний при изменении геометрических параметров оболочки и пластины.

Третья глава посвящена исследованию потери устойчивости конструкции, состоящей из цилиндрической оболочки, сопряженной с круговыми шпангоутами разной жесткости, под действием нормального внешнего давления. Получено приближенное аналитическое решение задачи о потере устойчивости конструкции. Проведено сравнение решений для нескольких наборов параметров функции распределения высот шпангоутов вдоль образующей оболочки. Решены две оптимизационные задачи. В первой задаче найдены параметры конструкции фиксированной массы, имеющей наибольшее критическое давление. Во второй задаче для заданного критического давления найдены геометрические параметры конструкции с наименьшей массой.

В **заключении** суммируются результаты работы.

Таким образом, диссертация является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научных задач, важных для развития теории и расчетов деформирования тонкостенных элементов конструкций.

По работе имеются вопросы и замечания:

1. Неисследованным остался вопрос о спектре конструкции, если оболочка достаточно длинная. По-видимому, начиная с каких-то длин оболочки, фундаментальной должна стать балочная частота колебаний ($m=1$). Как будет ставиться задача оптимизация в этом случае?
2. В постановке задач о собственных колебаниях (глава 1) и устойчивости (глава 3) конструкции (оболочка, подкрепленная шпангоутами) много общего. Это краевые задачи на собственные значения. Поэтому есть много повторений формул, граничных условий, уравнений. При другой организации материала можно было бы, наверное, сократить и упростить изложение.
3. Во второй главе, где рассматривается двухпараметрическая оптимизация минимальной частоты (по параметрам толщины и кривизны) становится ясно, что минимум достигается на границе области параметров (при нулевой толщине крышки). В связи с этим автор начинает задавать ограничение на минимальную толщину. Но не лучше ли было бы изначально задать области изменения параметров и искать оптимум в ограниченной области, а нулевую толщину рассматривать как предельный случай?
4. Низшая часть спектра собственных частот тонкой цилиндрической оболочки включает в себя частоты изгибных колебаний с большим числом волн m в окружном направлении, например, $m \sim 3-4$ при толщине $h \sim 1/100$. Но именно определение наименьшей (фундаментальной) частоты является целью автора.

Насколько нужно было рассматривать осесимметричные колебания, то есть случай $m=0$?

5. Три статьи и списка работ автора, опубликованные на английском языке фактически являются переводом других трех статей, опубликованных на русском. Несмотря на то, что русская и английские версии представлены в журналах, которые в настоящее время являются независимыми, я бы «принял к зачету» три из шести соответствующих статей. Но и при таком ограничении общее количество статей осталось бы достаточным для защиты.
6. Объем диссертации 113 страниц, а не 116 страниц, как написано при описании структуры работы на с. 13.

Эти замечания не имеют квалификационного значения. Работа обладает внутренним единством. Результаты достаточно полно представлены в 11 публикациях (6 статей входят базы данных Scopus, 3 статьи из списка ВАК) и апробированы на российских и международной конференции.

Диссертация Нестерчука Григория Анатольевича на тему «Колебания и устойчивость тонкостенной упругой цилиндрической оболочки, сопряженной с пластинами разных форм» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете». Соискатель Нестерчук Г.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник

Главный научный сотрудник, заведующий лабораторией математических методов механики материалов Института проблем машиноведения РАН



А.Б. Фрейдин

22.08.2024