

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, доцента Галишниковой Веры Владимировны
на диссертационную работу Семенова Алексея Александровича

«Прочность и устойчивость подкрепленных ортотропных оболочечных конструкций в задачах статики и динамики», представленную в диссертационный совет 24.2.380.01 при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» к публичной защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Актуальность темы диссертационного исследования

Оболочки, подкрепленные ребрами, получили широкое распространение в технике, так как позволяют достичь минимизации веса конструкции при высоких прочностных и жесткостных характеристиках. В расчетах таких конструкций достигнут существенный прогресс, однако развитие научных основ теории сооружений требует постоянной актуализации их математических моделей, методов и алгоритмов расчета, а также создания современного программного обеспечения, основанного на новейших математических моделях. Кроме этого, появление новых конструкционных материалов влечет за собой необходимость развития и уточнения существующих теорий с учетом моделей механики новых материалов.

Исходя из этого, выполненное автором комплексное исследование прочности, устойчивости и закритического поведения подкрепленных ребрами оболочек из ортотропных материалов является важной и актуальной задачей.

Общая характеристика, структура и завершенность диссертационной работы.

Диссертация изложена на 383 страницах, и состоит из введения, шести глав, общих выводов, списка литературы из 298 наименований и пяти приложений. Содержание работы полностью соответствует заявленной специальности 2.1.9. Строительная механика.

Во введении автором обоснована актуальность темы диссертационного исследования, представлен анализ современного состояния исследуемой проблемы на основе обзора научных публикаций. Приведены основные новые черты проведенного автором исследования, поставлены его цели и задачи, определены объект, предмет и методы исследования, описана научная новизна, и представлены основные

положения, выносимые автором на защиту. Указан личный вклад автора в результаты исследования.

Первая и вторая главы диссертации посвящены описанию используемых автором математических моделей деформирования оболочек при статическом нагружении, а именно: математической модели деформирования упругих ортотропных оболочек на основе гипотез Тимошенко-Рейсснера в геометрически нелинейной постановке; математической модели деформирования упругих ортотропных оболочек, имеющих ребра жесткости или вырезы. Здесь же рассмотрены несколько методов учета ребер жесткости, в том числе описан уточненный дискретный метод, предложенный автором диссертационной работы.

В третьей главе автор описывает разработанный алгоритм исследования прочности и устойчивости ортотропных ребристых оболочек при статическом нагружении, основанный на методе Ритца, а также методики исследования прочности и устойчивости оболочечных конструкций при действии статической нагрузки.

В четвертой главе представлены полученные автором на основе разработанных алгоритмов и методик результаты исследования прочности и устойчивости отдельных видов оболочек, выполненных из анизотропных и ортотропных материалов. Рассматривались как ребристые оболочки, так и оболочки без подкрепления ребрами. Приводятся диаграммы закритической работы конструкций. На основе полученных результатов выполнено сравнение методов учета ребер жесткости и схем подкрепления. Приведен анализ исчерпания прочности материала оболочек при их работе в закритической области.

Пятая глава диссертации посвящена разработке математических моделей динамического поведения ортотропных оболочек. На основе сравнения автор принимает в качестве основной модель в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с учетом геометрической нелинейности, поперечных сдвигов, инерции вращения, и наличия ребер жесткости.

В шестой главе диссертации описаны исследования деформаций нескольких типов ортотропных оболочек, усиленных ребрами жесткости, при действии нагрузки, линейно зависящей от времени. Приведены диаграммы деформирования в докритической и закритической стадиях работы конструкций, определены значения критических нагрузок.

В заключении на основе полученных результатов автор делает выводы о характере работы оболочек из ортотропных материалов, о преимуществах предложенной модели учета жесткости ребер, об эффективных способах установки

подкреплений, о выборе критерия прочности материала оболочки, а также об особенностях динамического поведения исследованных конструкций оболочек.

Научная новизна диссертационного исследования заключается, на наш взгляд, в следующих основных результатах, полученных автором:

- разработке комплексной математической модели деформирования ортотропных оболочек при статическом нагружении, учитывающей в совокупности геометрическую нелинейность, поперечные сдвиги, и наличие ребер жесткости;
- разработке уточненного дискретного метода учета ребер жесткости тонкостенных оболочечных конструкций;
- расширении метода конструктивной анизотропии на расчеты оболочечных конструкций, выполненных из ортотропного материала, что позволяет свести конструкцию дискретно-переменной толщины к равновеликой по жесткости оболочке постоянной толщины;
- разработке алгоритма исследования прочности и устойчивости подкрепленных оболочек из ортотропных материалов при статическом нагружении, позволяющий без смены параметра и с адаптивным выбором сетки обходить особые точки кривой равновесных состояний и исследовать закритическое поведение конструкций;
- разработке методики исследования прочности и устойчивости подкрепленных оболочечных конструкций при статическом или динамическом нагружении при помощи кривой равновесных состояний;
- разработке методики анализа процесса исчерпания прочности в закритической стадии работы по нескольким критериям;
- разработке математической модели деформирования ортотропных оболочек при динамическом нагружении в виде системы обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка с учетом геометрической нелинейности, поперечных сдвигов, инерции вращения, и наличия ребер жесткости;
- разработке алгоритма исследования устойчивости подкрепленных оболочек из ортотропных материалов при динамическом нагружении, основанного на методе Л.В. Канторовича и методе Розенброка для решения жестких систем ОДУ.

Достоверность результатов проведенных исследований подтверждается корректным использованием фундаментальных положений механики деформируемого твердого тела, апробированных методов строительной механики и вычислительной математики; сравнением результатов расчета тестовых задач с некоторыми решениями, полученными другими авторами, а также качественным согласованием результатов расчета с результатами экспериментов других авторов.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.

Научные положения и выводы, приведённые в работе, обоснованы тщательным анализом состояния вопроса, а также проведенными автором собственными теоретическими исследованиями и разработками, подкрепленными выполнением численных экспериментов. Приведенные рекомендации аргументированы, и соответствуют результатам исследования.

Ценность результатов работы для науки и практики.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в развитии нелинейной теории деформирования подкрепленных ортотропных оболочечных конструкций, разработке нового уточненного метода учета ребер жесткости и адаптации известных методов под новый класс задач, расширении области применения разработанных подходов на задачи динамики.

Практическая значимость работы заключается в возможности применения разработанных методик и компьютерных программ в проектных организациях для исследования напряженно деформированного состояния, прочности и устойчивости реальных конструкций ребристых оболочек из ортотропных материалов при статическом или динамическом нагружении. Полученные результаты могут также быть использованы при создании отечественного расчетного программного комплекса.

Подтверждение опубликования основных результатов диссертации в научных изданиях.

По материалам диссертации опубликовано 10 статей в изданиях, включенных в Перечень ВАК, 37 статей в изданиях, индексируемых в международных базах Scopus или WoS. Получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Работа прошла апробацию на многочисленных российских и международных конференциях.

Соответствие работы паспорту специальности.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 2.1.9. Строительная механика, а именно: п.2 «Линейная и нелинейная механика конструкций, зданий и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета» и п.4 «Численные и численно-аналитические методы расчета зданий, сооружений и их элементов на прочность, жесткость, устойчивость и динамику при силовых, температурных и других воздействиях».

Соответствие содержания автореферата основным положениям диссертации.

Автореферат дает достаточно полное представление о выполненном автором исследовании, хорошо структурирован, и снабжен иллюстрациями. В автореферате отражены основные положения диссертации.

Замечания по работе.

1. При постановке задачи не сформулирована научно-техническая гипотеза.
2. На рисунке 2.1 (страница 57) неоправданно сохранена англоязычная терминология в классификации сеток ребер. Русскоязычная классификация была использована, например, в работах Г.И. Пшеничнова, не упомянутых в диссертации.
3. При составлении аппроксимирующих функций использованы тригонометрические базисные функции, которые действительно хорошо описывают деформированную поверхность оболочки, но не обладают универсальностью при разных условиях закрепления. С этой точки зрения было бы полезно все же рассмотреть полиномиальные функции
4. Автором в качестве метода продолжения решения принят метод продолжения по длине дуги кривой равновесных состояний (arc-length method). В настоящее время эффективно используется его модификация – так называемый «метод дуговых засечек» (constant arc-length method), дающий лучшие результаты. Из текста диссертации не совсем понятен алгоритм построения решения.
5. При построении кривой равновесных состояний для оценки точности решения используется критерий изменения угла между векторами решения с прошлого и текущего шага. Однако при этом не определяется, является ли текущее состояние равновесным. Это может приводить к «перескоку» решения на близлежащие кривые, не являющиеся кривыми решения, что может обуславливать хаотичный характер кривых на рисунке 4.6. При этом и определение критической нагрузки вызывает сомнения.

Указанные замечания не снижают ценности работы, а в чем-то служат пожеланиями для дальнейшей разработки темы исследования. Диссертация в целом выполнена на высоком научном уровне, изложена последовательно, хорошим языком.

Заключение

Диссертационная работа Семенова Алексея Александровича «Прочность и устойчивость подкрепленных ортотропных оболочечных конструкций в задачах статики и динамики» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой на основании выполненных автором исследований развиты теоретические основы статического и динамического расчета оболочек из ортотропных материалов, подкрепленных ребрами, разработаны математические модели, алгоритмы и программы на их основе, что в целом может быть квалифицировано как научное достижение.

Диссертационная работа отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.), представленных на соискание ученой степени доктора наук, а её автор Семенов Алексей Александрович заслуживает присуждения ему учёной степени доктора технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Официальный оппонент:
доктор технических наук,
доцент, профессор кафедры
Строительная и теоритическая
механика, Ph.D, проректор НИУ
МГСУ
Email: GalishnikovaVV@mgsu.ru
Телефон: 8(495)025-29-38


25.03.2024


Галишникова Вера Владимировна

Сведения об организации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; Email: kanz@mgsu.ru; Телефон: +7 (495) 781-80-07; Сайт: <https://mgsu.ru/>.

Подпись В.В. Галишниковой заверяю.




Начальник отдела
кадрового делопроиз-
водства УРП
А.В. ПИНЕГИН