

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора кафедры «Математика и моделирование» ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», профессора
Филатова В. Н.

на диссертационную работу Семенова А.А.

«Геометрически нелинейная математическая модель расчета прочности и устойчивости ортотропных оболочечных конструкций»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата технических наук
по специальности 05.23.17 – Строительная механика

Рецензируемая работа выполнена на 189 страницах машинописного текста и включает в себя 146 страниц основного текста диссертации, в том числе 41 рисунок, 18 таблиц, список литературы из 164 наименований и 43 страницы приложений к диссертации.

1. Актуальность темы диссертационной работы

Оболочки самой природой выбраны в качестве конструктивных элементов. Панцирь черепахи, панцирь улитки – это оболочечные конструкции. Панцирь улитки толщиной менее 0.1 мм, а прочность его достаточно высока. Поэтому оболочки, обладая высокой жесткостью и разнообразием архитектурных форм, находят большое применение в различных областях техники.

Недостаток оболочек – возможность потери устойчивости, поэтому при исследовании их деформирования необходимо учитывать геометрическую нелинейность. С появлением новых композиционных материалов, обладающих более высокими жесткостными и прочностными свойствами по сравнению с традиционными, стало насущно необходимым проведение расчетов прочности и устойчивости оболочечных конструкции из таких материалов. Первые исследования устойчивости оболочек из композиционных материалов проводились без учета геометрической нелинейности, применялся метод Эйлера и задача устойчивости сводилась к задаче на собственные значения. При этом процесс деформирования при постепенно увеличивающейся нагрузке оставался не раскрытым.

Такие композиционные материалы, как слоистые пластики, состоящие из наполнителя в виде высокопрочного материала, и связующего, имеющие ортотропную структуру, при деформировании допускают сдвиги в поперечном сечении. Первые расчеты оболочек из таких материалов проводились без учета поперечных сдвигов. Композиционные материалы особенно большое применение находят в авиастроении, машиностроении и судостроении, а в строительстве пока еще не играют роль ведущих конструкционных материалов. Это связано с трудностями экспериментального нахождения их механических и прочностных характеристик. Многие сведения являются закрытыми, а для проведения таких экспериментов требуется не только специальное оборудование и технология разработки самих материалов, но и сложные методики для обработки результатов.

С этих позиций работа Семенова А. А. актуальна.

2. Научная новизна исследований и полученных результатов

В работе Семенова А. А. математическая модель деформирования оболочек учитывает ортотропность материала, геометрическую нелинейность, поперечные сдвиги, наличие у оболочки ребер жесткости. Совокупность учета всех этих факторов и составляет научную новизну модели.

Решение нелинейных задач теории оболочек вызывает большие математические трудности. Необходимо с достаточно высокой точностью найти решение краевой задачи для системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных 10-го порядка. Когда в конце 50-х годов прошлого столетия В. В. Петров, будучи аспирантом В. З. Власова, предложил метод последовательных нагружений, сводящий решение нелинейных уравнений к поэтапному решению линейных уравнений с коэффициентами, зависящими от истории нагружения, начался бурный рост исследований устойчивости тонкостенных оболочек. Однако сложности еще остались. Кривая «нагрузка - прогиб» для таких оболочек содержит особые точки, соответствующие верхним и нижним критическим нагрузкам, а иногда содержит и петли. Обход таких мест графика «нагрузка - прогиб» очень сложен: приходится

менять параметр продолжения решения. Еще одна сложность – метод последовательных нагружений, это метод первого порядка точности, поэтому значения критических нагрузок потери устойчивости существенно зависят от шага нагружения. В начале 70-х годов В. В. Карпов предложил модификации метода последовательных нагружений, существенно повышающие точность решения. Однако для этого необходимо на каждом шаге нагружения несколько раз решать линейную задачу. Семенов А.А., применив метод продолжения решения по наилучшему параметру (длине дуги графика «нагрузка – прогиб») с автоматическим выбором величины параметра продолжения решения – решил эти две серьезные проблемы. В этом заключается научная новизна алгоритма исследования построенной математической модели. То, что алгоритм реализован в программном продукте, на которое получено свидетельство о регистрации программ для ЭВМ, также относится к достоинству его работы.

Следующий пункт научной новизны работы Семенова А.А. – это комплексные исследования прочности и устойчивости оболочек из ортотропных материалов. Если публикации по устойчивости оболочек из ортотропных материалов еще можно найти в открытой печати, то такого комплексного исследования и прочности, и устойчивости в публикациях найти не удастся.

Как выяснил Семенов А. А., при исследовании оболочек из углепластика обязательно нужно учитывать геометрическую нелинейность, иначе результат будет существенно завышен. Это тоже очень важный момент в его работе. Зачастую, если исследуется прочность оболочек, пренебрегается нелинейными членами, а этого, как доказал Семенов А. А., делать нельзя.

При исследовании прочности оболочек обнаруживаются места концентрации напряжений. Чтобы снизить уровень напряжений, и недопустить разрушение конструкций, в работе Семенова А. А. предлагается использовать ребра жесткости.

Таким образом, диссертационная работа Семенова А. А. представляет собой комплексное и завершенное исследование проблемы прочности и устойчивости ортотропных оболочек.

3. Степень обоснованности и достоверности научных результатов и выводов, сформулированных в диссертации

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений, так как в работе применяются математически обоснованные методы; существование минимума функционала полной энергии деформации у оболочек доказано; также доказана сходимости метода Рунге. Удержание достаточно большого числа членов разложения искомых функций в ряды дает высокую точность расчета. При исследовании прочности оболочек из слоистых композиционных материалов Семенов А. А. использовал большое число критериев прочности для обоснования достоверности значений предельных нагрузок.

Работа Семенова А. А. прошла серьезную апробацию в выступлениях на различных международных конференциях и симпозиумах. Особенно следует отметить большое число публикаций Семенова А. А. по работе (20 с учетом патентов).

4. Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертации

Работа представляет научный и практический интерес, что следует из актов о внедрении результатов исследований Семенова А. А. Кроме того, математическое и программное обеспечение расчетов прочности и устойчивости оболочек из современных композиционных материалов найдет применение и в учебном процессе строительных вузов.

5. Критические замечания и недостатки

По работе могут быть сделаны следующие замечания.

– При создании математической модели деформирования тонкостенных оболочек Семенов А.А. ссылается на теорию В. В. Новожилова, но,

при этом, по сравнению с его теорией, вводит некоторые упрощения, не оговаривая при этом, какова будет погрешность таких упрощений.

– Все расчеты проводились при удержании 16 членов разложения функций в ряды. Почему именно 16?

– В работе не отмечается, применялись ли стеклопластики, углепластики и др. в конструкциях покрытия большепролетных строительных сооружений.

– В работе не оговаривается, каковы условия сходимости метода продолжения решения по наилучшему параметру.

6. Выводы и рекомендации

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации. Основные положения диссертации опубликованы в печати. Работа хорошо оформлена, использование машинной графики и специально разработанного программного модуля для визуализации результатов расчета дает возможность четко представить процесс «выпучивания» оболочки при потере устойчивости.

В целом, диссертационная работа Семенова А.А. является законченным научным исследованием, представляющим научный и практический интерес, соответствует требованиям ВАК специальности 05.23.17 – Строительная механика, а именно: содержанию специальности, каковым являются методы расчета сооружений и их элементов на прочность, устойчивость при силовых воздействиях, а также следующим основным направлениям: п. 2 «Линейная и нелинейная механика конструкций и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета», п. 4 «Численные методы расчета сооружений и их элементов», и ее автор заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата технических наук.

Заключение

Вышеизложенный материал дает основание считать, что диссертационная работа Семенова Алексея Александровича по содержанию, форме, актуальности, полноте поставленных и решенных задач, совокупности новых

научных результатов, в достаточной степени аргументированных, отвечает требованиям п.9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям.

За решение задачи по разработке математического и программного обеспечения расчетов прочности и устойчивости оболочек вращения и проведение исследований для различных оболочечных конструкций из ортотропных материалов, имеющих важное значение в области проектирования покрытий большепролетных строительных сооружений, Семенов Алексей Александрович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Официальный оппонент, профессор кафедры «Математика и моделирование» ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», доктор технических наук, профессор

Филатов В. Н.

11.11.2014

410054, г.Саратов, ул.Политехническая,77
8-845(2) 99-87-24, e-mail: Filatovvn@yandex.ru

Подпись д.т.н., проф. Филатова Валерия Николаевича заверяю.
Ученый секретарь Ученого совета СГТУ имени Гагарина Ю.А.,
д.т.н., профес Бочкарев П.Ю.



11.11.2014