

УТВЕРЖДАЮ

Проректор СГТУ  
имени Гагарина Ю.А.  
проф. Остроумов И.Г.



## ОТЗЫВ

**ведущей организации федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» на диссертацию Тупиковой Евгении Михайловны «Анализ напряженно-деформированного состояния тонких упругих оболочек в форме длинного косоугольного геликоида», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика**

*Актуальность темы исследования.* Тонкостенные оболочки геликоидального типа широко применяются в технике, в частности, в строительстве и машиностроении. При этом наиболее изучены оболочки в форме прямого геликоида, также известен ряд работ по оболочкам в форме развертывающегося геликоида. Оболочки в форме косоугольного геликоида являются менее изученными, а все ранее известные работы содержат ряд упрощающих гипотез. В диссертации Тупиковой Е.М. выполнен анализ напряженно-деформированного состояния тонкой упругой оболочки в форме длинного косоугольного геликоида в неортогональной несопряженной системе координат, что ранее не делалось в работах других авторов ввиду возникающей в этом случае громоздкости соотношений теории оболочек. Это позволяет характеризовать тему диссертационного исследования Тупиковой Евгении Михайловны как актуальную и важную для строительной механики тонкостенных оболочек.

*Структура и содержание работы.* Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. Основной текст работы изложен на 138 страницах, содержит 66 рисунков, 3 таблицы. Список используемой литературы включает 138 наименований. Объем двух приложений составляет 25 страниц. Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной цели исследования, критерию внутреннего единства. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения,

а также сформированные в диссертации выводы и предложения являются новыми.

*Соответствие содержания диссертации заявленной специальности и теме диссертации.* Содержание диссертации соответствует заявленной специальности 05.23.17 – Строительная механика по следующим пунктам:

- п. 1 общие принципы расчета сооружений и их элементов;
- п. 2 линейная и нелинейная механика конструкций и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета;
- п. 4 численные методы расчета сооружений и их элементов.

*Соответствие автореферата диссертации её содержанию.* В автореферате кратко изложено основное содержание разделов диссертации. Содержание автореферата соответствует содержанию диссертации. Рукопись автореферата соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011, а также п. 25 Положения о присуждении ученых степеней.

*Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.* Достоверность полученных результатов обеспечивается корректными математическими формулировками поставленных задач, использованием строгих и апробированных математических моделей строительной механики оболочек, численных методов линейного и нелинейного анализа, применением традиционных конечных элементов, достаточно хорошим совпадением решений тестовых задач с соответствующими аналитическими и численными решениями и экспериментами.

*Личный вклад соискателя в получении результатов исследования*

Личный вклад соискателя заключается в следующем:

1. Предложена моментная теория расчета пологих оболочек в форме косоугольного геликоида в несопряженной неортогональной системе координат.

2. Внесены исправления в методику расчета длинной пологой оболочки в форме косоугольного геликоида, предложенную В.Г. Рекачом, исправлена ошибка в корнях итогового уравнения, получено тривиальное решение.

3. В результате анализа расчетных предпосылок определены сомнительные положения и упрощения технической теории оболочек В.З. Власова применительно к оболочкам в виде косоугольного геликоида: использование произвольных функций в несопряженной системе координат за пределами их применения; при формулировке граничных условий нельзя полагать деформацию кручения равной нулю.

4. Сравнение результатов расчета полуаналитическим методом В.Г. Рекача пологой оболочки в виде косоугольного геликоида, с использованием тех допущений, которые признаны сомнительными, с результатами, полученными методом конечных элементов, показало их хорошее совпадение.

5. Анализ уравнений, аналогичных уравнениям В.Г. Рекача, но без использования произвольных функций В.З. Власова показал, что система уравнений не имеет прямого аналитического решения.

6. Разработаны компьютерные программы, с помощью которых реализуются:

- расчет пологой оболочки в несопряженных неортогональных координатах;
- расчет непологой оболочки в несопряженных неортогональных координатах;
- расчет пологой оболочки с допущениями В.З. Власова в ортогональной системе координат.

7. Выполнены численные эксперименты для определения границы разграничения пологой и непологой модели оболочки в виде косоугольного геликоида, которые показали, что оболочку можно считать полой до  $10^0$  наклона образующей.

8. Проведены численные эксперименты по изучению влияния величины параметров угла наклона образующих и шага винта на напряженно-деформированное состояние оболочки в виде косоугольного геликоида.

9. Проведена оценка достоверности предложенного метода путем сравнения полученных результатов с результатами, полученными методом конечных элементов и аналитическим методом для частного случая.

*Теоретическая значимость полученных результатов* заключается в построении моментной теории расчета тонкой упругой оболочки в форме длинного косоугольного геликоида, в частности:

- получены геометрические соотношения теории тонких упругих оболочек для случая длинного косоугольного геликоида в двух вариантах – для полой и неполой модели;
- получены физические соотношения теории тонких упругих оболочек для случая длинного косоугольного геликоида – для полой и неполой модели;
- получена система уравнений равновесия моментной теории оболочек для случая длинного косоугольного геликоида в двух вариантах – для полой и неполой модели, с помощью которой получена система трех обыкновенных дифференциальных уравнений в перемещениях;
- на основе метода Рунге-Кутты в системе Maple 17 получено численное решение разрешающих уравнений равновесия моментной теории оболочек для случая длинного косоугольного геликоида модели. На основе функций перемещений построены алгоритмы определения внутренних усилий;
- по предложенной численно-аналитической методике проведены численные эксперименты для оценки влияния величины геометрических параметров исследуемых оболочек в форме длинного косоугольного геликоида на их напряженно-деформированное состояние;

-на основе численных экспериментов выявлена граница применимости теории пологой и непологой модели длинного косоуго геликоида.

*Практическая значимость* результатов исследований заключается в построении методики расчета напряженно-деформированного состояния тонкой упругой оболочки в форме длинного косоуго геликоида, которая может быть использована в практических инженерных расчетах оболочек изучаемого типа.

Программные комплексы, составленные на основе предложенной теории для оценки напряженно-деформированного состояния пологих и непологих тонких упругих оболочек в форме длинного косоуго геликоида, могут быть использованы при разработке нового программного обеспечения для научных и учебных целей, а при определенном усовершенствовании и создании пользовательского интерфейса, для практических расчетов.

Разработанный программный комплекс расчета напряженно-деформированного состояния тонких упругих оболочек в форме пологого длинного косоуго геликоида в несопряженной ортогональной системе координат может быть применен для приближенного анализа напряженно-деформированного состояния пологих тонких упругих оболочек в форме длинного косоуго геликоида с малым шагом винта.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы в учебном процессе подготовки инженеров-строителей по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

*Достоверность и новизна, полученных результатов.* Полученные результаты являются достоверными. Верификация проводилась с помощью известных российских и зарубежных универсальных и специализированных конечноэлементных программных комплексов. Апробация выполнена на примерах решения модельных, тестовых и практически важных задач строительной механики. Разработанные дискретные и дискретно-континуальные методы расчета строительных конструкций типа длинного косоуго геликоида обладают необходимой научной новизной.

*Оценка содержания диссертации, ее завершенность.* Диссертация является законченной научно-квалификационной работой. Содержание диссертации полностью соответствует целям и задачам работы. Рассмотренный комплекс вопросов включает обзор современных численных и численно-аналитических методов расчета строительных конструкций, изложение теоретических основ разработанных автором методов с подробным их описанием, изложение операторных и вариационных постановок решаемых задач строительной механики, ориентированных на дальнейшее использование разработанных методов.

Много внимание уделено верификации и апробации разработанных методов и комплексов программ.

*Замечания по диссертационной работе.*

1. Автор проводит анализ напряженно-деформированного состояния тонкой полой оболочки в форме длинного косоугольного геликоида по моментной теории в криволинейной несопряженной системе координат. А если бы автору потребовалось исследовать косоугольный геликоид в нелинейной постановке или решать задачи устойчивости и динамики, использовал бы он несамосопряженный оператор?

2. Автором для оценки полученных в диссертации результатов использован расчетный комплекс – ANSYS Structural APDL 15. Этот комплекс отличается многообразием возможностей моделирования поведения различных конструкций и элементов с учетом их особенностей. Однако в программе ANSYS предусмотрены только декартовая, цилиндрическая, сферическая и локальные системы координат и не предусмотрена косоугольная криволинейная система координат. Может быть, автор написал и отладил соответствующую подпрограмму?

Отмеченные недостатки не снижают качество исследований и не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертационного исследования, общую, безусловно, положительную оценку работы.

*Заключение о соответствии диссертации требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по пунктам 9 и 10.* Диссертация полностью соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении ученых степеней» по пунктам 10, 11 и 14. Основные положения диссертации опубликованы в 6 работах, из которых 4 опубликованы в журналах, входящих в Перечень ВАК РФ ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук.

В соответствии с требованиями по п. 10 «Положения о присуждении ученых степеней» диссертация Тупиковой Евгении Михайловны написана автором самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты, которые свидетельствуют о личном вкладе автора в науку. Диссертация содержит рекомендации по использованию полученных научных выводов, а предложенные автором решения аргументированы и оценены по сравнению с другими известными решениями.

Диссертация Тупиковой Евгении Михайловны на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области строительной

механики в направлении совершенствования и развития методов расчета строительных конструкций, зданий и сооружений, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Заключение рассмотрено на заседании кафедры «Теория сооружений и строительных конструкций» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.». По результатам обсуждения диссертации сформулировано положительное заключение. Протокол № 5 от «09» декабря 2016 г.

Заключение составлено:

Петровым Владиленом Васильевичем, академиком Российской академии архитектуры и строительных наук, Заслуженным деятелем науки и техники России, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Теория сооружений и строительных конструкций» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

...В.В. Петров

Почтовый адрес: 410054, Саратов, ул. Политехническая, 77

Телефон: (8452) 99-87-84

Адрес электронной почты: vvp@sstu.ru

*Подпись Петрова В.В. завершено*

