

Утверждаю:

Первый проректор -
проректор по научной работе
Федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования «Российский
университет дружбы народов»,
доктор философских наук, профессор

Н.С. Кирабаев

«21» марта 2019 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Российский университет дружбы народов»,
на диссертационную работу Мокина Николая Андреевича
«Численный анализ деформирования воздухоопорных оболочек при
статических и динамических воздействиях»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.23.17 – Строительная механика**

Актуальность темы исследования.

Воздухоопорные оболочки могут применяться для покрытий спортивных сооружений. Подобные сооружения требуют меньших затрат. В тоже время для обеспечения их надежности необходима разработка современных методов расчета и современных нормативных документов. Инструкция по проектированию и эксплуатации воздухоопорных сооружений была разработана в 1977 г. Для разработки современных технических условий необходимо проведение исследований по расчету и анализу работы воздухоопорных оболочек. Поэтому диссертационная работа Н.А. Мокина является актуальной.

Структуры и содержание работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, содержащего 152 наименования. Общий объем составляет 170 страниц и включает 62 рисунка, 12 таблиц. Содержание и структура диссертации находятся в логическом единстве и соответствуют поставленной

цели исследования, что подтверждается наличием последовательного плана исследования. Выдвигаемые соискателем теоретические и методологические положения, а также сформированные в диссертации выводы и предложения, как результаты исследования, являются новыми.

Во введении приведено обоснование актуальности выбранной темы диссертационной работы, сформулированы ее цели и задачи, а также основные положения, обосновывающие научную и практическую значимость выполненной работы и достоверность полученных результатов.

В первой главе проведен обзор литературы по конструированию и методам расчета мягких и воздухоопорных оболочек. Проведен анализ типов нагрузок и воздействий на мягкие оболочки, анализ существующих нормативных документов по конструированию и расчету воздухоопорных оболочек. Сделан вывод о целесообразности применения метода конечных элементов для расчета мягких и воздухоопорных оболочек.

Во второй главе рассматривается методика расчета воздухоопорных оболочек методом конечных элементов. Для выбора материала для воздухоопорных оболочек автором диссертации проведены экспериментальные исследования образцов технических тканей на статических и динамических воздействия. Приведены графики по результатам испытаний, сделаны выводы о нормативных характеристиках и расчетных критериях тканей. Рассмотрены вопросы численного моделирования воздушных воздействий на мягкие оболочки. Разработана методика расчета воздухоопорных оболочек в геометрически нелинейной постановке с использованием метода конечных элементов.

В третьей главе проведены тестовые расчеты гибких конструкций методом конечных элементов. Проведены расчеты по определению собственных частот и форм колебаний воздухоопорных оболочек. Результаты расчетов сравнивались с аналогичными расчетами, имеющимися в литературе. исследована сходимость при расчете с различным количеством конечных элементов. Проведено

численное моделирование обтекания недеформируемого кругового цилиндра в вязкой среде. Проведены расчеты свободных колебаний гибкой пластины в вязкой среде.

В четвертой главе проведен расчет воздухоопорной усеченной сферической оболочки из ортотропного материала. Результаты расчета показали удовлетворительное совпадение с экспериментальными данными, приведенными в одной из научных статей. Проведены расчеты воздухоопорной оболочки на прямоугольном плане с различным параметром величины внутреннего давления. Проведены расчеты по определению форм и частот собственных колебаний при различных величинах внутреннего давления, в том числе на ветровую нагрузку. Рассмотрена задача обтекания воздухоопорной оболочки на прямоугольном плане. Получены карты распределения аэродинамических коэффициентов для воздухоопорных оболочек на прямоугольных планах.

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 механика конструкций и сооружений, разработка физико-математических моделей их расчета.

Соответствие автореферата диссертации ее 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.

Личный вклад соискателя в получении результатов исследования.

Личный вклад соискателя заключается в:

- разработке расчетной модели и методики расчета методом конечных элементов, проведении расчетов и сравнительном анализе напряженно-деформированного состояний воздухоопорных оболочек различных форм на действие внутреннего давления и взаимодействия с окружающей средой, определение динамических характеристик конструкций;
- разработке методики и алгоритма расчета воздухоопорных оболочек в геометрически нелинейной постановке;
- проведении исследований сходимости предложенных расчетных моделей;
- решении и численном анализе ряда практических задач;
- проведены расчеты, исследование сходимости результатов расчета и сравнение с литературными источниками и экспериментальными данными;
- проведены экспериментальные исследования образцов технических тканей на статических и динамических воздействия для определения их расчетных характеристик.

Степень достоверности результатов исследования.

Достоверность полученных результатов обеспечивается корректными математическими формулировками поставленных задач, использованием строгих и апробированных математических моделей строительной механики, исследованиями сходимости вычислительного процесса используемой модели МКЭ, совпадением решений тестовых задач с соответствующими решениями в литературных источниках и с экспериментальными данными.

Теоретическая и практическая значимость полученных автором диссертации результатов.

1. Разработаны методика и алгоритмы расчета НДС воздухоопорных оболочек с учетом геометрически нелинейных деформаций на действие

внутреннего давления и взаимодействия с окружающей средой, определения частот и форм собственных колебаний.

2. Показана сходимость и надежность используемых программных комплексов МКЭ.

3. Показана необходимость учета ортотропных свойств материала оболочек.

4. Предложенная методика и программы могут использоваться в расчетной практике проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций в реальном проектировании воздухоопорных оболочек.

5. Результаты проведенных исследований могут использоваться при разработке современных нормативных документов и технических условий конструирования, расчета и эксплуатации воздухоопорных оболочек.

Новизна полученных результатов.

Соискателем разработаны методика и алгоритмы расчета НДС воздухоопорных оболочек на основе метода конечных элементов. Проведены расчеты и анализ НДС различных форм воздухоопорных оболочек, в том числе на прямоугольном плане. На основе проведенных расчетов показана сходимость и надежность разработанного алгоритма. Проведены расчеты частот и форм собственных частот воздухоопорных оболочек. Получены карты аэродинамических коэффициентов воздухоопорных оболочек на прямоугольном плане.

Замечания по диссертационной работе носят методологический характер:

1. В главе 1 (раздел 1.1) диссертант пишет: «Воздухоопорные сооружения представляют собой частный случай оболочечных конструкций строительного назначения». Было бы правильнее написать: «Воздухоопорные сооружения представляют собой разновидность пневматических оболочек, которые разделяются на *воздухоопорные* оболочки и *воздухонесомые* покрытия».

2. При проектировании пневмоконструкций необходимо решить следующие основные задачи: 1) задать форму поверхности и описать метод ее получения при равномерном натяжении внутренним давлением, 2) раскрой в соответствии с требуемой формой, 3) статический расчет на снеговую нагрузку, ветер и внутреннее давление методом конечных элементов в геометрически нелинейной постановке, 4) динамический расчет на базе метода конечных элементов для определения основных характеристик колебаний конструкции. В заключении отмечаются перспективы дальнейшей разработки темы, которые касаются только уточнения параметров ветровой нагрузки. Все остальные проблемы решены в диссертации?

Заключение по диссертации о соответствии её требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» по пунктам 9 и 10.

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

Диссертация Мокина Николая Андреевича на соискание ученой степени кандидата технических наук является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задач конструирования и определения напряженно-деформированного состояния воздухоопорных оболочек и взаимодействия их с окружающей средой, расчет частот и форм собственных колебаний конструкций, что соответствует требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а ее автор Мокин Николай Андреевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.17 – Строительная механика.

Заключение рассмотрено на заседании департамента строительства Инженерной академии Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Российский университет дружбы народов». Присутствовало на заседании 27 человек, в том числе докторов наук - 7 человек. Результаты голосования: «за» - 27 чел., «против» - нет, «воздержалось» - нет.

По результатам обсуждения диссертации сформулировано положительное заключение.

Протокол № 8 от «13» марта 2019 г.

Директор Инженерной академии
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»
доктор технических наук, профессор

Ю.Н. Разумный

Директор департамента строительства
Инженерной академии
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»
доктор технических наук, доцент

Галишникова В.В.
13 марта 2019 г.

Заклучение составил:
профессор департамента строительства
Инженерной академии
ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов»
доктор технических наук, профессор
диссертация защищена по специальности
05.23.17 – Строительная механика

Иванов В.Н.
13 марта 2019 г.

Адрес: 117463, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6
Тел. (495)-955-07-49
E-mail: ivanov-vn@rudn.ru