

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор-
проректор по научной деятельности КФУ
д.ф.-м.н., профессор


«22» Мая 2025г.


ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

на диссертационную работу Нго Хыу Хиеу по теме:

«Метод сил в задачах статики, динамики и устойчивости стержневых систем», представленную в диссертационный совет 24.2.380.01

при ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика

Актуальность темы исследования

В настоящее время расчет и проектирование строительных конструкций производится с использованием приближенных численных методов, реализованных в промышленных программных комплексах. При этом необходимо обеспечить достаточную точность определения напряженно-деформированного состояния, что особенно важно для сооружений с высокими требованиями безопасности и долговечности.

Существующие промышленные программные комплексы по расчету строительных конструкций основаны на методе конечных элементов в форме метода перемещений. В этом методе основными неизвестными, относительно которых формируется разрешающая система уравнений, являются перемещения узлов конечно-элементной сетки. Поэтому для нахождения

напряжений (усилий) используют процедуры численного дифференцирования перемещений, что приводит к снижению точности определения усилий по сравнению с точностью определения перемещений.

Одним из подходов для улучшения точности вычисления усилий в задачах строительной механики является переход к постановке задач напрямую в терминах усилий, что предполагает использование различных вариантов метода сил. Однако, данный метод до сих пор не внедрён в программные комплексы, даже для таких конструкций, как стержневые системы. В связи с этим актуальной задачей строительной механики является разработка новых вариантов метода сил, которые бы обладали сходными с методом перемещений положительными характеристиками, что позволило бы алгоритмизировать метод сил с уровнем сложности, сопоставимым с методом перемещений.

Структура и содержание диссертации

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы, включающего в себя 107 наименований. Общий объем диссертации составляет 154 страниц машинописного текста. Работа содержит 58 рисунков, 69 таблиц, 3 приложения.

Во введении описывается актуальность темы диссертации и формулируются основные задачи, которые предстоит решить в ходе исследования.

В первой главе производится обзор и анализ отечественных и зарубежных работ, посвященных вопросам алгоритмизации метода сил в форме метода конечных элементов в усилиях для задач статики, динамики и устойчивости стержневых систем, а также рассматриваются существующие методы расчета стержневых строительных конструкций, в которых разрешающая система уравнений формируется относительно усилий.

Во второй главе изложен метод решения задач статики плоских и пространственных статически неопределимых стержневых систем в форме метода контурных усилий. В частности, показывается эффективность применения уравнений совместности деформаций для построения общего решения уравнений равновесия стержневых систем. Приводятся примеры расчетов строительных конструкций на температурные воздействия, неравномерную осадку опор и силовые воздействия.

В третьей главе изложены постановки и решения плоских и пространственных задач динамики стержневых систем методом конечных

элементов в усилиях. В частности, даны постановки задач расчета на горизонтальное и вертикальное сейсмические воздействия. Постановки приводятся в двух вариантах: в виде дифференциальных уравнений и в вариационной форме. На основе вариационной постановки задачи разработан и реализован в среде MATLAB алгоритм численного решения задач динамики стержневых систем методом конечных элементов в усилиях. Приводятся примеры расчетов на собственные колебания, на гармоническое и на сейсмическое воздействия. Результаты сравниваются с аналитическими решениями, а также с результатами, полученными с помощью программного комплекса SCAD, в котором реализован метод конечных элементов в перемещениях.

В четвертой главе представлены постановки и решения плоских и пространственных задач устойчивости стержневых систем методом конечных элементов в усилиях. Постановки приводятся в двух вариантах: в виде дифференциальных уравнений и в вариационной форме. На основе вариационной постановки задачи разработан и реализован в среде MATLAB алгоритм численного решения задач устойчивости стержневых систем методом конечных элементов в усилиях. Приводятся примеры использования постановки в усилиях для нахождения критической нагрузки. Результаты сравниваются с результатами, полученными помощью программного комплекса SCAD, в котором реализован метод конечных элементов в перемещениях. В главе приведены также результаты расчета и анализа напряженно-деформированного состояния металлического каркаса жилого здания в Социалистической Республике Вьетнам, выполненные с использованием разработанных в диссертации подходов.

В заключении обобщаются результаты проведенного исследования.

В Приложении к диссертации приведены две Справки о внедрении результатов работы.

Проведенный анализ структуры диссертации и её содержания по главам позволяет заключить, что исследование представляет собой целостную и завершённую работу с научной и методологической точки зрения. Диссертация оформлена в соответствии с установленными требованиями. Структура и содержание работы соответствуют заявленной цели и демонстрируют внутреннее единство.

Автореферат соответствует требованиям ВАК РФ, отражает результаты исследования и основные идеи, изложенные в диссертации.

**Обоснованность и достоверность научных положений,
выводов и рекомендаций**

Обоснованность и достоверность полученных автором результатов обеспечивается: применением апробированных методов строительной механики – статики, динамики и устойчивости сооружений; корректным использованием положений метода конечных элементов; удовлетворительным согласованием результатов, полученных в диссертации, с имеющимися точными решениями, а также с результатами расчетов в верифицированных программных комплексах.

Научная новизна

Анализ материала, изложенного в диссертации Нго Хыу Хиеу, позволяет констатировать, что в ней содержатся следующие новые научные разработки:

- Получены явные выражения невырожденных матриц податливости и жесткости для плоских и пространственных стержневых конечных элементов в задачах статики.
- Предложены формулировки задач динамики и устойчивости стержневых систем, в которых неизвестными функциями являются усилия. Эти формулировки приведены как в дифференциальной, так и в вариационной формах. Доказана эквивалентность двух форм постановок.
- Разработаны конечные элементы для решения задач динамики и устойчивости стержневых систем, включающие матрицы масс и геометрической жесткости конечных элементов, выраженные через усилия.
- Разработаны алгоритмы и создана программа в среде MATLAB для решения задач статики, динамики и устойчивости стержневых строительных конструкций с использованием разработанных конечных элементов в усилиях.

Теоретическая и научная значимость

Теоретическая значимость диссертационного исследования заключается в том, что разработанные методы, алгоритмы и программа для расчета на ЭВМ стержневых строительных конструкций в задачах статики, динамики и устойчивости с использованием постановок в усилиях, позволяют повысить точность определения усилий по сравнению с результатами метода конечных элементов в перемещениях при аналогичных вычислительных затратах. через усилия.

Практическая значимость

Практическая значимость результатов диссертационного исследования определяется возможностью применения разработанных алгоритмов и программ для анализа напряженно-деформированного состояния стержневых строительных конструкций, примером чего является приведенный в диссертации анализ напряженно-деформированного состояния металлического каркаса жилого здания в Социалистической Республике Вьетнам. Практическая значимость работы подтверждается двумя Справками о внедрении результатов диссертации, приведенными в Приложении к работе.

Конкретные рекомендации по использованию результатов и выводов

Разработанные в диссертации новые постановки, алгоритмы и конечные элементы могут быть использованы при совершенствовании существующего и разработке нового программного обеспечения для задач расчета строительных конструкций.

Конкретное личное участие автора в получении результатов диссертации состоит в получении матриц новых конечных элементов, составлении программы в среде MATLAB, проведении и анализе результатов расчетов и подтверждается его выступлениями с докладами на научно-технических конференциях.

Апробация работы

Диссертационная работа прошла достойную апробацию. По материалам диссертации опубликовано 13 печатных работ, из которых 5 статей в изданиях, включенных в перечень ВАК Минобрнауки России и 1 статья в издании, представленном в базе данных Scopus и Web of Science. Основные положения диссертационной работы доложены на 13 национальных и международных научно-технических конференциях.

Основные замечания по диссертации

1. При формулировке метода контурных усилий используется произвольная точка, из которой проводятся жесткие консоли к узлам конечного элемента. Скорей всего, местоположение этой точки может влиять

на обусловленность матрицы разрешающей системы уравнений. В диссертации не даны рекомендации по выбору этой точки.

2. Одним из положительных свойств предложенного в диссертации варианта метода сил для задач статики является невырожденность матрицы податливости для незакрепленной системы. Однако, как известно, решение такой задачи существует только для самоуравновешенной нагрузки. Если такую незакрепленную систему нагрузить не самоуравновешенной нагрузкой, то какой смысл будет иметь решение такой задачи?

3. При постановке задач устойчивости равновесия в усилиях рассмотрены только два варианта граничных условий: консольный стержень и шарнирно опертый стержень. Желательно было привести в диссертации и другие варианты граничных условий.

Сделанные замечания не могут снизить теоретической и практической значимости представленной диссертационной работы.

Общее заключение

Диссертация Нго Хыу Хиеу «Метод сил в задачах статики, динамики и устойчивости стержневых систем» является законченной научно-исследовательской работой на актуальную тему, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты.

Основные научные результаты диссертации опубликованы в российских и международных рецензируемых научных изданиях и доложены на научно-технических конференциях.

Проведенные научные исследования можно характеризовать как научно обоснованные разработки, обеспечивающие решение важных задач в области строительной механики.

На основании изложенного считаем, что диссертация Нго Хыу Хиеу представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, соответствует критериям пп. 9-11, 13-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Нго Хыу Хиеу, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Отзыв обсужден и принят на заседании кафедры «Конструктивно-дизайнерское проектирование» Института дизайна и пространственных искусств федерального государственного автономного образовательного

учреждения высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет». Результаты голосования: «за» - 20 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 5 от 13.05.2025 г.

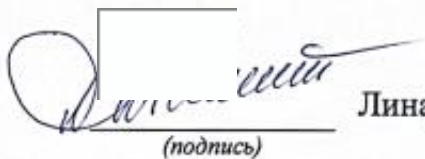
Заведующий кафедрой
«Конструктивно-дизайнерское
проектирование» Института дизайна
и пространственных искусств
ФГАОУ ВО КФУ,
д.т.н., доцент



(подпись)

Попов
Антон Олегович

Профессор кафедры
«Конструктивно-дизайнерское
проектирование» Института дизайна
и пространственных искусств
ФГАОУ ВО КФУ,
д.т.н., профессор



(подпись)

Сабитов
Линар Салихзанович

Заведующий кафедрой

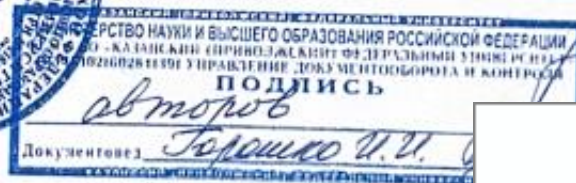
«Конструктивно-дизайнерское

проектирование

и пространственных искусств

ФГАОУ ВО

д.т.н., доцент



Профессор кафедры

«Конструктивно-дизайнерское

проектирование» Института дизайна

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Казанский (Приволжский) федеральный университет»

420008, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18, корп.1, тел.:
#7(843)233-74-00, e-mail: public.mail@kpfu.ru