

ОТЗЫВ

официального оппонента, доктора технических наук, профессора
Зверева Евгения Михайловича на диссертационную работу
Нго Хыу Хиеу «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 диссертационной работы

Методы сил и перемещений являются основными методами строительной механики, применяемыми для расчета напряженно-деформированного состояния строительных конструкций. При этом расчеты сложных и ответственных сооружений выполняются численными методами, реализованными в программных комплексах, что связано с неизбежными погрешностями определения усилий и перемещений.

Традиционным подходом является постановка задач строительной механики относительно неизвестных функций – перемещений. Этот подход реализован в подавляющем большинстве современных программных комплексов, применяемых для расчета строительных конструкций. Недостатком такого подхода является потеря точности при определении усилий, связанная с численным дифференцированием перемещений.

В методе сил разрешающая система уравнений формируется относительно усилий (напряжений), что, как правило, позволяет более точно определять усилия по сравнению с методом перемещений. Однако, метод сил, несмотря на его потенциальные преимущества в точности определения усилий, не реализован в современных программных комплексах, даже для относительно простых конструкций, таких как стержневые системы. Это вызвано сложностями алгоритмизации существующих вариантов метода сил, которые делают его менее удобным в применении по сравнению с методом перемещений.

Таким образом, разработка новых вариантов метода сил, которые сохраняли бы все положительные свойства метода перемещений, такие как простота алгоритмизации и программирования, является актуальной задачей строительной механики. Такие усовершенствованные подходы могли бы сочетать точность метода сил с эффективностью и доступностью метода пере-

мещений, что открыло бы новые возможности для расчетов в строительной механике.

Структура и содержание диссертационной работы

Диссертационная работа выполнена на 154 страницах машинописного текста и включает в себя 58 рисунков, 69 таблиц, список литературы из 107 наименований, 3 приложения.

Во введении освещена актуальность научной проблемы, определены цели и задачи исследования, сформулированы ключевые положения, выносимые на защиту, а также рассмотрены степень проработанности темы исследования, теоретическая и практическая ценность работы.

В первой главе производится анализ работ в области алгоритмизации метода сил применительно к методу конечных элементов в усилиях для задач статики, динамики и устойчивости плоских и пространственных стержневых систем. Сделан вывод о том, что до сих пор не сформулирован алгоритм метода сил, сравнимый по сложности программирования с методом перемещений.

Во второй главе изложен вариант метода сил для статически неопределимых стержневых систем в форме метода контурных усилий. Метод основан на прямом построении уравнений совместности деформаций и получении с их помощью общего решения уравнений равновесия. В результате удалось построить алгоритм метода сил, сравнимый по своим свойствам с методом перемещений.

В третьей главе приводятся постановки задач динамики стержневых систем в усилиях. На основе предложенной вариационной постановки задачи динамики строятся матрицы метода конечных элементов в усилиях. Для решения задач динамики при произвольной зависимости внешнего воздействия $P(t)$ от времени использовался неявный метод Ньюмарка прямого интегрирования по времени; при решении задач на гармоническое воздействие $P(t) = P_0 \sin(\theta t)$ использовался также способ прямого обращения динамической матрицы. Даны постановки в усилиях задач расчета на сейсмические воздействия. Приведены примеры решения задач динамики стержневых систем в усилиях.

В четвертой главе дана постановка в усилиях задач устойчивости стержневых систем. На основе предложенной вариационной постановки задач устойчивости строятся матрицы метода конечных элементов в усилиях. Приведены примеры решения задач устойчивости стержневых систем. В конце главы приведен пример расчета напряженно-деформированного состо-

яния металлического каркаса жилого здания в Социалистической Республике Вьетнам.

В заключении представлены основные выводы и результаты диссертационной работы.

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

Научная новизна

Основную научную новизну в диссертации Нго Хыу Хиеу представляют:

1. Получены матрицы податливости и жесткости стержневых конечных элементов в усилиях, которые являются не вырожденными даже для элементов, не закрепленных от жестких смещений. Это позволит без затруднений решать задачи для не закрепленных, например, космических конструкций.

2. Предложены постановки в дифференциальной и вариационной формах задач динамики стержневых систем в усилиях. Эти постановки реализованы методом конечных элементов.

3. Предложены постановки в дифференциальной и вариационной формах задач устойчивости стержневых систем в усилиях. Эти постановки реализованы методом конечных элементов.

4. Разработанные конечные элементы в усилиях использованы для создания в среде MATLAB программы решения задач статики, динамики и устойчивости стержневых строительных конструкций.

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

Обоснованность и достоверность полученных в диссертации результатов обеспечивается применением классических моделей строительной механики, в том числе апробированных уравнений статики, динамики и устойчивости теории стержней; использованием известных методов вариационного исчисления, теории метода конечных элементов; корректностью проводимых математических преобразований, а также согласованностью полученных в диссертации результатов с аналитическими решениями (там, где это было возможно) и с результатами расчетов в верифицированных программных комплексах.

Обоснованность и достоверность результатов диссертации подтверждается также научными статьями, опубликованными в рецензируемых научно-технических журналах. По результатам выполненных научных исследований

опубликовано 13 печатных работ, из них 5 статей в изданиях, включенных в перечень ВАК РФ и 1 статья в издании из баз данных Scopus и Web of Science.

Значимость результатов диссертационной работы для науки и практики

Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы заключается в том, что представленные постановки в усилиях для задач статики, динамики и устойчивости стержневых строительных конструкций и разработанные для их решения конечные элементы позволяют находить усилия в стержневых системах с большей точностью по сравнению с постановками в перемещениях при аналогичных вычислительных затратах.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в возможности с помощью разработанной программы проводить анализ напряженно-деформированного состояния стержневых строительных конструкций, а также возможностью включать полученные автором матрицы конечных элементов в существующие программные комплексы по расчету строительных конструкций.

Практическая значимость работы подтверждена двумя Справками о внедрении результатов работы, приведенными в приложении к диссертации.

По диссертации имеются следующие замечания и вопросы:

1. Неясно, можно ли применить метод контурных усилий для расчета статически определимых стержневых систем?

2. При решении задач о собственных колебаниях и устойчивости на основе постановок в усилиях формы собственных колебаний и формы потери устойчивости будут выражены в усилиях. К сожалению, в диссертации не приводятся примеры указанных форм.

Приведённые замечания носят частный характер и не снижают научной и практической значимости проведённого автором исследования и его результатов.

Заключение

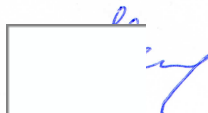
Диссертационная работа Нго Хыу Хиеу «Метод сил в задачах статики, динамики и устойчивости стержневых систем» представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, написана грамотным техническим языком, достаточно апробирована. Публикации и автореферат отражают основное содержание диссертации. Автор диссертации получил новые научно обоснованные решения, имеющие существенное значение для разви-

тия методов строительной механики. В работе внесен определенный вклад в развитие теории расчета стержневых систем и доказана значимость полученных результатов на конкретных примерах.

Все вышеизложенное дает основание считать, что диссертационная работа Нго Хыу Хиеу соответствует критериям пп. 9-11, 13-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 (ред. от 01.10.2018, с изм. от 26.05.2020), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы, Нго Хыу Хиеу, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.9. Строительная механика.

Я, Зверьев Евгений Михайлович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Профессор кафедры технологий строительства и конструкционных материалов инженерной академии РУДН ФГАОУ ВО «Российского университета дружбы народов имени Патриса Лумумбы», д.т.н., профессор
21 мая 2025 г.


Зверьев Евгений
Михайлович

Подпись Зверьева Е. М. удостоверяю
Первый заместитель — заместитель директора по научной работе инженерной академии РУДН
21 мая 2025 г.



С.А. Купреев

адрес: 115419, г. Москва, ул. Орджоникидзе, д.3,
тел.: +7(495)955-09-66,
+7 (495) 952-08-29 (приемная директора)
e-mail: engineering@rudn.ru