

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

SIBERIAN
FEDERAL
UNIVERSITY



СИБИРСКИЙ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ

660041, Россия, Красноярск, проспект Свободный, 79
телефон (391) 244-82-13, факс (391) 244-86-25
<http://www.sfu-kras.ru> e-mail: office@sfu-kras.ru

№ _____
на № _____ от _____

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет»

Максим Валерьевич Румянцев

«21» ноября 2016 г.

ОТЗЫВ

Ведущей организации на диссертационную работу Ле Чан Минь Дата на тему «Численные модели и их программная реализация в задачах оптимизации пространственных металлических конструкций», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

1. Структура и содержание диссертации.

Диссертация выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет» (ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»).

Объем работы составляет 173 страниц, 70 рисунков и 30 таблиц. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения и библиографического списка литературы из 181 наименований.

Во введении обоснована актуальность направления исследований, на основании чего сформулированы цель и задачи исследований, определены объект, предмет, методология и методы исследования, научная и практическая значимость работы, изложены научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе дан аналитический обзор современных подходов к решению задач оптимизации пространственных металлических конструкций (ПМК), где отмечены преимущества и недостатки их применения в современном строительстве. Выявлены трудоёмкости и некоторые подходы к сокращению объема вычислений при решении задачи оптимизации. Дается определение параметрической и структурной оптимизации с показанием основных исследований по каждой из них. Дано описание современных программных комплексов (ПК), в том числе ПК ANSYS, который реализует модуль оптимизации и развитого аппарата конечно-элементного анализа.

В второй главе посвящена построению математической модели и методов численной оптимизации пространственных металлических конструкций, работающих в условиях статических воздействий. Важный вопрос, связанный со сходимостью алгоритма, состоял в задании коэффициентов нормировки k_f и k_g , регулирующих кривизну модифицированной функции Лагранжа F_p . На основе исследований, реализована автоматическая настройка этих коэффициентов, обеспечивающих наилучшую сходимость и результативность при решении задачи оптимизации ПМК.

В третьей главе дается описание программного комплекса расчета и оптимизации пространственных металлических конструкций РОПМК (*Расчет и оптимизация пространственных металлических конструкций*), разработанного с использованием алгоритмов, которые были изложены в главе 2. Удобством работы с этим ПК является интерфейс, который включает табличный редактор ввода данных, где задаются физические и геометрические параметры конструкций. Выходные данные выводятся в текстовые и графические файлы.

В четвертой главе выполнена апробация и исследование эффективности ПК РОПМК. Решены тестовые задачи оптимизации ПМК, полученные результаты показали, что алгоритмы на основе МФЛ F_p дают лучшую сходимость и результативность чем алгоритмы, заложенные в других ПК. Рассмотрены практические примеры оптимизации ПМК с варьированием

параметров поперечных сечений и координат узлов в непрерывном и дискретном диапазоне, результаты продемонстрировали эффективную работу ПК *РОПМК*. Проекты близкие к оптимальным получены на 2-3 внешней итерации с корректировкой на следующих итерациях до требуемой точности.

В пятой главе выполнено решение задачи оптимизации опоры линии электропередачи. Результаты показали применимость принятой модели оптимизации к решению задач большой размерности. Получена устойчивая сходимость алгоритмов, заложенных в этот ПК.

В заключении приведены основные результаты, получены в ходе диссертационных исследований.

2. Актуальность темы диссертационного исследования заключается в следующем:

Пространственные металлические конструкции имеют широкую область применения в современном строительстве

Разработка алгоритмов и программ оптимизации ПМК является достаточно востребованной проблемой, т.к. позволяет реализовать *проектировочный расчет* конструкций с подбором оптимальных геометрических параметров, что может существенно сократить сроки проектирования и повысить качество проектируемых конструкций.

Модель задачи оптимизации ПМК, представленная в форме нелинейного программирования, включает функции достаточно сложного характера, поэтому существенную роль в повышении эффективности алгоритмов оптимизации на основе этой модели играет настройка поисковых методов, обеспечивающая устойчивую сходимость при заданной точности вычислений.

Поисковые алгоритмы оптимизации базируются на численных методах КЭ анализа, которые для пространственных систем имеют существенную размерность, поэтому важной задачей при реализации этих алгоритмов являются приемы, позволяющие сократить число обращений к решению задачи конечно-элементного анализа.

Перечисленные обстоятельства определяют необходимость в разработке эффективных моделей, алгоритмов и программ, реализующих решение задачи оптимизации ПМК.

3. Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Разработана оригинальная математическая модель оптимизационной задачи в форме нелинейного программирования, в которую встроена задача конечно-элементного анализа, где матрица жесткости является функцией варьируемых параметров.

2. Усовершенствована методика решения стандартной задачи нелинейного программирования с использованием модифицированной функции Лагранжа, путём автоматической настройки параметров, обеспечивающей устойчивую сходимость алгоритма оптимизации.

3. Алгоритм задачи оптимизации построен с учетом возможности варьирования, как параметрами поперечного сечения, так и координатами узлов конечно-элементной сетки на непрерывном и дискретном интервале.

4. Для снижения числа обращений к решению задачи КЭ анализа разработан алгоритм оптимизации ПМК с использованием аппроксимаций целевой и ограничительных функций на основе анализа чувствительности геометрических параметров стальных конструкций.

4. Достоверность научных результатов.

Для доказательства достоверности полученных результатов автор приводит сравнение решений задач оптимизации на основе разработанной им методики, с решениями, полученными в известных ПК (ANSYS). Даются также решения тестовых задач оптимизации, приведенные в других источниках.

5. Практическая значимость работы:

1. Предложенные автором методики и алгоритмы доведены до уровня программных разработок, что позволило решать задачи проектировочного

расчета реальных пространственных стержневых конструкций, таких как каркасы зданий, опора линий электропередач.

2. Разработан программный модуль анализа чувствительности, с использованием которого выполнено исследование характера функций ограничений на диапазонах изменения варьируемых параметров, что дает проектировщику важную информацию о влиянии геометрических параметров конструкции на их поведение.

3. Результаты исследования, проведенные работе, могут быть использованы как в учебных курсах, так и в научной работе студентов и аспирантов.

6. Реализация научных результатов

Научные результаты диссертационной работы внедрены в учебном процессе кафедры «Сопротивление материалов и строительная механика» института Строительства и архитектуры Иркутского национального исследовательского технического университета в теоретических курсах «Строительная механика», «Металлические конструкции», а также используются при выполнении лабораторных и курсовых работ.

7. Форма изложения материала и публикации

В целом диссертационная работа имеет цельную структуру, материал изложен последовательно и логично. Иллюстративный материал не дублирует текст, а дополняет его.

Автореферат соответствует содержанию диссертации и достаточно полно отражает основные результаты выполненных исследований.

Основные положения диссертационной работы достаточно полно опубликованы в 13 печатных работ, в том числе в 5 статьях в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ, одна монография, и 2 свидетельства регистрации программы на ЭВМ.

8. Соответствие паспорту специальности

Выполненная диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.13.18. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

п. 2 «Развитие качественных и приближенных аналитических методов исследования математических моделей»;

п. 3 «Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий»;

п. 4 «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента»;

п. 5 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

9. Дискуссионные положения и замечания

1. В первой главе дается достаточно полное описание алгоритмов численной оптимизации, в том числе тех алгоритмов, которые реализованы в ПК ANSYS и NASNRAN, но не всегда приведены четкие выводы – в чем сильные и слабые стороны этих алгоритмов

2. Для решения задачи на безусловный экстремум с высокой точностью кроме прямых методов (метода деформируемого многогранника, метода покоординатного спуска), то можно было (хотя бы для сравнения) попытаться использовать градиентные методы.

3. При описании блока аппроксимаций программного комплекса *РОПМК* показаны режимы аппроксимаций первого и второго порядка целевой функции и функций ограничений, но в приведенных примерах дается только аппроксимация функций ограничений. Возможно, лучшую сходимость задачи можно было бы получить, используя аппроксимации второго порядка.

4. В пятой главе, при оптимизации опоры электропередачи, автор пишет о задании ветровой нагрузки, однако не совсем понятно выражение проверки на действие этой нагрузки.

Изложенные замечания не снижают ценности работы в целом, которая выполнена на достаточно высоком уровне.

Заключение

1. Диссертация Ле Чан Минь Дата представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, выполненную на актуальную тему, в которой содержится решение задачи оптимизации пространственных металлических конструкций при статических воздействиях.

2. Работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Отзыв на диссертацию и автореферат обсужден и одобрен на научном семинаре кафедры «Строительные конструкции и управляемые системы».

Протокол № 3 от «18» ноября 2016 г.

Председатель семинара:
заведующий кафедрой
«Строительные конструкции и
управляемые системы»,
канд. техн. наук, доцент

 Деордиев Сергей Владимирович