

ОТЗЫВ

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

1. Актуальность темы

Разработка эффективных методов, алгоритмов и программ оптимизации инженерных конструкций является одним из актуальных направлений современного проектирования, поскольку сложность и разнообразие такого рода объектов постоянно возрастает. В работе исследуются пространственные металлические конструкции (ПМК), которые имеют широкое практическое применение в каркасах зданий, а также в виде опор линий электропередач. Расчет таких конструкций сам по себе связан с определенными сложностями в силу большой размерности их расчетной модели. В этой связи построение математической модели, на основе которой разрабатываются алгоритмы оптимизации этих конструкций, требуют существенной проработки и исследования. Кроме этого, одной из актуальных проблем является программная реализация алгоритмов оптимизации с включением всех нормативных требований к поведению конструкций согласно их напряженно-деформированному состоянию.

2. Постановка цели и задач исследования

В диссертационной работе достаточно четко сформулирована цель: создание эффективного математического аппарата для совершенствования и автоматизации проекторочного расчета пространственных металлических конструкций, подверженных статическим воздействиям.

Для достижения этой цели перед соискателем были поставлены задачи:

1. Исследовать методику поиска оптимальных решений на основе модифицированной функции Лагранжа (МФЛ) с реализацией автоматической настройки коэффициентов на сходимость алгоритма оптимизации.
2. Создать программный комплекс (ПК) расчета и оптимизации про-

пространственных металлических конструкций путем разработки и добавления блоков конечноэлементного (КЭ) анализа и конструктивного расчета, верификации ПК на основе решения тестовых задач.

3. Решить задачи оптимизации ПМК на основе аппроксимаций функций ограничений полиномами первого и второго порядка, дать сравнительный анализ сходимости и результативности такого подхода.

4. Решить практические задачи оптимизации ПМК на непрерывном и дискретном пространстве изменения варьируемых параметров, исследование результатов на единственность.

3. Общая характеристика работы

Содержание диссертации включает в себя введение, пять глав, перечень основных результатов и выводов по работе, биографический список литературы из 181 наименований и приложение. Общий объем диссертации составляет 173 страницы, 70 рисунков и 30 таблиц.

4. Новизна исследований и полученных результатов

Научную новизну работы определяют следующие положения:

1. Математическая модель, на основе которой реализован алгоритм автоматизированного проектирования ПМК с оптимизацией их геометрических параметров согласно заданному критерию является оригинальной, т.к. задача КЭ анализа в пространственной постановке здесь встроена в задачу нелинейного программирования. Таким образом, элементы матрицы жесткости системы являются функциями оптимизируемых параметров, куда входят как параметры сечений, так и координаты узлов КЭ сетки.

2. Соискателем усовершенствована методика оптимизации с использованием модифицированной функции Лагранжа путем автоматической настройки коэффициентов нормировки целевой функции и функций ограничений, дающей устойчивую сходимость алгоритма.

3. Разработан алгоритм оптимизации ПМК на основе аппроксимаций, позволяющий существенно сократить число обращений к решению задачи КЭ анализа, что особенно важно при решении задач с большим числом узлов КЭ модели.

4. Разработан и автоматизирован алгоритм анализа чувствительности параметров двутаврового сечения стального пространственного каркаса, где исследован характер изменения функций ограничений на диапазоне изменения варьируемых параметров.

5. Достоверность результатов

Достоверность результатов подтверждается применением корректных математических подходов, использующих численные методы конечно-элементного анализа и методы решения условно-экстремальных задач, а также сравнением с результатами решения тестовых задач.

6. Значимость для науки и практики

Научная и практическая значимость результатов исследования заключается в разработке математической модели и алгоритмов оптимизации, на основе которых создан программный комплекс *РОПМК*, позволяющий решать практические задачи оптимизации ПМК с включением нормативных требований по прочности, устойчивости и жесткости. Кроме этого, автор разработал программный модуль *АНаСК*, реализующий анализ чувствительности параметров стальных конструкций.

Основные результаты диссертационной работы переданы для практического использования в учебном процессе при проведении занятий по дисциплинам «Металлические конструкции» и «Строительная механика».

7. Оценка содержания и оформления диссертации

1. Диссертационная работа состоит из пяти глав, отличается внутренним единством и завершенностью.

2. Оформление диссертации соответствует действующим стандартам и нормам. Рубрикация по главам и параграфам отвечает логике изложения. Иллюстративный материал не дублирует текст, а дополняет его.

3. Основные результаты исследований опубликованы в 13 статьях. Основные положения, выносимые на защиту, апробированы на 4 научных конференциях.

4. Содержание диссертации отражает основные идеи работы и полученные в ней результаты, а также раскрывает её научную и практическую ценность.

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

8. Соответствие диссертации паспорту научной специальности

Представленная диссертационная работа полностью соответствует специальности 05.13.18. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Диссертационное исследование выполнено в соответствии с 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», и п. 5 «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента».

9. Дискуссионные положения и замечания

1. В главе 1 на стр. 22 при написании матрицы направляющих косинусов в третьей строке неправильно указаны индексы.

2. Раздел 1.4.1. правильнее было бы назвать «Алгоритмы решения задачи нелинейного программирования».

3. На стр. 24 не совсем корректна классификация задач НЛП, а именно задачи выпуклого и невыпуклого программирования поставлены в один ряд с задачами на условный и безусловный экстремум.

4. На стр. 25 говорится о методах внешних и внутренних штрафных функций. Далее дается описание метода внешних функций, но нет примеров методов внутренних штрафных функций.

5. При описании генетических алгоритмов (стр. 27), а также алгоритмов, основанных на нейронной динамической модели (стр. 28), необходи-

мо более четко указать – для решения задач какого вида они используются (с условием или без). Иначе не совсем понятна их связь со штрафными функциями.

6. Для решения задачи на безусловный экстремум кроме метода деформируемого многогранника, стоило бы опробовать градиентные методы первого и второго порядка, обладающие более высокой скоростью сходимости по сравнению с методами нулевого порядка.

7. В разделе 4.1, где описана тестовая задача оптимизации 25-ти стержневой пространственной металлической конструкции, хотелось бы уточнить как именно получен результат в ПК ANSYS: выполнен ли этот расчет соискателем либо взят из другого источника. Интересно было бы привести сравнение не только по числу итераций, но и по времени счета, указать отличия в параметрах сечений (значение целевой функции в ПК ANSYS несколько меньше, чем в авторской программе), невязки в ограничениях.

8. В главе 4 хотелось бы видеть более полный сравнительный анализ решений задач оптимизации ПМК на основе аппроксимаций с приведением характера сходимости.

9. В главе 5 при постановке задачи оптимизация опоры линии электропередачи хотелось бы более наглядного изображения опоры в осях XYZ, т.к. при описании функций ограничений этой задачи присутствуют перемещения по осям Z и X. Не понятна нумерация проверок, которая начинается с цифры 6.

10. Встречаются несогласованные предложения: стр. 25 «... целевая функция является выпуклой и множество ограничений представляет собой также выпуклую (или по-другому назвать задачу выпуклого программирования)»; на стр. 27 «... решение внутренней задачи может приводить к бесконечно большим значениям двойственных переменных, когда точки, не принадлежащие допустимой области» и др.

10. Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней

Диссертация Ле Чан Минь Дата является законченной научно-квалификационной работой на актуальную тему, содержащей достаточное число теоритически обоснованных и практически значимых выводов и рекомендаций, а её материал отвечает постановленной цели.

Уровень диссертации соответствует требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», а её автор, Ле Чан Минь Дат, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Официальный оппонент

кандидат физико-математических наук, ФГБУН Института динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова» Сибирского отделения Российской академии наук, г. Иркутск, заведующий лабораторией системного анализа и вычислительных методов

— **Лемперт Анна Ананьевна**

«15» ноября 2016 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт динамики систем и теории управления имени В.М. Матросова Сибирского отделения Российской академии наук (ИДСТУ СО РАН).

664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 134.

Телефон: +7(3952) 42-71-00.

сайт: <http://www.idstu.irk.ru/>

e-mail: lempert@icc.ru