

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

ТУСУР

«ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ
И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ»

ОКПО 02069326, ОГРН 1027000867068,
ИНН 7021000043, КПП 701701001

пр. Ленина, 40, г. Томск, 634050

тел: (382 2) 510-530
факс: (382 2) 513-262, 526-365
e-mail: office@tusur.ru
http:// www.tusur.ru

УТВЕРЖДАЮ

по НРиИ ФГБОУ ВО ТУСУР

д. Мещеряков Роман Валерьевич

«28» 04 2018 г.

ведущей организации – Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники» на диссертацию Штейнбрехер Ольги Александровны на тему «Разработка метода, алгоритма и программного обеспечения для оптимизации анизотридных конструкций из композиционных материалов», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

1. Актуальность темы исследования

Диссертационная работа Штейнбрехер О.А. посвящена разработке численного метода, алгоритма и программных средств для решения задачи оптимального проектирования сетчатых анизотридных конструкций из композиционных материалов (в том числе с нарушением регулярности ребер) при минимизации массы конструкций.

В современных конструкциях аэрокосмического назначения широко используются анизотридные сетчатые оболочки, состоящие из большого

числа взаимодействующих силовых элементов – спиральных и кольцевых ребер и имеющие нерегулярно расположенные вырезы, а также подкрепляющие элементы. Выбор большого числа конструктивных параметров создаваемого изделия, которые обращают в минимум его массу при удовлетворении всем ограничениям по прочности, жесткости и устойчивости, представляет собой сложную вычислительную задачу нелинейного программирования, имеющую высокую размерность, большое число ограничений по функциональным и фазовым переменным, невыпуклую область поиска и кратные границы. Общие методы решения таких задач разработаны недостаточно.

Поэтому тему работы следует признать актуальной.

2. Оценка содержания диссертации, ее завершенность в целом

Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, списка используемой литературы из 127 наименований и 3 приложений. Общий объем основной части составляет 151 страница и включает 49 рисунков и 9 таблиц.

Первая глава диссертационной работы содержит описание особенностей оптимизации сетчатых конструкций из композиционных материалов по массе. Приведены типовые характеристики, критерии оптимизации и ограничения при проектировании сетчатых конструкций аэрокосмического назначения. Описаны разработанные методы оптимизации сетчатых конструкций, в том числе реализованных в известных пакетах прикладных программ.

Во **второй главе** представлена постановка задачи оптимального проектирования сетчатых конструкций и геометрическая структура области факторного пространства. Предложена математическая модель задания границы области допустимых решений задачи оптимизации проектных параметров сетчатых анизотридных конструкций из условия минимума

массы на основе задания множества ограничений в виде обобщенной границы.

В третьей главе предложена модификация симплексного метода оптимизации с использованием теории R-функций для приведения задачи на области с кусочно-гладкой границей, имеющей большое число участков, к задаче с меньшим числом ограничений. Показана оценка расстояния от текущего численного решения до границы области допустимых решений с помощью математического аппарата теории R-функций. Представлены основные этапы алгоритма решения задачи оптимизации с большим числом ограничений. Показано применение разработанного алгоритма на контрольных примерах, в том числе на задаче определения оптимальных геометрических параметров консольной балки.

В четвертой главе представлена и описана схема комплекса программ «Композит НК», дополненный разработанным и внедренным модулем оптимизационного расчета анизотридных конструкций из композиционных материалов. Приведена функциональная схема нового модуля, описаны основные взаимосвязи.

В пятой главе представлены описание, этапы и результаты оптимизационного расчета сетчатых анизотридных конструкций регулярной и нерегулярной структуры, реализованные с помощью модифицированного метода, разработанных алгоритма и программного комплекса.

В приложении приводятся свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2014613344 «Композит НК Анизотрид», акт внедрения результатов диссертации в открытое акционерное общество «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения» (АО «ЦНИИ СМ») и справка об использовании результатов диссертации при выполнении НИР, проводимых Новокузнецким институтом (филиалом) Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Кемеровский государственный университет».

3. Научная новизна исследований и полученных результатов

1. Разработана математическая модель анизотропных конструкций из композиционных материалов, отличающаяся представлением ограничений в виде аппроксимации кусочно-гладкой границы нормированными R-предикатами, являющимися оценкой расстояния до границы.

2. Модифицирован численный метод расчета минимума целевой функции на основе симплексного поиска, в котором множество кусочно-гладких границ области допустимых решений заменяется единым выпуклым R-предикатом, а симплекс считается связанным с ближайшими границами посредством упругих связей, реакции которых влияют на направление поиска.

3. Разработан новый алгоритм и комплекс программ решения задачи оптимизации, реализующий модифицированный численный метод, расчета минимума целевой функции на основе симплексного поиска.

4. Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений

Достоверность результатов обеспечивается корректным применением апробированных теоретических положений, использованием проверенных численных математических методов и алгоритмов, и подтверждается согласием результатов расчета по методу и алгоритму, предложенным в диссертационной работе, с результатами расчетов других исследователей.

5. Научная и практическая значимость основных положений диссертации

Теоретическая значимость работы заключается:

– в разработанном методе и алгоритме минимизации нелинейной целевой функции с учетом большого числа ограничений по модели упругого симплекса;

– в разработанном программном обеспечении, реализующем алгоритм минимизации нелинейной целевой функции с учетом большого числа ограничений по модели упругого симплекса.

Практическая значимость заключается в возможности применять разработанные метод, алгоритм и программное обеспечение для оптимизации проектных параметров силовых анизотридных композиционных конструкций нерегулярной структуры по массе с учетом множества ограничений.

Результаты работы внедрены:

– в ОАО «ЦНИИСМ» – разработанные метод, алгоритм и созданное программное обеспечение для оптимального проектирования силовых анизотридных композиционных конструкций нерегулярной структуры с повышенным весовым совершенством;

– в учебном процессе НФИ КемГУ – в качестве разделов учебных курсов бакалавров и магистров направления «Прикладная математика и информатика».

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационного исследования могут представлять интерес для организаций, занимающихся разработкой и/или производством сетчатых анизотридных конструкций: АО «Центральный научно-исследовательский институт специального машиностроения», АО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева», ФГУП «Государственный космический научно-производственный центр имени М.В.Хруничева».

Дополненный разработанным модулем оптимизационного расчета комплекс программ «Композит НК» может применяться в различных проектно-конструкторских и проектно-строительных организациях, высших учебных заведениях для проведения оптимизационных расчетов силовых сетчатых конструкций: ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский

Московский государственный строительный университет», ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет», ФГБОУ ВО «Томский государственный архитектурно-строительный университет», проектно-строительные организации.

7. Соответствие диссертации и автореферата паспорту специальности

Полученные соискателем научные результаты соответствуют следующим пунктам паспорта специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ:

3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий.

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

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

8. Замечания по диссертационной работе

1. В п. 1.4 недостаточно полно описаны свойства материала конструкций. Остаётся неясным, какие именно композиционные материалы рассматриваются.

2. В п.1.2 приведено описание известных методов оптимизации. Был бы уместен анализ характеристик алгоритмов оптимизации и программных продуктов применительно к объекту исследования.

3. Тестирование разработанного алгоритма оптимизации проведено только на задачах с точным аналитическим решением. Следовало бы сопоставить также результаты оптимизации реальных конструкций с независимо полученными данными.

4. Не рассмотрены вопросы оценки и повышения эффективности программных средств. Отсутствуют результаты исследования временной сложности предложенного алгоритма в зависимости от числа искомых неизвестных. Не рассмотрены способы повышения быстродействия, например, за счет использования технологии параллельного программирования.

9. Заключение

В целом диссертационная работа Штейнбрехер О.А. «Разработка метода, алгоритма и программного обеспечения для оптимизации анизотридных конструкций из композиционных материалов» является законченной научно-исследовательской работой. Выводы, приведенные в работе, имеют практическую ценность и обладают научной новизной.

Автореферат и опубликованные автором работы отражают основное содержание диссертации.

Основные положения диссертации опубликованы в 19 печатных работах, из них 5 – в рецензируемых периодических изданиях из перечня ВАК. В опубликованных работах автору принадлежат результаты, изложенные в тексте диссертации.

Диссертационная работа соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, выполненным по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Автор диссертации, Штейнбрехер Ольга Александровна, заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Отзыв заслушан, обсужден и одобрен на семинаре кафедры компьютерных систем в управлении и проектировании факультета

вычислительных систем Томского государственного университета систем
управления и радиоэлектроники (ТУСУР) (протокол № 8 от 13.04.2018 г.).

Председатель семинара

Профессор кафедры компьютерных систем

в управлении и проектировании ФГБОУ ВО ТУСУР,

д.т.н., профессор

 В.М. Дмитриев

Секретарь семинара

доцент кафедры компьютерных систем

в управлении и проектировании ФГБОУ ВО ТУСУР,

к.т.н.

 Т.В. Ганджа

Сведения об организации

e-mail: office@tusur.ru

Тел: (3822) 510-530

Факс: (3822) 513-262

634050, г. Томск, пр. Ленина, д. 40

Подписи В.М. Дмитриева и Т.В. Ганджи заверены:

Ученый секретарь ФГБОУ

 Прокопчук Е.В.

*Отзыв поступил
совет 14.05.2018.*

с отзывом ознакомлена 14.05.18