

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ В.Е. Косенко
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20 __ г.

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Композиционные конструкции, изготавливаемые
методом радиального плетения»
тема

15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
код и наименование направления

15.04.05.02 «Технология космических аппаратов»
код и наименование магистерской программы

Научный руководитель	_____	доц. кафедры МБК ПФКТ, канд.техн.наук	<u>В.Н. Наговицин</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Е.В. Пухтина</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	Начальник отдела 309	<u>В.В. Савицкий</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия

Красноярск 2016

Продолжение титульного листа МД по теме: «Композиционные конструкции, изготавливаемые методом радиального плетения»

Консультанты по
разделам:

Конструкции из КМ
наименование раздела

подпись, дата

Н.Н. Старицына
инициалы, фамилия

Нормоконтролер

подпись, дата

Е.С. Сидорова
инициалы, фамилия

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический

институт

Межинститутская базовая кафедра

«Прикладная физика и космические технологии»

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ В.Е. Косенко

подпись инициалы, фамилия

« ____ » _____ 20 __ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту: Пухтиной Евгении Владимировне

Группа: МТ 14-04 М

Направление (специальность): 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Тема выпускной квалификационной работы: «Композиционные конструкции, изготавливаемые методом радиального плетения»

Утверждена приказом по университету № _____ от _____

Руководитель ВКР: Наговицин В.Н., к. т. н. МБК ПФКТ СФУ.

Исходные данные для ВКР: Необходимость разработки силового элемента из композиционного материала.

Перечень рассматриваемых вопросов (разделов ВКР): Основные характеристики и состав космической обсерватории, разработка силовой конструкции из композиционных материалов, создание конечно-элементной модели и расчеты.

Перечень графического или иллюстративного материала с указанием основных чертежей, плакатов: слайдов по презентации ВКР.

Руководитель ВКР

подпись

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись, инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 20__ г.

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК ВЫПОЛНЕНИЯ ВКР

Наименование и содержание этапа (раздела)	Срок выполнения
1 Определение плана работы над НИР	01.10.15
2 Анализ предметной области исследования	20.10.15
3 Постановка задач	02.11.15
4 Исследование предметной области	15.01.16
5 Анализ патентной информации	10.03.16
6 Оформление основной части, подготовка иллюстративного материала	25.05.16
7 Защита с представлением готового материала	30.06.16

Руководитель ВКР

_____ (подпись)

В.Н. Наговицин
(инициалы и фамилия)

Задание принял к исполнению

_____ (подпись)

Е.В. Пухтина
(инициалы и фамилия)

« _____ » _____ 20__ г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Композиционные конструкции, изготавливаемые методом радиального плетения» содержит 83 страницы, 1 таблицу, 20 рисунков и 18 библиографических источников.

КОСМИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ, КОМПОЗИЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ, РАДИАЛЬНОЕ ПЛЕТЕНИЕ, КОНТРЕФЛЕКТОР, ШТАНГА ОПОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ КОНТРЕФЛЕКТОРА.

В данной магистерской диссертации представлена разработка штанги опорной конструкции контррефлектора, изготовленной из композитных материалов методом радиального плетения. Работа состоит из пояснительной записки.

В магистерской диссертации разработана космическая обсерватория. Определены основные проектные параметры модуля служебных систем КА и его подсистем, а именно, бортового комплекса управления, системы электропитания, системы ориентации и стабилизации, системы коррекции, системы терморегулирования. Определены состав и параметры модуля полезной нагрузки КА, в том числе космического телескопа.

В специальной части магистерского проекта разработана штанга опорной конструкции контррефлектора, изготовленная из композиционных материалов методом радиального плетения.

Произведены построение модели ШОКК и предварительный расчет на прочность с использованием современных программных пакетов CATIA и MSC NASTRAN.

ABSTRACT

Master's thesis entitled "Composite structures produced by radial weave" contains 83 pages, 1 table, 20 pictures and 18 bibliographical sources.

SPACE OBSERVATORY, COMPOSITE MATERIAL, RADIAL WEAVING, SUBDISH, ROD OF SUBDISH'S SUPPORT CONSTRUCTION.

In this master thesis shows the development of the supportingsubdish's structure rod made of composite materials by means of a radial braiding. The work consists of explanatory note.

Space observatory designed in the master's thesis. The main design parameters of the service module and spacecraft systems, subsystems, namely, the onboard control complex electrical systems, guidance and stabilization of the correction system, the thermal control system. The composition and parameters of the payload module satellites, including space telescope.

The special part of the Master's project designed Rod of subdish's support construction made of composite materials by means of a radial braiding.

Manufactured building Rod of subdish's support construction model and estimation of strength with the use of modern CATIA and MSC software packages NASTRAN.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	17
1 Разработка космической обсерватории.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Цели и задачи.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Характеристики космической обсерватории.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Принцип выведения космического аппарата.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Состав и назначение основных систем космического аппарата.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.1 Модуль служебных систем.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.1.1 Бортовой комплекс управления.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.1.2 Система электропитания.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.1.3 Система ориентации и стабилизации.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.1.4 Система терморегулирования.....	Ошибка! Закладка не определена.

1.4.1.5 Система коррекции.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
1.4.1.6 Механические устройства.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.4.1.7 Конструкция.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
1.4.2 Модуль полезной нагрузки.....	Ошибка! Закладка не определена.
2 Разработка штанги опорной конструкции контррефлектора, изготовленной методом радиального плетения.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Требования к штанге опорной конструкции контррефлектора.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Анализ методов изготовления штанги опорной конструкции контррефлектора.....	О шибка! Закладка не определена.
2.2.1 Выкладка.....	Ошибк а! Закладка не определена.
2.2.2 Пултрузия.....	Ошибк а! Закладка не определена.
2.2.3 Намотка.....	Ошибк а! Закладка не определена.

2.2.4 Радиальное плетение.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
2.3 Технология изготовления штанги опорной конструкции контррефлектора.....	О
шибка! Закладка не определена.	
3 Анализ штанги опорной конструкции контррефлектора.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Структура штанги опорной конструкции контррефлектора.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Описание геометрической и конечно-элементной модели штанги опорной конструкции контррефлектора.....	Ошибка!
Закладка не определена.	
3.3 Расчетные случаи нагружения штанги опорной конструкции контррефлектора.....	О
шибка! Закладка не определена.	
3.3.1 Продольное сжатие силой в 1000 Н.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.2 Поперечный изгиб поперечной силой в 50 Н.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.3 Нагрев/охлаждение до +100/-269 °С.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.4 Определение схемы армирования штанги опорной конструкции контррефлектора.....	О
шибка! Закладка не определена.	
Заключение.....	78
Список сокращений.....	79
Список использованных источников.....	82

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной проблемой развития спутникостроения является снижение массы конструкции КА. В условиях жесткой экономической конкуренции необходимо предоставить заказчику максимальный бюджет масс для полезной нагрузки. Одним из способов по достижению данной цели является облегчение конструкции КА за счет замены тяжелых сплавов легкими высокопрочными композиционными материалами.

Применение конструкций из КМ также актуально и при проектировании космической научно-исследовательской обсерватории. Это обусловлено тем, что для оптимальной работы, высокоточный телескоп обсерватории должен охлаждаться до температуры равной минус 269°C . Данную температуру обеспечивают криогенные машины в ходе работы, которых происходит выделение тепла и сброс его через радиаторы охлаждения. Соответственно для элементов интерфейса обсерватории необходимо использовать геометрически стабильные от воздействия температур материалы с КТР близким к нулю. Для удовлетворения данным требованиям целесообразно использовать новейшие композиционные материалы.

Композиционный материал - неоднородный сплошной материал, состоящий из двух или более компонентов, среди которых можно выделить армирующие элементы, обеспечивающие необходимые механические характеристики материала, и матрицу, обеспечивающую совместную работу армирующих элементов.

Преимущества использования КМ в спутникостроении следующие:

- существенное снижение массы КА при сохранении жесткости и прочности конструкции, что способствует увеличению массы выводимой полезной нагрузки;
- соблюдение жестких требований по размеростабильности в высоком интервале температур минус 269°C до плюс 100°C ;

- обеспечение тепловой развязки конструкции КА за счет низкого коэффициента теплопроводности.

Использование КМ в спутникостроении сдерживается высокими ценами на сырье, сложностью прогнозирования свойств разрабатываемого изделия и недостаточным освоением технологических процессов.

Целью данной работы является разработка композиционной конструкции, изготовленной методом радиального плетения.

Основными задачами магистерской диссертации являются:

- 1 Предъявление основных требований к конструкции
- 2 Определение габаритных размеров конструкции
- 3 Выбор конструкции
- 4 Обоснование выбора метода изготовления
- 5 Построение 3D-модели конструкции
- 6 Подтверждение характеристик конструкции опытным путем

[изъято 1-3 главы]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В общей части магистерской диссертации рассмотрена перспективная космическая обсерватория, проанализированы состав и назначение основных систем МСС и МПН.

В специальной части была выбрана конструкция из композиционных материалов – штанга опорной конструкции контррефлектора для космической обсерватории. Также были рассмотрены различные методы изготовления конструкций из композиционных материалов, среди которых был выбран как наиболее оптимальный - метод радиального плетения. По результатам анализа конструкции контррефлектора были определены основные требования, выполнение которых является обязательным условием для корректной работы обсерватории, и были предложены габаритные размеры и технология изготовления ШОКК и оснастки.

Для подтверждения требуемых характеристик ШОКК были проведены эксперименты, в ходе которых получены результаты, удовлетворяющие предъявляемым к конструкции ШОКК физико-механическим требованиям.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АБ – аккумуляторная батарея;
- АФУ – антенно-фидерное устройство;
- АЦП – аналогово-цифровой преобразователь;
- БАТС – бортовая аппаратура телесигнализации;
- БИВК – бортовой интегрированный вычислительный комплекс;
- БК – блок коррекции;
- БКНА – бортовой комплекс научной аппаратуры;
- БКС – бортовая кабельная сеть;
- БКУ – бортовой комплекс управления;
- БлСИ – интерфейсный блок;
- БПГ – блок подачи газа;
- БПК – блок подачи ксенона;
- БС – батареи солнечные;
- БУ – блок управления;
- БУН – блок управления нагревателями;
- БХК – блок хранения ксенона;
- БЦВК – бортовой цифровой вычислительный комплекс;
- БЦВМ – бортовая цифровая вычислительная машина;
- ВИРК – высокоинформативный радиоканал;
- ГЗ – главное зеркало;
- ДНС – датчик направления на Солнце;
- ДУ – двигательная установка;
- КА – космический аппарат;
- КАС – комплекс автоматики и стабилизации;
- КИС – командно-измерительная система;
- КО – контакт отделения;
- КМ – композиционный материал;
- КР – контррефлектор;

КТ - космический телескоп;
КТР - коэффициент термического расширения;
КЭ - конечный элемент;
КЭ – криоэкран;
КЭМ - конечно-элементная модель;
МБИС – малогабаритный блок измерения скоростей;
МКО - мультиплексный канал обмена;
МПН - модуль полезной нагрузки;
МСС - модуль служебных систем;
НДС - напряженно-деформированное состояние;
НКУ – наземный комплекс управления;
НОК – неохлаждаемый контейнер;
ОЗУ - оперативное запоминающее устройство;
ОК – охлаждаемый контейнер;
ОСО – опора систем охлаждения;
ПБС – привод батареи солнечной;
ПЗ - переключающее зеркало;
ПЗУ – постоянное запоминающее устройство
ПН- полезная нагрузка;
ПО – программное обеспечение;
ПОЗ – прибор ориентации на Землю;
ПОС – прибор ориентации на Солнце;
РБ – разгонный блок;
РН – ракета-носитель;
РНОЗ – режим начальной ориентации на Землю;
РНСО - режим начальной ориентации на Солнце;
РОЗ - режим ориентации на Землю;
РПК – режим ориентации при проведении коррекции орбиты;
РУ – режим успокоения;
САИК - система адаптации и контроля;

САПР – система автоматизированного проектирования;

САС – срок активного существования;

СК - система коррекции;

СКО – среднеквадратичные отклонения;

СОС - система ориентации и стабилизации;

СТР- система терморегулирования;

СЭП - система электропитания;

ТМИ – телеметрическая информация;

ТЭ – теплозащитный экран;

УДМ – управляющий двигатель маховик;

УО - устройство отделения;

ФП – фотопреобразователи;

ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь;

ЦЗ- центральное зеркало;

ШОКК - штанга опорной конструкции контррефлектора;

ЭВТИ - экранно-вакуумная теплоизоляция;

ЭМИО – электромеханический исполнительный орган;

ЭМУ – электромагнитное устройство;

RTM(ResinTransferMoulding)– метод инъекцииполиэфирной смолы в закрытую форму;

TFP (TailoredFiberPlacement) - ориентированная укладка волокна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 154.ТБ074 Перечень материалов, разрешенных к применению на космических аппаратах, разрабатываемых ОАО «ИСС» и комплектах оборудования смежных организаций.
- 2 Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т. – 5-е издание, переработанное и дополненное / В. И. Анурьев. – Москва: Машиностроение, 1978. – Т.2. – 728 с.
- 3 Вышванюк В.И. Тепловое расширение гибридных однонаправленных композитных материалов с малым температурным коэффициентом линейного расширения/ В.И. Вышванюк, В.Т. Алымов// Механика композитных материалов.-1985.-№2.-С.357-360.
- 4 Гущин, В. Н. Основы устройства и конструирования космических аппаратов: учеб.пособие для вузов / В. Н. Гущин, Б. М. Панкратов, А. Д. Родионов. – Москва: Машиностроение, 1992 - 256 с.
- 5 Единая система конструкторской документации. Справочное пособие. – Москва: Изд-во стандартов, 1989. – 352 с.
- 6 Инженерный справочник по космической технике / Алатырцев А. А. [и др.]; под ред. А. В. Солодова. – Москва: Воениздат, 1969. – 696 с.
- 7 Композиционные материалы: справочник / В. В. Васильев, В. Д. Протасов, В. В. Болотин и др. / В. В. Васильев, Ю. М. Тарнопольский. – Москва: Машиностроение, 1990. – 512 с.
- 8 Малков, И.В. Исследование терморазмеростабильности ферменных конструкций космических аппаратов/ И.В. Малков [и др.] // Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», г. Харьков-2011г.
- 9 Максимов, Г.Ю. Теоретические основы разработки космических аппаратов / Г. Ю. Максимов. – Москва: Наука, 1980. – 320 с.
- 10 Основы проектирования КА: учебное пособие. – Москва: Машиностроение, 1977. – 312 с.

- 11 Соппротивление материалов / под ред. А. Ф. Смирнова: изд. 2-е перераб. – Москва: Высшая школа, 1969. – 692 с.
- 12 Справочник по композиционным материалам: в 2-х кн. / Дж. Любин. – Москва: Машиностроение, 1988. – 584 с.
- 13 СТП 154-161-2007 Стандарт предприятия. Система менеджмента качества. Электронная модель изделия. Требования к разработке. Введ. впервые; дата введ. 2007. М.: ОАО «ИСС», 2007. 39 с.
- 14 СТП 154-179-2006 Стандарт предприятия. Конечно-элементная модель изделия. Порядок разработки, документирования и обращения. Введ. впервые; дата введ. 2006. М.: ОАО «ИСС», 2006. 14 с.
- 15 Технология производства космических аппаратов: учебник для ВУЗов / Н. А. Тестоедов [и др.]. – Красноярск: Сибирский государственный аэрокосмический ун-т, 2009. – 418 с.
- 16 Федеральное космическое агентство. Международный проект «Радиоастрон» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.federalspace.ru/319>
- 17 Чеботарев, В. Е. Проектирование космических аппаратов систем информационного обеспечения: в 2-х кн. Внутреннее проектирование космического аппарата / В. Е. Чеботарев. – Красноярск: Сибирский государственный аэрокосмический ун-т, 2005. – Кн.2. – 168 с.
- 18 GALSPASE. Научные статьи. [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://galspace.spb.ru/indvop.file>