

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

Политехнический институт
институт

Межинститутская базовая кафедра
«Прикладная физика и космические технологии»
кафедра

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

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

«Проектирование волновых зубчатых передач с S-образным профилем зуба
для блока механического системы наведения антенн космического аппарата»
наименование темы

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	_____	профессор кафедры МБК ПФКТ, д-р техн. наук _____	<u>А.К. Шатров</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Выпускник	_____		<u>Е.А. Мошницкая</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия
Рецензент	_____	зам. директора ОЦ КТМС, канд. техн. наук _____	<u>А.В. Леканов</u>
	подпись, дата	должность, ученая степень	инициалы, фамилия
Нормоконтролер	_____		<u>Е.С. Сидорова</u>
	подпись, дата		инициалы, фамилия

Красноярск 2016

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

Политехнический институт

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

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация по теме «Проектирование волновых зубчатых передач с S-образным профилем зуба для блока механического системы наведения антенн космического аппарата» содержит 80 страниц текстового документа, 34 рисунка, 6 таблиц, 8 приложений, 23 использованных источника.

МЕХАНИЗМЫ НАВЕДЕНИЯ АНТЕНН, ВОЛНОВАЯ ЗУБЧАТАЯ ПЕРЕДАЧА, S-ОБРАЗНЫЙ ПРОФИЛЬ ЗУБА, МЕТОДИКА РАСЧЕТА.

Целью работы является создание методики расчета, технологии изготовления и проектирования волновой зубчатой передачи, основанной на конструкторских решениях и модифицированном зацеплении зубьев с S-образным профилем, качественные характеристики которой будут удовлетворять высоким требованиям современного спутникостроения.

Для достижения указанной цели были поставлены задачи:

- анализ современных достижений на отечественном и зарубежном рынке в области механизмов наведения антенн с выявлением областей, в которых имеется отставание по ключевым характеристикам;
- поиск, анализ и совершенствование существующих методов расчёта с обоснованием их применимости к расчётам S-образных профилей зубьев основных деталей волновых зубчатых передач;
- разработка технологии изготовления ключевых элементов конструкции волновых зубчатых передач.

Теоретическая значимость результатов исследования состоит в развитии методов расчета и проектирования волновых зубчатых передач с S-образным профилем зуба с учетом современных требований космического машиностроения.

THE ABSTRACT

Master's thesis on "Design of S-tooth strain wave gears for the mechanical unit of antenna pointing system of spacecraft" contains 80 pages, 34 drawings, 6 tables and 23 sources used.

ANTENNA POINTING MECHANISMS, STRAIN WAVE GEARING, S-TOOTH PROFILE, DESIGN METHOD.

The purpose of this Thesis is to provide design and manufacturing methods for strain wave gears with a novel S-tooth profile, based on recent developments, to obtain a good performance, maintaining high efficiency.

To achieve this purpose some native and foreign antenna pointing mechanisms were compared and as a result the problem areas were uncovered.

Besides searching, analysis and developing of current strain wave gearing design and manufacturing methods were made to gain the point of this research.

In summary theoretic value of the research is in the development of S-tooth strain wave gearing design and manufacturing methods considering modern satellite construction requests.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1.1 Состав современных космических аппаратов	Ошибка! Закладка не определена
1.2 Состав и назначение системы наведения антенн	Ошибка! Закладка не определена
1.3 Назначение и принципы построения блока механической системы наведения антенн.....	13
1.4 Сравнение механизмов наведения антенн отечественных и зарубежных разработок.....	15
2 Методика расчета волновой зубчатой передачи с S-образным профилем зуба.....	17
2.1 Описание волновой зубчатой передачи.....	17
2.2 Достоинства и недостатки волновых зубчатых передач	20
2.3 Преимущества волновых зубчатых передач с неэвольвентным профилем зуба	23
2.4 Расчет волновой зубчатой передачи	25
2.4.1 Проектировочный расчет	25
2.4.2 Проверочный расчет гибкого колеса.....	31
2.4.3 Геометрический расчет.....	38
2.4.4 Расчет долговечности гибкого подшипника генератора волн	39
2.4.5 Расчет теоретического значения коэффициента полезного действия	40
2.5 Расчет профиля зуба волновой зубчатой передачи.....	43
3 Проектирование волновой зубчатой передачи с S-образным профилем зуба на основе исходных данных	46
3.1 Проектировочный расчёт	
3.2 Проверочный расчёт гибкого колеса	
3.3 Геометрический расчёт.....	
3.4 Расчёт долговечности гибкого подшипника генератора волн	

3.5 Проектирование S-образного профиля зуба волновой зубчатой передачи.....	
3.6 Технология изготовления волновой зубчатой передачи с S-образным профилем зуба	47
Заключение.....	48
Список сокращений	50
Список использованных источников	51
Приложения А – И	54

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время от механизмов наведения антенн космического применения требуется повышение тактико-технических и эксплуатационных характеристик с целью увеличения их конкурентоспособности на внутреннем и внешнем рынках. В связи с переходом на антенны с узконаправленными диаграммами направленности и лазерные линии связи от новых механизмов требуется высокая точность позиционирования, высокая жесткость на изгиб и кручение, высокий КПД. Исполнительные механизмы должны работать в условиях высокого вакуума, большого перепада температур без регламентного обслуживания. К ним предъявляются требования по увеличению ресурса, уменьшению массы и в то же время требования по работе с высокой надежностью и долговечностью.

Современные механизмы наведения состоят из электромеханических модулей (ЭММ), выполняющих основную функцию механизмов – наведение антенны на абонента с заданной точностью. ЭММ имеет в составе электродвигатель и прецизионную передачу, которые полностью определяют характеристики системы, поэтому направления разработки новых механизмов наведения должны базироваться на повышении характеристик двигателей и высокоточных передач выходного звена.

[изъято 1-3 главы]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе представлены результаты по исследованию научно-технических проблем в области создания волновых зубчатых передач с S-образным профилем зуба для блока механической системы наведения антенн космического аппарата.

В результате проведенного исследования раскрыта необходимость и возможность создания волновых зубчатых передач с S-образным профилем зуба, в основе работы которых лежит внутреннее зацепление зубьев жесткого и гибкого колес с малой разностью чисел зубьев с S-образным профилем.

С учетом современных требований космического машиностроения внесены дополнения в существующие методы расчета и проектирования волновых зубчатых передач с S-образным профилем зуба, основанные на современных исследованиях, что позволит обеспечить увеличение жесткости на кручение, повысить нагрузочную способность, долговечность при сохранении оптимального коэффициента полезного действия передачи.

Предложена методика расчета и проектирования волновых передач с эвольвентным S-образным профилем зуба, основанная на базе расчетов волновых передач с эвольвентным профилем.

Найдены возможные технологии изготовления волновых зубчатых передач и выбраны методы обработки, обеспечивающие точность основных деталей. Приведена технология изготовления деталей электроискровым методом.

Применение S-образного профиля зацепления ВЗП позволит повысить в конечном итоге кинематическую точность и жесткость механизмов наведения антенн КА.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АО	– акционерное общество;
АФУ	– антенно-фидерные устройства;
БМ СНА	– блок механический системы наведения антенн;
БРК	– бортовой ретрансляционный комплекс;
БРТР	– бортовой ретранслятор;
БУП	– блок управления приводами;
БЭ ДУ	– блок электронный датчика угла;
БЭ СНА	– блок электронный системы наведения антенн;
ВЗП	– волновая зубчатая передача;
КА	– космический аппарат;
КИС	– контрольно-измерительная система;
КПД	– коэффициент полезного действия;
МПН	– модуль полезной нагрузки;
МСС	– модуль служебных систем;
МУ	– механические устройства;
ПО	– программное обеспечение;
СНА	– система наведения антенн;
ЭММ	– электромеханический модуль.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 2.316–2008 Единая система конструкторской документации. Правила нанесения надписей, технических требований и таблиц на графических документах. Общие положения. – Взамен ГОСТ 2.316–68 ;введ.01.07.2009. – Москва:Стандартинформ, 2009. – 12 с.
2. Патент 4823638 USA, МПК7 F 16 Н 33/00, F 16 Н 55/06. Профиль зуба, сплайн, деформация зубчатого зацепления / ShoichiIshikawa, Yokohama, Japan; заявл. 27.10.1987; опубл. 25.04.1989, – 8 с.
3. Алексеева, Н. А. Основы проектирования и конструирования узлов и деталей машин и механизмов: Учебное пособие к расчетной работе. / Н. А. Алексеева, В. В. Джамай, Е. В. Серпичева. – Москва: изд-во МАИ, 2006. – 104 с.
4. Алексеенко, А. А. Система наведения крупногабаритной трансформируемой антенны / А. А. Алексеенко, Е. В. Бикеев, М. О. Дорофев, М. В. Лукьяненко, М. Г. Матыленко // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – 2014. – выпуск № 1 (53). – С. 104–108.
5. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В. И. Анурьев; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд-е, перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2001. – Т.1. – 920 с.
6. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В. И. Анурьев; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд-е, перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2001. – Т.2. – 912 с.
7. Анурьев, В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В. И. Анурьев; под ред. И. Н. Жестковой. – 8-е изд-е, перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2001. – Т.3. – 864 с.
8. Безельман, Р. Д. Подшипники качения: Справочник / Р. Д. Безельман. – Москва: Машиностроение, 1983 – 345 с.

9. Вулгаков, Э. Б. Зубчатые передачи с улучшенными свойствами / Э. Б. Вулгаков. – Москва: Машиностроение, 1974. – 264 с.
10. Гавриленко, В. А. Основы теории эвольвентной зубчатой передачи. / В. А. Гавриленко. – Москва: Машиностроение, 1969. – 432 с.
11. Гуцин, В. Н. Основы устройства и конструирования космических аппаратов: Учебное пособие для вузов / В. Н. Гуцин, Б. М. Панкратов, А. Д. Родионов, – Москва: Машиностроение, 1992. – 256 с.
12. Дорофеева, Е. С. Механизмы ориентации антенн космических аппаратов / Е. С. Дорофеева, Р. А. Мирзаев, Н. А. Смирнов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2014. – выпуск № 10 , том 1. – С. 83–84.
13. Иванов, М. Н. Волновые зубчатые передачи / М. Н. Иванов. – Москва: Высшая школа, 1981. – 184 с.
14. Калашников, А. С. Технология изготовления зубчатых колес / А. С. Калашников. – Москва: Машиностроение, 2004. – 480 с.
15. Кудрявцев, В. Н. Конструкции и расчет зубчатых редукторов: справ.пособие / В. Н. Кудрявцев, Ю. А. Державец, Е. Г. Глухарев; под ред. В. Н. Кудрявцева. – Ленинград: Машиностроение, 1971. – 534 с.
16. Молотов, Е. П. Наземные радиотехнические системы управления космическими аппаратами / Е. П. Молотов. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 256 с.
17. Мосягин, Р. В. Детали и узлы малогабаритных редукторов: Справочное пособие / Р. В. Мосягин, Б. И. Павлов. – Москва: Машиностроение, 1967. – 147с.
18. Пенкина, Т. Ю. Опыт создания современных систем наведения антенн [Электронный ресурс] / Т. Ю. Пенкина, Е. М. Курбатов. – Томск: ТПУ, 2014. – Режим доступа: <http://www.lib.tpu.fulltext>
19. Планетарные передачи: Справочник. / Под ред. докторов техн. наук В. Н. Кудрявцева и Ю. Н. Кирдяшева. – Ленинград: «Машиностроение» (Ленингр. Отд-ние), 1977. – 536 с.

20. Справочник по геометрическому расчету эвольвентных зубчатых и червячных передач / под ред. И. А. Болотовского. – Москва: Машиностроение, 1986. – 447 с.

21. Тимофеев, Г. А. Проектирование зубчатых передач и планетарных механизмов с использованием ЭВМ: учеб. пособие / Г. А. Тимофеев, А. В. Яминский, В. В. Каганова; под ред. Г. А. Тимофеева. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000 – 60 с.

22. Титаренко, Е. ИСС взяло больше полезной нагрузки [Электронный ресурс] / Е. Титаренко //Comnews. – Ежедневная интернет-газета. – Москва, 2015. – Режим доступа: <http://www.comnews.ru/node/96568>

23. Чернавский, С. А. Проектирование механических передач: Учебно-справочное пособие для вузов / С. А. Чернавский, Г. А. Снесарев, В. С. Козинцов и др. - 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1984. - 560 с.