

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт космических и информационных технологий
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

Красноярск 2023

Студенту Ушаковой Татьяне Викторовне

фамилия, имя, отчество

Группа КИ21-03-6М Направление (специальность) 27.04.03

номер

код

«Системный анализ и управление»

наименование

Тема выпускной квалификационной работы: «Проект космического аппарата для прямых прецизионных измерений гравитационного поля Земли»

Утверждена приказом по университету от 20.03.2023 № 4435/С

Руководитель ВКР: Виктор Евдокимович Чеботарев, профессор, д-р техн.

наук, профессор МБК «Прикладная физика и космические технологии»

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР: В рамках ВКР формируются проектные данные на создание космического аппарата для прямых прецизионных измерений гравитационного поля Земли

Перечень разделов ВКР: Введение, анализ предметной области, выбор типа перспективного геодезического КА, формирование проектных данных на создание космического аппарата для прямых прецизионных измерений гравитационного поля Земли, расчет массы рабочего тела на период функционирования космического аппарата по целевому назначению, заключение.

Перечень графического материала: презентация PowerPoint, раздаточный материал.

Руководитель ВКР

подпись

В.Е. Чеботарев

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

Подпись

Т.В. Ушакова

инициалы и фамилия студента

« ____ » _____ 20__ г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Проект космического аппарата для прямых прецизионных измерений гравитационного поля Земли» содержит 85 страниц текстового документа, 23 использованных источника, 20 листов графического материала.

КОСМИЧЕСКИЙ АППАРАТ, ГРАВИГРАДИЕНТОМЕТР, СОСТАВ, ТРЕБОВАНИЕ, ОРБИТА, СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ, МАССА, ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕ, РАБОЧЕЕ ТЕЛО.

Объект исследования – космический аппарат.

Цель исследования: Разработка проекта космического аппарата для прямых прецизионных измерений гравитационного поля Земли

Задачи:

– анализ предметной области, выбор типа перспективного геодезического КА;

– формирование проектных данных на создание космического аппарата для прямых прецизионных измерений;

– расчет массы рабочего тела на период функционирования КА по целевому назначению.

В результате проведения исследования был выбран тип перспективного геодезического КА - для прямых прецизионных измерений гравитационного поля Земли, сформированы проектные данные на его создание, в том числе определен состав бортовой целевой аппаратуры и обеспечивающих систем космического аппарата, составлены бюджеты масс и энергопотребления космического аппарата, выбрана орбита и средства выведения космического аппарата, проведен расчет массы рабочего тела на период функционирования КА по целевому назначению.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	6
1 Анализ предметной области	9
1.1 Геодезическое обеспечение в Российской Федерации	9
1.2 Перспектива создания космического аппарата для прямых прецизионных измерений гравитационного поля Земли.....	16
1.3 Зарубежный аналог – космический аппарат GOCE	21
1.4 Выводы по главе.....	28
2 Формирование проектных данных на создание космического аппарата для прямых прецизионных измерений	29
2.1 Определение параметров орбиты космического аппарата.....	29
2.2 Формирование требований и задач для космического аппарата	31
2.3 Определение состава целевой аппаратуры космического аппарата.....	35
2.4 Обеспечивающие системы	43
2.4.1 Система управления с компенсацией сил негравитационного происхождения	43
2.4.2 Бортовой комплекс управления.....	53
2.4.3 Система терморегулирования.....	57
2.4.4 Система электропитания.....	60
2.5 Формирование бюджетов масс и энергопотребления космического аппарата.....	65
2.6 Выбор средств выведения космического аппарата	69
2.7 Выводы по главе.....	70
3 Расчет массы рабочего тела на период функционирования КА по целевому назначению	71
3.1 Выводы по главе.....	77
Заключение	78
Список сокращений	79
Список использованных источников	83

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность применения космических средств различного назначения в значительной степени зависит от полноты и точности геопространственных данных.

К указанным данным в первую очередь относят:

- фундаментальные геодезические постоянные;
- параметры общеземного эллипсоида;
- общеземная геоцентрическая система координат, закрепляемая на поверхности Земли сетью пунктов;
- параметры гравитационного поля Земли;
- параметры магнитного поля Земли;
- параметры связи общеземной геоцентрической системы координат с национальными системами координат.

Геопространственные данные необходимы для решения задач фундаментальной и прикладной науки. В частности, для определения фигуры Земли и изучения ее внутренней структуры строения, различного рода деформаций земной коры и глобальных изменений, включая сейсмическую и вулканическую активность, тектонику плит, изменений объема внутренних вод и т.д. Общеземная геоцентрическая система координат и параметры гравитационного поля Земли необходимы для прогнозирования орбит спутников Земли различного назначения.

Наиболее сложной задачей является определения детальных характеристик гравитационного поля Земли и особенно его аномалии, точность определения которых имеет существенное значение для обеспечения эффективного применения автономных и комплексных систем навигации, а также корреляционно – экстремальных навигационных систем.

В связи с развитием глобальной навигационной системы ГЛОНАСС, а также автономных, комплексных, картографических комплексов, корреляционно – экстремальных навигационных систем в части повышения

точности определения местоположения потребителей системы и комплексов, использующих для навигации параметры гравитационного поля Земли (ГПЗ) повысились требования к точности определения: высот квазигеоида (ВКГ), аномалий силы тяжести (АСТ) и других характеристик ГПЗ.

Вместе с тем прогнозируется, что со стороны гражданских потребителей в ближайшее десятилетие будут предъявляться повышенные требования к геопространственным данным в части:

- определения высоты геоида;
- определения аномалий силы тяжести;
- определение координат пунктов в общеземной геоцентрической системе координат.

Поскольку классический динамический метод космической геодезии совместно с гравиметрическим и альтиметрическим методами практически исчерпал свои возможности в плане дальнейшего наращивания точностных характеристик моделей ГПЗ, необходима разработка новых методов и средств.

Как показали проведенные исследования и анализ зарубежных материалов решение поставленных задач может быть обеспечено при использовании КА, оснащенным спутниковым гравитационным градиентометром для измерения вторых производных геопотенциала с погрешностью порядка 0,001 Этвеш (совместно с другими методами). Аналогичных проектов, а также бортового измерительного оборудования и опыта обработки высокоточных измерений, в России не существует.

Цель исследования: Разработка проекта космического аппарата для прямых прецизионных измерений гравитационного поля Земли

Задачи:

- анализ предметной области, выбор типа перспективного геодезического КА;
- формирование проектных данных на создание космического аппарата для прямых прецизионных измерений;

– расчет массы рабочего тела на период функционирования КА по целевому назначению.

Актуальность работы. К наиболее перспективным динамическим методам стоит отнести метод спутниковой гравиградиентометрии. Этот метод в настоящее время, в связи с развитием и использованием прецизионной измерительной техники и технологий становится весьма актуальным и превалирующим, поскольку данный метод позволяет определить тонкую структуру ГПЗ со сверхвысокой точностью с помощью прямых измерений.

Актуальность заключается в освоении новой (не имеющего аналогов) технологии для непосредственного измерения гравитационного поля Земли (ГПЗ) с помощью гравиградиентометра, размещенного на космическом аппарате на низких орбитах.

В перспективной трехъярусной геодезической системе в РФ освоены орбиты с высотами 1000 км и 3000 км. К перспективным проектам относятся методы и КА на низких орбитах (250-500 км), которые не освоены в РФ. Поэтому выбор направления исследования актуален.

Разработка космического аппарата, оснащенного гравиградиентометром для прямых прецизионных измерений ГПЗ внесет свой существенный вклад в построение более точной глобальной цифровой модели гравитационного поля Земли для фундаментального геодезического обеспечения системы ГЛОНАСС и для других потребителей.

[Изъято Глава 1 -3 стр. 9-77 по согласованию с научным руководителем и в соответствии с Заявлением по форме Регламента РД РВКР-2016]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Цель исследования достигнута, а именно разработан проект космического аппарата для прямых прецизионных измерений ГПЗ.

Решены следующие задачи:

- проведен анализ предметной области, сделан выбор типа перспективного геодезического КА;
- сформированы проектные данные на создание космического аппарата для прямых прецизионных измерений ГПЗ, а именно:
 - 1) определены параметры орбиты космического аппарата;
 - 2) сформированы требования и задачи для космического аппарата;
 - 3) определен состав бортовой целевой аппаратуры и обеспечивающих систем;
 - 4) сформированы бюджеты масс и энергопотребления КА (предусмотрены резервы на уровне 16 %);
 - 5) осуществлен выбор средств выведения.
- проведен расчет массы рабочего тела на период функционирования КА по целевому назначению.

Практическая значимость: Результаты создания проектного облика КА могут быть использованы при дальнейших проектных исследованиях и разработке перспективного аппарата для глобальной космической системы мониторинга ГПЗ.

По результатам проектной проработки КА можно заключить, что существует технологический задел, позволяющий говорить о возможности создания данного типа КА.

