

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 11

УТВЕРЖДАЮ  
Ответственный за образовательную  
программу

\_\_\_\_\_  
доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_  
В.В. Перлюк

(инициалы, фамилия)

\_\_\_\_\_  


(подпись)

« 19 » \_\_\_\_ 06 \_\_\_\_ 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Инженерия космических систем»  
(Наименование дисциплины)

|                                                       |                                                                |
|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Код направления подготовки/<br>специальности          | 12.03.01                                                       |
| Наименование направления<br>подготовки/ специальности | Приборостроение                                                |
| Наименование<br>направленности                        | Авиационные приборы и измерительно-вычислительные<br>комплексы |
| Форма обучения                                        | заочная                                                        |
| Год приема                                            | 2023                                                           |

Санкт-Петербург– 2024

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)



19.06.2024

(подпись, дата)

В.В. Перлюк

(инициалы, фамилия)

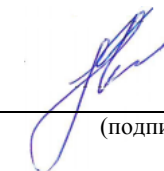
Программа одобрена на заседании кафедры № 11

«\_19\_» \_\_\_\_06\_\_\_\_ 2024 г., протокол № \_9\_\_

Заведующий кафедрой № 11

д.т.н., доц.

(уч. степень, звание)



19.06.2024

(подпись, дата)

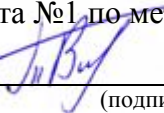
Н.Н. Майоров

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №1 по методической работе

доц., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



19.06.2024

(подпись, дата)

В.Е. Таратун

(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Инженерия космических систем» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 12.03.01 «Приборостроение» направленности «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы». Дисциплина реализуется кафедрой «№11».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-7 «Инженерия космических систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с классификацией современных космических аппаратов, основными стадиями и этапами создания микроспутников, разработкой и имитационным моделированием базовых бортовых систем микроспутника, компоновкой спутника в современных пакетах 3D конструирования, разработкой бортового специального программного обеспечения, разработкой и изготовлением бортовой кабельной сети, автономными и функциональными испытаниями.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа обучающегося.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Общей целью дисциплины является знакомство учащихся с различными задачами, решаемыми современными космическими аппаратами, а также особенностями разработки и эксплуатации малого космического аппарата – искусственного спутника Земли (ИСЗ), включающими выбор орбиты, состава бортовой аппаратуры, способа ориентации и стабилизации, принципы организации связи с наземными пунктами. Прикладная часть дисциплины направлена на разработку проекта малого космического аппарата, способного выполнять различные целевые задачи. В процессе изучения дисциплины, обучающиеся знакомятся с современными международными образовательными программами по использованию микроспутников, решают задачи по управлению движением, навигации и ориентации микро- и наноспутников, изучают особенности использования двигательных установок на борту микроспутников. На примере этапов проектирования микроспутников учащиеся осваивают оптимальные методы теоретических и экспериментальных инженерных исследований.

На практических занятиях учащиеся выполняют 3D-сборку, разрабатывают часть электронного оборудования, осуществляют сборку функционального макета и проводят основные полунатурные испытания, инженерные расчеты и имитационное моделирование КА. Также они выполняют программирование бортового компьютера для обеспечения целевой задачи.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

| Категория (группа) компетенции | Код и наименование компетенции    | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Профессиональные компетенции   | ПК-7 Инженерия космических систем | ПК-7.3.1 знать баллистику и динамику космического полета малого космического аппарата (МКА), архитектуру и алгоритмы работы систем навигации и управления движением, обеспечение дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), методы проведения испытаний, проектирования полезных нагрузок и служебных систем космических аппаратов, теорию надежности<br>ПК-7.У.1 уметь проводить компьютерное моделирование траекторного движения МКА на орбите как динамического объекта, подготавливать рациональные расчётные 3D-модели изделий, выполнять сборочные и монтажные чертежи и спецификации, разрабатывать принципиальные электрические схемы, использовать интерпретирующий язык Python и C/C++<br>ПК-7.В.1 владеть навыками работы в САПР SolidWorks (SW), базовыми умениями работы с |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | деталями и сборками; навыками использования оборудования для сборки и испытаний МКА, паяльного и контрольно-измерительного оборудования, вычислительной техники, необходимых инструментов<br>ПК-7.В.2 владеть общими понятиями об эргономике при сборке и эксплуатации изделия, навыками разработки и имитационного моделирования бортовых систем МКА с использованием вычислительной техники, выполнения компоновки бортового оборудования МКА, разработки специального программного обеспечения (СПО) для бортового компьютера, разработки, изготовления, проверки бортовой кабельной сети, пайки разъемов, жгутовки кабелей |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- «Компьютерные технологии в приборостроении»
- «Схемотехника»
- «Математика. Математический анализ»
- «Инженерная графика»
- «Авиационные приборы и измерительно-вычислительные комплексы»
- «Основы измерительной техники»
- «Надежность и техническая диагностика»
- «Основы проектирования измерительно-вычислительных комплексов»

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- «Организация обмена информацией»
- «Методы цифровой обработки измерительной информации»
- «Системы стабилизации, ориентации и навигации»
- «Системы автоматического управления летательных аппаратов»
- «Комплексирование информационно-измерительных устройств»
- «Цифровые вычислительные устройства и микропроцессоры»
- «Проектирование систем контроля и диагностики»

## 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

| Вид учебной работы                              | Всего  | Трудоемкость по семестрам |
|-------------------------------------------------|--------|---------------------------|
|                                                 |        | №8                        |
| 1                                               | 2      | 3                         |
| <b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b> | 3/ 108 | 3/ 108                    |

|                                                                                             |      |      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| <b>Из них часов практической подготовки</b>                                                 | 4    | 4    |
| <b>Аудиторные занятия</b> , всего час.                                                      | 8    | 8    |
| в том числе:                                                                                |      |      |
| лекции (Л), (час)                                                                           | 4    | 4    |
| практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)                                                | 4    | 4    |
| лабораторные работы (ЛР), (час)                                                             |      |      |
| курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)                                                    |      |      |
| экзамен, (час)                                                                              | 9    | 9    |
| <b>Самостоятельная работа</b> , всего (час)                                                 | 91   | 91   |
| <b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**) | Экз. | Экз. |

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

#### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

| Разделы, темы дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Лекции<br>(час) | ПЗ (СЗ)<br>(час) | ЛР<br>(час) | КП<br>(час) | СРС<br>(час) |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------|-------------|-------------|--------------|
| Семестр 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                 |                  |             |             |              |
| Раздел 1. Введение в дисциплину                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 0,5             |                  |             |             |              |
| Раздел 2. Малые космические аппараты (МКА).<br>Классификация и области применения.<br>Тема 2.1. Классификация МКА по назначению.<br>Тема 2.2. Компонентные и аэродинамические<br>схемы МКА.<br>Тема 2.3. Современные платформы<br>университетских МКА.                                                                                                          | 0,5             | 0,5              |             |             | 10           |
| Раздел 3. Баллистика и динамика космического<br>полета МКА.<br>Тема 3.1. Типовые орбиты полета МКА.<br>Определение параметров орбиты и обеспечение<br>траекторного управления МКА<br>Тема 3.2. Средства доставки МКА на орбиту.<br>Современные системы навигации, управления<br>движением и наведения разных типов МКА.<br>Двигательные установки на борту МКА. | 1               | 0,5              |             |             | 10           |
| Раздел 4. Основные задачи дистанционного<br>зондирования Земли.<br>Тема 4.1. Основные задачи спутника ДЗЗ.<br>Тема 4.2. Алгоритмы функционирования спутника<br>ДЗЗ.<br>Тема 4.3. Этапы выполнения целевой задачи<br>спутником ДЗЗ.                                                                                                                              |                 | 0,5              |             |             | 10           |
| Раздел 5. Основные конструктивные элементы<br>МКА.<br>Тема 5.1. Анализ конструкции спутника ДЗЗ на<br>примере конструктора Орбикрафт.<br>Тема 5.2. Функциональные особенности<br>выполнения целевой задачи спутника ДЗЗ.                                                                                                                                        |                 | 0,5              |             |             | 11           |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |     |   |   |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|-----|---|---|----|
| Раздел 6. Имитационное моделирование КА.<br>Расчет энергобаланса на борту<br>Тема 6.1 ПО численного моделирования SX-Modeler                                                                                                                                                                                                        | 1 | 0,5 |   |   | 12 |
| Раздел 7. Сборка макета спутника с помощью конструктора Орбикрафт<br>Тема 7.1 Сборка корпуса и датчиков спутника<br>Тема 7.2 Полунатурные испытания МКА. Решение целевой задачи<br>Тема 7.3 Оценка стоимости проекта                                                                                                                |   | 0,5 |   |   | 10 |
| Раздел 8. Проверка и программирование датчиков, систем МКА, целевой аппаратуры. Автономные испытания датчиков и систем спутника.<br>Тема 8.1 Автономные испытания датчиков и систем макета спутника<br>Тема 8.2 Разработка программного кода автономных испытаний<br>Тема 8.3 Разработка программного кода функциональных испытаний |   | 0,5 |   |   | 14 |
| Раздел 9. Системы навигации и управления движением МКА в группе.<br>Тема 9.1. Теоретические и практические аспекты сбора МКА в группу.<br>Тема 9.2. Относительная навигация МКА в группе и необходимое приборное оснащение.<br>Тема 9.3. Обеспечение управления относительным движением МКА в группе.                               | 1 | 0,5 |   |   | 14 |
| Итого в семестре:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 4 | 4   |   |   | 91 |
| Итого                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 4 | 4   | 0 | 0 | 91 |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |     |   |   |    |

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

#### 4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

| Номер раздела | Название и содержание разделов и тем лекционных занятий                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1             | <b>Введение в дисциплину.</b><br>История появления и развития компетенции “Инженерия космических систем”. Техническое описание компетенции. Конкурсное задание. Содержание и особенности компетенции. Основные этапы становления компетенции и развитие материально-технической базы. Расширение теоретических вопросов компетенции в рамках учебной дисциплины. Концепция задания на демонстрационном экзамене. |
| 2             | <b>Малые космические аппараты (МКА). Классификация и области применения.</b><br>Задачи, решаемые с использованием современных космических аппаратов. Развитие класса малых космических аппаратов (МКА). Их достоинства и недостатки. Классификация МКА по назначению. Компонентные и аэродинамические схемы МКА. Международные стандарты и современные                                                           |

|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <p>платформы университетских МКА.</p> <p>Обзор мировых научно-производственных центров космического приборостроения. Современные международные образовательные программы по использованию микро- спутников. Управление инновационными процессами в космическом приборостроении. Ключевые технические проблемы, требующие неотложного решения. Прогноз развития соответствующих технологий.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3 | <p><b>Баллистика и динамика космического полета МКА.</b></p> <p>Баллистика и динамика космического полета. Средства доставки МКА на орбиту. Современные системы навигации, управления движением и наведения разных типов МКА. Типовые орбиты полета МКА. Особенности их расчета и обеспечение траекторного управления. Двигательные установки на борту МКА.</p> <p>Управление движением МКА на орбите как динамического объекта. Моделирование системы углового и орбитального управления движением МКА на орбите. Определение параметров орбиты и обеспечение траекторного управления МКА. Двигательные установки на борту МКА.</p>                                                                                                                                              |
| 4 | <p><b>Основные задачи дистанционного зондирования Земли.</b></p> <p>Основные задачи спутника ДЗЗ. Алгоритмы функционирования спутника ДЗЗ. Алгоритм функционирования системы стабилизации. Алгоритм функционирования системы ориентации. Алгоритм функционирования полезной нагрузки. Этапы выполнения целевой задачи спутником ДЗЗ.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 5 | <p><b>Основные конструктивные элементы МКА</b></p> <p>Состав и структура современного космического аппарата (системы управления, энергоснабжения, раскрытия и управления солнечными батареями и антеннами, связи, ориентации и стабилизации. Полезная нагрузка). Задачи структурной и параметрической оптимизации приборного оборудования МКА.</p> <p>Особенности использования продукции индустриального партнера компетенции- компании Спутникс. Состав приборного оборудования макета учебного спутника. Имитация процесса управления ориентаций спутника по одной оси (оси подвеса) при его полете по круговой экваториальной орбите.</p>                                                                                                                                     |
| 6 | <p><b>Имитационное моделирование МКА. Расчет энергобаланса на борту</b></p> <p>Анализ конструкции спутника ДЗЗ на примере конструктора Орбикрафт. Система энергоснабжения. Бортовой компьютер. Система стабилизации. Система ориентации. Система полезной нагрузки. Функциональные особенности выполнения целевой задачи спутника ДЗЗ.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 7 | <p><b>Сборка макета спутника с помощью конструктора Орбикрафт</b></p> <p>Обзор конструктора «Орбикрафт», его возможности в учебном процессе. Задачи, решаемые в процессе обучения. Примеры реализации стабилизации и ориентации малого космического аппарата на примере конструктора «Орбикрафт».</p> <p>Прототипирование конструкции МКА. Разработка структуры и состава макета МКА с помощью конструктора «Орбикрафт». Демонстрация этапов разработки 3D- модели микроспутника. Демонстрация сборки макета микроспутника.</p> <p>Разработка специального программного обеспечения для бортового компьютера МКА. Особенности задачи дистанционного зондирования Земли. Обобщенный алгоритм учебной миссии микроспутника. Особенности разработки и отладки программного кода.</p> |
| 8 | <p><b>Проверка и программирование датчиков, систем МКА, целевой аппаратуры. Автономные испытания датчиков и систем спутника.</b></p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



|   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | Особенности задачи дистанционного зондирования Земли. Обобщенный алгоритм учебной миссии микроспутника. Особенности разработки и отладки программного кода.<br>Демонстрация выполнения учебной миссии дистанционного зондирования Земли с использованием макета микроспутника и имитатора космической среды “Терра”. |
| 9 | <b>Системы навигации и управления движением МКА в группе.</b><br>Теоретические и практические аспекты сбора МКА в группу. Относительная навигация МКА в группе и необходимое приборное оснащение. Обеспечение управления относительным движением МКА в группе.                                                       |

#### 4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

| № п/п     | Темы практических занятий                                                 | Формы практических занятий | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------|----------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Семестр 8 |                                                                           |                            |                     |                                       |                      |
|           | 3D-проектирование элементов конструкции спутника.                         | решение ситуационных задач | 1                   | 1                                     | 5                    |
|           | 3D-сборка моделей целевой аппаратуры спутника..                           | решение ситуационных задач | 1                   | 1                                     | 5                    |
|           | Написание кода для автономных испытаний датчиков конструктора «Орбикрафт» | имитационные занятия       | 1                   | 1                                     | 5                    |
|           | Автономные испытания датчиков конструктора «Орбикрафт»                    | имитационные занятия       | 1                   | 1                                     | 7                    |
| Всего     |                                                                           |                            | 4                   |                                       |                      |

#### 4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

| № п/п                           | Наименование лабораторных работ | Трудоемкость, (час) | Из них практической подготовки, (час) | № раздела дисциплины |
|---------------------------------|---------------------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|
| Учебным планом не предусмотрено |                                 |                     |                                       |                      |
|                                 |                                 |                     |                                       |                      |
| Всего                           |                                 |                     |                                       |                      |

#### 4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

| Вид самостоятельной работы                        | Всего, час | Семестр 6, час |
|---------------------------------------------------|------------|----------------|
| 1                                                 | 2          | 3              |
| Изучение теоретического материала дисциплины (ТО) |            | 69             |
| Курсовое проектирование (КП, КР)                  |            |                |
| Расчетно-графические задания (РГЗ)                |            |                |
| Выполнение реферата (Р)                           |            |                |
| Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ) |            | 4              |
| Домашнее задание (ДЗ)                             |            |                |
| Контрольные работы заочников (КРЗ)                |            | 10             |
| Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)        |            | 8              |
| Всего:                                            | 91         | 91             |

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

#### 6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

| Шифр/<br>URL адрес | Библиографическая ссылка                                                                                                                                 | Количество экземпляров в библиотеке<br>(кроме электронных экземпляров) |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 629.7<br>И 62      | Гарютин И.А., Макаров А.А., Перлюк В.В., Поляков С.Л. Инженерия космических систем. Учебное пособие. СПб, Изд-во ГУАП, 2021.-73 с.                       | 3                                                                      |
| 629.76/.78<br>Г98  | Гущин, В.Н. Основы устройства космических аппаратов: учебник для вузов./ В.Н. Гущин - М.: Машиностроение, 2003. - 272 с.                                 | 5                                                                      |
| 629.76/78<br>К 65  | Козлов, Д.И. Конструирование автоматических космических аппаратов / Д. И. Козлов, Г. П. Аншаков, В. Ф. Агарков и др.- М.: Машиностроение, 1996. – 444 с. | 1                                                                      |
| 629.76/78<br>О 75  | Нариманов, Г.С. Основы теории полета космических аппаратов / Нариманов Г.С., Тихонравов М.К.. – М.: Машиностроение,                                      | 3                                                                      |

|                   |                                                                                                                                                                                                        |   |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
|                   | 1972. – 608 с.                                                                                                                                                                                         |   |
| 629.7<br>М59      | Микрин, Е. А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения : учебное пособие / Е. А. Микрин. - М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. - 333 с | 5 |
| 629.7<br>И 62     | Гарютин И.А., Макаров А.А., Перлюк В.В., Поляков С.Л. Инженерия космических систем. Учебное пособие. СПб, Изд-во ГУАП, 2021.-73 с.                                                                     | 3 |
| 629.76/.78<br>Г98 | Гущин, В.Н. Основы устройства космических аппаратов: учебник для вузов./ В.Н. Гущин - М.: Машиностроение, 2003. - 272 с.                                                                               | 5 |

## 7. Перечень электронных образовательных ресурсов

информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

| URL адрес                                                                                                                                                               | Наименование                                                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <a href="http://xn---btb1bbcge2a.xn--p1ai/news">http://xn---btb1bbcge2a.xn--p1ai/news</a>                                                                               | Александр Макаров: «Компетенция «Инженерия космических систем» - это комплексный задел на будущее» [Электронный ресурс]. |
| <a href="https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1rvNzcN09PWRs_mp32QUkpb7MitOvrO-s">https://drive.google.com/drive/u/0/folders/1rvNzcN09PWRs_mp32QUkpb7MitOvrO-s</a> | Техническое описание компетенции «Инженерия космических систем».                                                         |
| <a href="http://www.orbicraft.sputnix.ru/doku.php">http://www.orbicraft.sputnix.ru/doku.php</a>                                                                         | Сайт описания работы конструктора спутника «Орбикрафт»                                                                   |
| <a href="http://www.orbicraft.sputnix.ru/doku.php?id=software">http://www.orbicraft.sputnix.ru/doku.php?id=software</a>                                                 | Необходимое ПО для работы с конструктором «Орбикрафт»:                                                                   |
| <a href="https://sourceforge.net/projects/sputnixsatelit/files/?source=navbar">https://sourceforge.net/projects/sputnixsatelit/files/?source=navbar</a>                 | ПО открытого численного моделирования SX_Modeler, Orbit Control (OBC)                                                    |

## 8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

| № п/п | Наименование     |
|-------|------------------|
|       | Не предусмотрено |

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

| № п/п | Наименование     |
|-------|------------------|
|       | Не предусмотрено |

## 9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

| № п/п | Наименование составной части материально-технической базы                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Номер аудитории (при необходимости) |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1     | Мультимедийная лекционная аудитория                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | 32-03 (БМ 67а)                      |
| 2     | Специализированная лаборатория «Инженерия космических систем»<br>Набор конструктора “Орбикрафт” – 1 шт.<br>Имитатор подвеса – 1 шт.<br>Имитатор Солнца – 1 шт.<br>Рабочие компьютеры с программами Solidworks, SX-Modeller, GroundControlX, OrbitControl -4 шт.                                                                                                                                                        | 12-09 (БМ 67а)                      |
| 3     | Радиомонтажная мастерская<br>Паяльные станции- 10 шт.<br>Комплект ручного инструмента – 10 шт.<br>Набор конструктора “Орбикрафт” – 5 шт.<br>Имитатор магнитного поля Земли с подвесом (магнитная рамка) – 1 шт.<br>Имитатор Солнца – 1 шт.<br>Имитатор Земли – 1 шт.<br>Компрессор с аэроподвесом – 1 шт.<br>Рабочие компьютеры (Ноутбуки) с программами Solidworks, SX-Modeller, GroundControlX, OrbitControl -10 шт. | ауд.505 (Моск. пр.,149В)            |

## 10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

| Вид промежуточной аттестации | Перечень оценочных средств                                                  |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| Экзамен                      | Список вопросов к экзамену;<br>Экзаменационные билеты;<br>Задачи;<br>Тесты. |

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности

компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

| Оценка компетенции                    |  | Характеристика сформированных компетенций                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|---------------------------------------|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5-балльная шкала                      |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| «отлично»<br>«зачтено»                |  | – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;<br>– уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;<br>– опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;<br>– умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;<br>– делает выводы и обобщения;<br>– свободно владеет системой специализированных понятий. |
| «хорошо»<br>«зачтено»                 |  | – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;<br>– не допускает существенных неточностей;<br>– увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;<br>– аргументирует научные положения;<br>– делает выводы и обобщения;<br>– владеет системой специализированных понятий.                                                                    |
| «удовлетворительно»<br>«зачтено»      |  | – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;<br>– допускает несущественные ошибки и неточности;<br>– испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;<br>– слабо аргументирует научные положения;<br>– затрудняется в формулировании выводов и обобщений;<br>– частично владеет системой специализированных понятий.                 |
| «неудовлетворительно»<br>«не зачтено» |  | – обучающийся не усвоил значительной части программного материала;<br>– допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;<br>– испытывает трудности в практическом применении знаний;<br>– не может аргументировать научные положения;<br>– не формулирует выводов и обобщений.                                                                                                                     |

### 10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

| Перечень вопросов (задач) для экзамена |                                          |                                                |                                           |                                   |                                                   | Код индикатора                               |
|----------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| № варианта                             | Высота орбиты над поверхностью Земли, Км | Координата орбиты на момент выполнения миссии, | Координата фотографируемого объекта, град | Координата наземной станции, град | Масштаб времени<br><br>Система реального времени/ | ПК-7.3.1<br>ПК-7.У.1<br>ПК-7.В.1<br>ПК-7.В.2 |

|    |     |      |     |    |                                          |  |
|----|-----|------|-----|----|------------------------------------------|--|
|    |     | град |     |    | система<br>времени<br>модели-<br>рования |  |
| 1  | 500 | -160 | -80 | 30 | 1 / 10                                   |  |
| 2  | 400 | -80  | -20 | 35 | 1 / 10                                   |  |
| 3  | 300 | -40  | 0   | 40 | 1 / 10                                   |  |
| 4  | 350 | 0    | 10  | 45 | 1 / 10                                   |  |
| 5  | 450 | 10   | 15  | 50 | 1 / 10                                   |  |
| 6  | 550 | 15   | 40  | 55 | 1 / 10                                   |  |
| 7  | 600 | 20   | 50  | 60 | 1 / 10                                   |  |
| 8  | 300 | 25   | 35  | 80 | 1 / 10                                   |  |
| 9  | 250 | 30   | 50  | 60 | 1/5                                      |  |
| 10 | 400 | 35   | 55  | 80 | 1/5                                      |  |

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

| № п/п | Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета | Код индикатора |
|-------|-----------------------------------------------------|----------------|
|       | Учебным планом не предусмотрено                     |                |

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

| № п/п | Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|
|       | Учебным планом не предусмотрено                                                |

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

| № п/п | Примерный перечень вопросов для тестов | Код |
|-------|----------------------------------------|-----|
|-------|----------------------------------------|-----|

|    |                                                                                                                 |                      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
|    |                                                                                                                 | индикатора           |
| 1  | Перечислите типы космических аппаратов по назначению.                                                           | ПК-7.3.1             |
| 2  | Приведите классификацию космических аппаратов по массе.                                                         | ПК-7.У.1             |
| 3  | Какие существуют компоновочные и аэродинамические схемы МКА.                                                    | ПК-7.В.1<br>ПК-7.В.2 |
| 4  | Перечислите современные платформы университетских МКА. Укажите их достоинства и недостатки.                     |                      |
| 5  | Как используется теоремы Ньютона о гравитации внутри и вне однородной сферы при расчете орбиты полета спутника. |                      |
| 6  | Перечислите основные типы орбит полета спутников.                                                               |                      |
| 7  | Приведите 6 основных параметров орбиты спутника.                                                                |                      |
| 8  | Выведите формулу для расчета первой космической скорости.                                                       |                      |
| 9  | На какой орбите спутник движется быстрее- на высокой или низкой?                                                |                      |
| 10 | Что нужно сделать с космическим аппаратом, чтобы перейти с более низкой орбиты на более высокую?                |                      |
| 11 | Какие приборы на борту спутника позволяют определить его пространственную ориентацию?                           |                      |
| 12 | Какие виды силовых установок используются в МКА. Их достоинства и недостатки.                                   |                      |

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

| № п/п | Перечень контрольных работ                                               |
|-------|--------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Разработать код программы стабилизации макета спутника                   |
| 2     | Разработать код программы ориентации макет спутника                      |
| 3     | Разработать код программы фотографирования объекта ДЗЗ                   |
| 4     | Разработать код программы передачи данных по радиоканалу макета спутника |
| 5     | Разработать печатную плату стабилизатора напряжения                      |

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины  
(Ниже приводятся рекомендации по составлению данного раздела)

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала (если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине).

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

#### Структура предоставления лекционного материала:

- вводная часть – показывает перечень рассматриваемых в лекции вопросов, их актуальность для практики приборостроения, связь лекционного материала с предыдущим и последующим материалами; дается перечень основной и дополнительной литературы по теме, включая руководящие документы;
- основная часть – последовательно показываются выносимые вопросы, раскрываются теоретические положения; показываются основные расчетные формулы;
- итоговая часть – подводятся итоги занятия, актуализируются наиболее важные вопросы; определяется тематика будущих практических занятий по теме; даётся задание на самостоятельную подготовку; производятся ответы на вопросы.

11.2. Методические указания для обучающихся по участию в семинарах *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

#### Требования к проведению практических занятий



Практические занятия проводятся после чтения лекций, дающих теоретические основы для их выполнения. Допускается выполнение практических занятий до прочтения лекций с целью облегчения изучения теоретического материала при наличии описаний работ, включающих необходимые сведения или ссылки на конкретные учебные издания, содержащие эти сведения.

В ходе практических занятий студенты ведут необходимые записи, которые преподаватель вправе потребовать для проверки. Допускается по согласованию с преподавателем представлять отчет о работе в электронном виде. В конце практического занятия преподаватель оценивает работу студента путем проверки отчета и (или) его защиты (собеседования).

11.4. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/выполнения курсовой работы *(если предусмотрено учебным планом по данной дисциплине)*

11.6. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

11.7. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Методы текущего контроля выбираются преподавателем самостоятельно исходя из специфики дисциплины.

Возможные методы текущего контроля обучающихся:

- устный опрос на занятиях;
- систематическая проверка выполнения индивидуальных заданий;
- защита отчетов по лабораторным работам;
- проведение контрольных работ;
- тестирование;
- контроль самостоятельных работ (в письменной или устной формах);
- контроль выполнения индивидуального задания на практику;

–контроль курсового проектирования и выполнения курсовых работ;  
иные виды, определяемые преподавателем.

В течение семестра обучающийся оформляет отчётные материалы в соответствии с установленными требованиями и методами проведения текущего контроля, и преподаватель оценивает представленные материалы.

11.8. При подведении итогов текущего контроля успеваемости в ведомость обучающимся выставляются аттестационные оценки: «аттестован», «не аттестован». Система и возможные критерии оценки учитывает знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций дисциплины. Результаты текущего контроля должны учитываться при промежуточной аттестации. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

– экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Экзамен в форме демонстрационного экзамена проводится в соответствии с комплектом оценочной документации, содержащем примерные оценочные материалы, размещенным/ представленным ниже:

#### **Паспорт комплекта оценочной документации (КОД) № 1.1 по компетенции № R54 «Инженерия космических систем»**

Комплект оценочной документации (КОД) № 1.1 разработан в целях организации и проведения демонстрационного экзамена по компетенции № R54 «Инженерия космических систем» и рассчитан на выполнение заданий продолжительностью 4 часа.

КОД № 1.1 может быть рекомендован для оценки освоения основных профессиональных образовательных программ и их частей, дополнительных профессиональных программ и программ профессионального обучения, а также на соответствие уровням квалификации.

Перечень знаний, умений, навыков в соответствии со Спецификацией стандарта компетенции № R54 «Инженерия космических систем» (WorldSkills Standards Specifications, WSSS), проверяемый в рамках комплекта оценочной документации № 1.1

Таблица 22

| <b>Раздел WSSS</b> | <b>Наименование раздела WSSS</b>                       | <b>Важность (%)</b> |
|--------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|
| 1                  | Организация работы и управление процессом              | 6,75                |
| 2                  | Проведение испытания бортовых систем спутника          | 3,5                 |
| 3                  | Разработка программных решений                         | 10,85               |
| 4                  | Решение проблем, инновации и креативность производства | 4,3                 |
| 5                  | Оформление и ведение документации. Соблюдение культуры | 1,4                 |

#### **Задание для демонстрационного экзамена по комплекту оценочной документации № 1.1 по компетенции № R54 «Инженерия космических систем»**

Продолжительность выполнения задания: 4 ч.

Формат Демонстрационного экзамена: Очный /Дистанционный  
Форма участия: Индивидуальная  
Вид аттестации: ГИА / Промежуточная КОД ДЭ НОК нет

### **Модули с описанием работ**

#### **Общие требования:**

Участникам предлагается в качестве учебного задания провести имитационное моделирование процесса полета по орбитальной траектории малого космического аппарата (МКА) - искусственного спутника Земли (ИСЗ), способного выполнять различные целевые задачи.

В процессе проведения ДЭ участники должны использовать собранный заранее и подготовленный к экзамену функциональный макет МКА и провести с ним основные полунатурные испытания, выполнив инженерные расчеты и провести имитационное моделирование МКА. Примером функционального макета могут служить компоненты, входящие в состав набора конструктора спутника «ОрбиКрафт» (или аналоги) (рис.1). Описание стандартного набора компонент «ОрбиКрафт» (или аналоги) (рис. 2), из которых собирается спутник, представлено здесь: <http://orbicraft.sputnix.ru/doku.php>

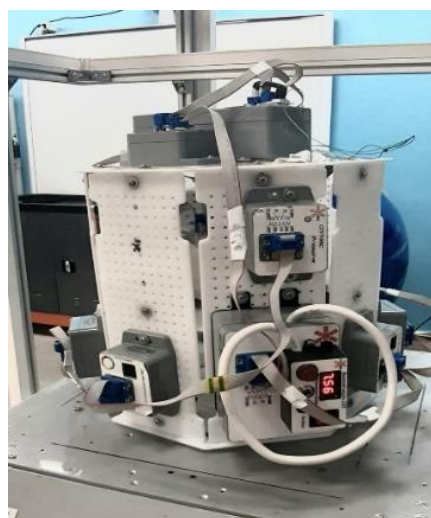


Рис. 1. Общий вид собранного конструктора «Орбикрафт» (или аналоги)



Рис. 2. Общий вид набора конструктора «Орбикрафт» (или аналоги)

Далее в описании по умолчанию подразумевается наличие набора конструктора спутника «ОрбиКрафт» (или аналоги).

Собранный функциональный макет МКА должен обеспечить выполнение миссии ДЗЗ на специальном стенде полунатурного моделирования (рис. 3). Возможное описание стенда, в составе которого должны быть проведены испытания макета, приводится здесь: <http://sputnix.ru>.



Рис. 3. Магнитная рамка (имитатор магнитного поля Земли) с подвесом, имитатор Земли, имитатор Солнца

В итоге используемая участниками ДЭ инженерная модель космического аппарата должна быть максимально приближена к реально запускаемым на орбиту моделям.

Участникам необходимо обеспечить получение Центрами управления полетом (ЦУП) максимально оперативно, т.е. в максимально короткое время, как можно большего количества качественных изображений заданных географических областей в течение активного срока существования КА, при этом спутник должен максимально выполнить поставленные перед ним задачи. Также участники выполняют программирование бортового компьютера для обеспечения целевой задачи.

Оценка производится членами жюри – экспертами на площадке проведения ДЭ, допущенными к оценке, как в отношении выполнения задания в модуле, так и в отношении процесса выполнения задания. Если участник ДЭ не выполняет требования техники безопасности, подвергает опасности себя или других участников, то он может быть отстранен от ДЭ.

Задание ДЭ должно выполняться по модулям. При выполнении необходимо использовать дополнительную информацию и данные, указанные в Приложениях к заданию ДЭ. Оценка также происходит по результатам выполнения модуля.

Перед выполнением задания необходимо выполнить планирование всех производимых видов работ, расчетов, вычислений. Участник должен продумать общую концепцию работы, примерное время на выполнение модуля, определить ответственного за его выполнение, распределить обязанности и роли по трудовым функциям внутри группы и по дням, о чем сделать соответствующие записи в Приложении №1 итогового отчета:

Необходимая информация, документация и программы, необходимые для выполнения задания находятся на рабочем компьютере участника в папке на рабочем столе с названием, идентичным дате проведения ДЭ - это день 1 ДЭ, пример: **28\_12\_2021**

(см. Рис. 4). Образец и полный перечень содержимого этой папки предоставляется в подготовительный день.

Для сохранения всех результатов работы на рабочем столе компьютера каждого участника создается папка с названием на английском языке **Project\_номер рабочего места** (см. рис. 4), где после нижнего подчеркивания печатается номер команды, полученный при жеребьевке рабочих мест, например: **Project\_2**

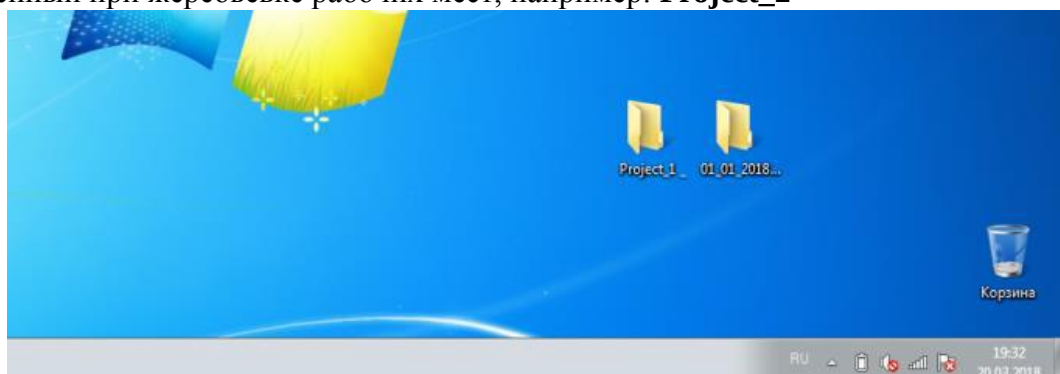


Рис. 4. Образец созданных папок на рабочем столе компьютера участника

Важно: файл Приложения №1 итогового отчета заполняется на компьютере участника и предоставляется к проверке экспертам на площадке (папка **Project\_номер рабочего места** (см. Рис. 4).

После этого участникам на каждый компьютер требуется установить все программы, необходимые для выполнения задания каждому участнику, ответственному за выполнение модуля.

**Модуль 1: Имитационное моделирование полета по орбите МКА. Расчет энергобаланса на борту МКА.**

**Участник** рассчитывает количество сеансов съемки и количество сеансов связи с использованием открытого ПО численного моделирования SX-Modeller оценивает циклограмму работы спутника на орбите с учетом полученных исходных данных. (<https://sourceforge.net/projects/sputnixsatellit/files/?source=navbar>),

Исходные данные в Приложение № 2 «Задание для ПО численного моделирования SX-Modeler» (или аналоги) выдаются каждому участнику на площадке в соответствии с вариантом задания. На основании информации о полученной циклограмме работы бортовых систем рассчитывается циклограмма работы системы энергоснабжения (СЭП) (рис. 5).

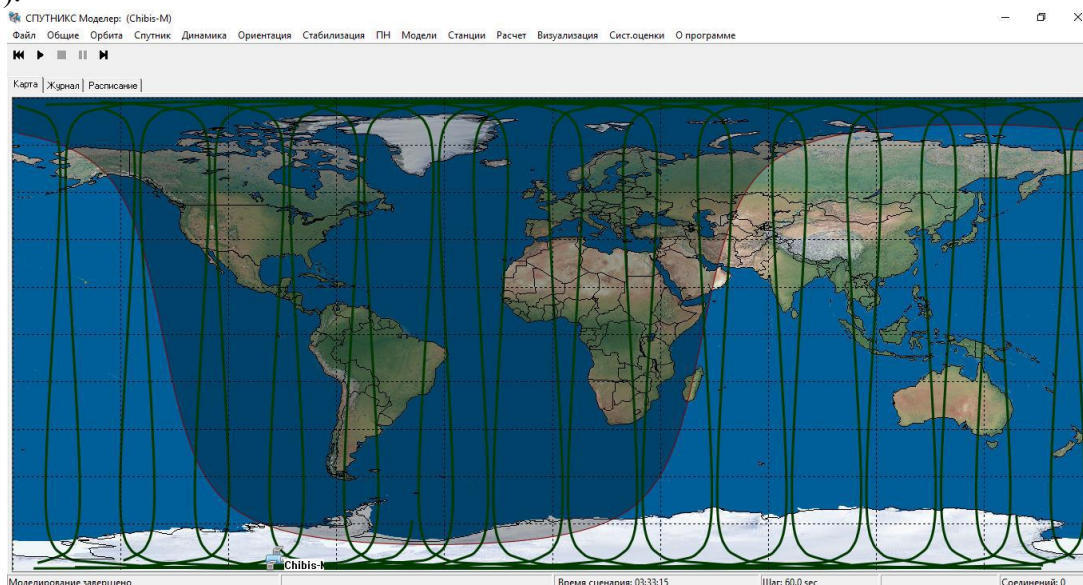


Рис. 5. Общий вид трассировки орбиты Chibis-M (или аналоги)

При выполнении модуля 1 **участник** работает над численным моделированием движения спутника по орбите, подбирая оптимальные по быстродействию коэффициенты управления PD-регулятора маховичной системы ориентации и стабилизации, использующей в качестве датчиков ориентации солнечные датчики и магнитометр. В последующем эти коэффициенты должны быть прошиты в бортовое ПО управления функционального макета аппарата.

Кроме PD-регулятора, проводится численное моделирование работы магнитной системы стабилизации, использующей в качестве исполнительных элементов электромагнитные катушки, а в качестве датчика – магнитометр, с целью подбора коэффициентов управления электромагнитными катушками и соотношений длительностей между работой катушек и измерениями магнитометра.

Заполнить все данные, произведя расчет недостающих данных из уже известных величин из таблицы Приложения № 2 «Задание для ПО численного моделирования SX-Modeler» (или аналоги). Требуется выполнить расчет энергобаланса на борту, учитывая разряд АКБ на витке не более 20% при работе спутника на орбите.

Необходимо включить запуск расчетов в программе (рис. 10), добиться 3D визуализации стабилизации спутника Chibis-M (или аналоги) и, увидев табличку на экране «Расчет завершен», внести результаты в ОВС (OrbitControl) (или аналоги). По результатам выполнения численного моделирования в программе команда оценивает следующие параметры:

1. Параметры 3D визуализации спутника:

- Совпадение опорных маркеров осей связанной системы координат и опорной системы координат.
- Система стабилизации работает согласно алгоритму в SX-Modeler (или аналоги)
- Система ориентации работает согласно алгоритму в SX-Modeler (или аналоги)
- Полезная нагрузка работает согласно алгоритму в SX-Modeler (или аналоги)

2. Параметры аккумуляторной батареи:

- Емкость АКБ;
- Разряд АКБ на витке;
- Глубину разряда батарей;
- Количество циклов заряда - разряда в процессе работы спутника.

3. Параметры солнечных батарей:

- размеры солнечных панелей.
- расположение солнечных панелей.
- количество солнечных панелей.

4. Параметры ДЗЗ и связи:

- Учитывая время суток пролета спутника, определить время включения и выключения камеры при прохождении зоны съемки, количество сеансов съемки и время включения и выключения передатчика при прохождении зоны передачи, количество сеансов связи;
- Количество и качество снимков.
- Прием телеметрии в ПО OrbitControl (или аналоги)



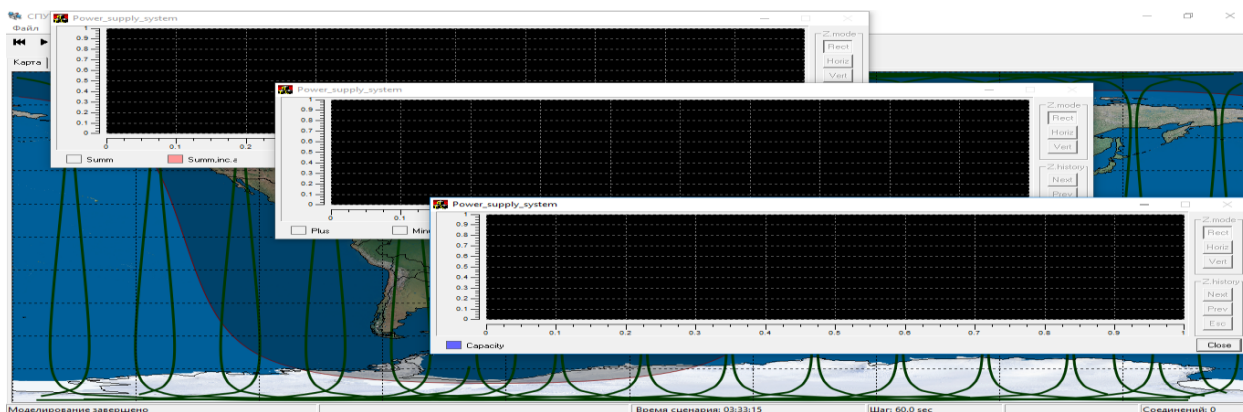


Рис. 6. Графики визуализации энергобаланса на борту

5. Составить правильную блок-схему расположения всех устройств на корпусе спутника и их соответствие 3D-модели (рис.7).

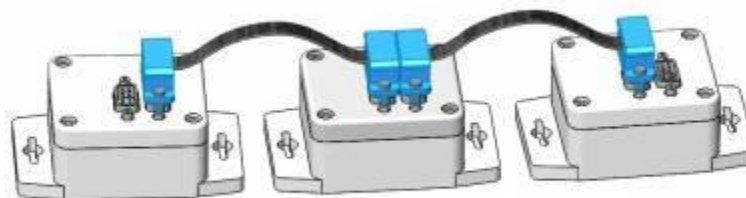


Рис. 7. Блок-схема соединений датчиков «Орбикрафт» (или аналоги)

6. Выполнение расчетов, заполнение соответствующих данных в Приложении №1 итогового отчета.

## Модуль 2: Разработка программного обеспечения для бортового оборудования МКА. Полунатурные испытания функционального макета МКА.

**Участник** при выполнении этого модуля должен разработать программное обеспечение (ПО), обеспечивающее слаженную работу компонентов микроспутника. Он разбирается с выбором языка программирования – Python или C (для этой возрастной группы), архитектурой бортового программного обеспечения, средой разработки, способом сборки, прошивки, отладки бортового программного обеспечения. Необходимо выполнить следующие виды работ:

- Составить общий алгоритм работы всех систем, установленных на борту КА;
- Составить подробный алгоритм работы системы ориентации, установленной на КА;
- Составить подробный алгоритм работы системы стабилизации, установленной на КА;
- Составить подробный алгоритм работы полезной нагрузки (целевой аппаратуры), установленной на КА;
- Составить подробный алгоритм работы систем, установленной на КА;
- Написать и скомпилировать коды для проверки всех систем и датчиков из состава набора конструктора спутника «ОрбиКрафт» (или аналоги).
- Разработать коды калибровки, тарировки систем и датчиков спутника, для которых это предусмотрено.
- Провести автономные испытания всех систем, датчиков, устройств, устанавливаемых на спутник (рис. 8);

- Выполнить PrintScreen экрана компьютера и внести данные в Приложение №1 итогового отчета.

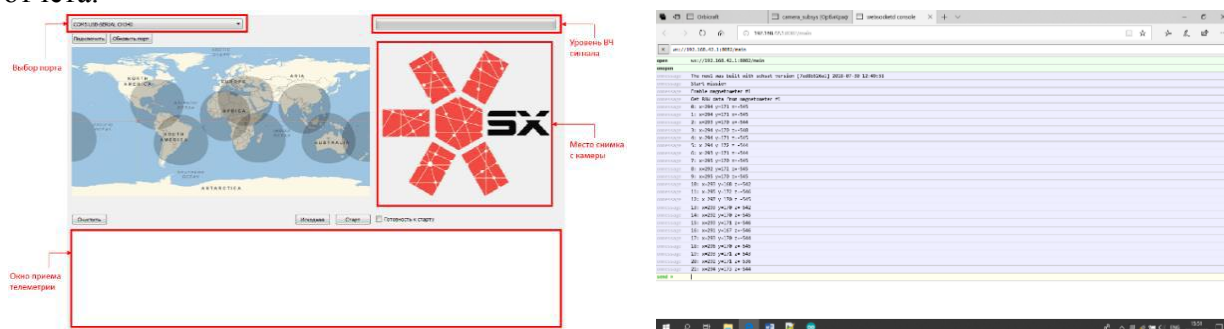


Рис. 8. Окно программы ЦУП (GroundControlX (или аналоги)) и образец проверки Магнитометра

- При проведении автономных испытаний камеры полезной нагрузки добиться наиболее четких показателей резкости и фокусировки (исследуется с помощью миры);
- Выполнить PrintScreen экрана компьютера и внести данные в Приложение №1 итогового отчета.

## 5. Необходимые приложения

К заданиям будут идти приложения:

- Приложение\_1 Итоговый отчет о проведении ДЭ
- Приложение\_2 Пример задания для программы SX-Modeler (или аналоги)
- Приложение\_3 Перечень информации, хранящейся в папке для участников ДЭ
- Приложение\_4 Список рекомендуемых программ и сайтов

## Особые условия проведения Демонстрационного экзамена по стандартам Ворлдскиллс Россия в дистанционном формате

Настоящие условия определяют порядок организации и проведения демонстрационного экзамена по компетенции № R54 «Инженерия космических систем» в соответствии с комплектом оценочной документации (КОД) № 1.1 в дистанционном формате работы во время экзамена.

## Технические средства, применяемые для организации и проведения демонстрационного экзамена

|                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Условия видеотрансляции сдачи демонстрационного экзамена</b>                                                                    | Требуется 2 камеры для каждого участника: фронтальная на компьютере (ноутбуке) участника и камера, размещенная позади участника (может быть установлена на штативе) |
| <b>Условия видеозаписи сдачи демонстрационного экзамена</b>                                                                        | Наблюдение за участником экзамена производится онлайн                                                                                                               |
| <b>Условия трансляции экрана / рабочего места экзаменуемого</b>                                                                    | Используя ПО: Zoom / TeamViewer / OBS / AnyDesk                                                                                                                     |
| <b>Условия записи экрана / рабочего места экзаменуемого</b>                                                                        | Используя ПО: Zoom / TeamViewer / OBS / AnyDesk                                                                                                                     |
| <b>Условия передачи заданий демонстрационного экзамена экспертами участникам, а также результатов работы участниками экспертам</b> | В дополнительные дни, предусмотренные на проведение аттестации                                                                                                      |
| <b>Условия демонстрации результата выполненной</b>                                                                                 | В КОД 1.1 не применимо<br>Не загораживая автономные испытания                                                                                                       |



|                                                                                                                                                                                                                    |                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| <b>работы участниками экзамена</b>                                                                                                                                                                                 |                                                            |
| <b>Дополнительное программное обеспечение необходимое для работы на ДЭ, включая программы совместной работы над документами, облачные хранилища, специфические программы необходимые для реализации задания ДЭ</b> | Яндекс Диск / Google Disk                                  |
| <b>Условия оказания помощи в установке и обучения работе с программным обеспечением, технической поддержки во время проведения ДЭ</b>                                                                              | По запросу – техническому эксперту или IT-специалисту ЦПДЭ |

**5.3. Правила проведения ДЭ для участников:** 1. Допустимо использование смартфонов только для осуществления видеосъемки

(камера должна быть установлена позади участника).

2. Место нахождения смартфона должно быть в зоне видимости ответственного линейного эксперта.

3. В случае обнаружения использования смартфона, с целью домашней заготовки видеофрагмента, использования информации из интернета, звонка, обнулить критерии по оценке работы участника.

4. Недопустимо применение запрещенных оборудования и аксессуаров: флеш карты, съемных жестких дисков, CD, DVD, умных часов и т.п.

Приложение № 1

### **Итоговый отчет о проведении ДЭ**

Название мероприятия: \_\_\_\_\_

Рабочее место № \_\_\_\_\_

ФИО участника: \_\_\_\_\_

Дата \_\_\_\_\_ Место проведения \_\_\_\_\_

#### **I. Отчет о проведении численного моделирования**

**Цель: оценка возможности выполнения спутником задачи по съемке заданного района Земли и передаче данных на землю.**

1. Картинка: Print Screen: Общий вид системы моделирования; карта с трассой спутника, координатами съемки и передачи.
2. Картинка: Print Screen: Общий вид системы моделирования: 3D-вид спутника с опорной и связанной системами координат.
3. На околоземную орбиту запущен спутник со следующими характеристиками:  
\_\_\_\_\_

4. Характеристики орбиты:

5. Название и координаты зоны съемки:

- 
6. Название и координаты приемной станции:
  7. Время начала моделирования:
  8. Время конца моделирования:
  9. Приложение **Sputnix Modeler (SX-Modeler)** показало, что требуемые моменты включения камеры и передатчика следующие:

|                        | Время включения<br>ГГГГ.ММ.ДД,<br>ЧЧ:ММ:СС | Время выключения<br>ГГГГ.ММ.ДД,<br>ЧЧ:ММ:СС |
|------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Съемка                 |                                            |                                             |
| Передача данных        |                                            |                                             |
| Количество<br>сеансов: | Съёмки, шт                                 | Связи, шт                                   |
|                        |                                            |                                             |

10. Картинка: Print Screen: Результат численного моделирования циклограммы работы системы энергоснабжения (графики – 3 шт.)
11. Максимальный уровень разряда аккумулятора на витке: \_\_\_\_\_  
**Выводы:** Система энергоснабжения обеспечивает работу спутника по циклограмме, при этом уровень разряда аккумулятора не превышает \_\_\_\_\_%

Приложение № 2

**1. Имя сценария:**

|              | Данные |
|--------------|--------|
| Имя сценария | 1.1_ДЭ |

**2. Имя спутника:**

|              | Данные   |
|--------------|----------|
| Имя спутника | Chibis-M |

**3. Время начала моделирования:**

|                                                             | Данные                 |
|-------------------------------------------------------------|------------------------|
| Время начала моделирования,<br>ГГГГ/ММ/ДД<br>ЧЧ:ММ:СС (UTC) | 2019/11/19<br>13:59:00 |

**4. Время завершения моделирования:**

|                                                             | Данные                 |
|-------------------------------------------------------------|------------------------|
| Время начала моделирования,<br>ГГГГ/ММ/ДД<br>ЧЧ:ММ:СС (UTC) | 2019/11/20<br>13:59:00 |

**5. Параметры орбиты:**

|                                                           | Данные    |
|-----------------------------------------------------------|-----------|
| Тип модели                                                | Кеплерова |
| Наклонение, градусы                                       | 95.99     |
| Эксцентриситет                                            | 0.003     |
| Аргумент перицентра, градусы                              | 190       |
| Параметр орбиты, м                                        | 7903123   |
| Долгота восходящего узла, градусов                        | 12        |
| Время с момента последнего<br>прохождения перицентра, сек | 50        |

**6. Координаты зоны съемки:**

|               | Данные      |
|---------------|-------------|
| Название      | Потсдам     |
| Широта, град  | 52°24' с.ш. |
| Долгота, град | 13°04' в.д. |

**7. Координаты приемной станции:**

|          | Данные                   |
|----------|--------------------------|
| Название | Петропавловск-Камчатский |
| Широта   | 53°01' с.ш.              |

|         |              |
|---------|--------------|
| Долгота | 158°39' в.д. |
|---------|--------------|

#### **8. Характеристики спутника:**

|                                                        | Данные |
|--------------------------------------------------------|--------|
| Масса                                                  | 45     |
| Момент инерции $J_{xx}$ , кг*м <sup>2</sup>            | 8      |
| Момент инерции $J_{yy}$ , кг*м <sup>2</sup>            | 7      |
| Момент инерции $J_{zz}$ , кг*м <sup>2</sup>            | 12     |
| Максимальный недиагональный элемент, кг*м <sup>2</sup> | 0,05   |
| Макс.погрешность опред. $J_{ij}$ , %                   | 5      |
| Габарит по оси X, м                                    | 0.9    |
| Габарит по оси Y, м                                    | 1      |
| Габарит по оси Z, м                                    | 0.5    |
| Положение центра масс X, м                             | 0,01   |
| Положение центра масс Y, м                             | 0,03   |
| Положение центра масс Z, м                             | -0,05  |

#### **9. Энергопотребления систем спутника: мощность (Вт):**

|                                                | Данные |
|------------------------------------------------|--------|
| БВМ                                            | 1.3    |
| Блок управления полезной нагрузкой             | 4.4    |
| Камера                                         | 18     |
| Передатчик                                     | 60     |
| Блок управления системы определения ориентации | 7.6    |
| Магнитометр                                    | 0.6    |
| Солнечный датчик                               | 0.4    |
| Блок управление системой стабилизации          | 5      |
| Электромагнитные катушки                       | 4      |
| Двигатели-маховики                             | 18     |
| Система энергопитания                          | 12     |

#### **10. Характеристики системы энергопитания спутника:**

|                          | Данные |
|--------------------------|--------|
| КПД, в %                 | 80     |
| Ёмкость аккумулятора, Ач | 42     |

|                                            |    |
|--------------------------------------------|----|
| <b>Нормальная глубина разряда АБ, в %</b>  | 90 |
| <b>Допустимая глубина разряда АБ, в %</b>  | 75 |
| <b>Критическая глубина разряда АБ, в %</b> | 55 |
| <b>Макс. ток заряда АБ, А</b>              | 25 |
| <b>Макс. ток разряда АБ, А</b>             | 25 |
| <b>Напряжение бортовой сети, В</b>         | 12 |

**11. Расположение панелей солнечных батарей:**

|               | <b>Данные</b> |
|---------------|---------------|
| <b>+X</b>     | +             |
| <b>-X</b>     | +             |
| <b>+Y</b>     | +             |
| <b>-Y</b>     | -             |
| <b>+Z</b>     | +             |
| <b>-Z</b>     | -             |
| <b>SX, м2</b> | 0.5           |
| <b>SY, м2</b> | 0.5           |
| <b>SZ, м2</b> | 0.5           |

**12. Начальные условия по отделению от носителя:**

|                                   | <b>Данные</b> |
|-----------------------------------|---------------|
| <b>Нутация, град</b>              | 78            |
| <b>Прецессия, град</b>            | 125           |
| <b>Собственное вращение, град</b> | 245           |
| <b>WX, град/сек</b>               | 1,5           |
| <b>WY, град/сек</b>               | 1,8           |
| <b>WZ, град/сек</b>               | -0,9          |

**Перечень информации, хранящейся в папке для участников ДЭ**

1. Папка для выполнения основных заданий
  - SX-Modeler
  - OBC
  - Ground\_Control\_X
  - Driver
2. Папка вспомогательных программ:
  - Apache\_OpenOffice
3. Документация
  - Основное задание (КОД)
  - Отчет о выполнении задания (Приложение №1)
4. Общая документация
  - Техническое описание
  - Кодекс этики
  - Инструкция ТБ и ОТ
  - Инструкция проведения ДЭ
  - Регламент Том В
5. Текстовый редактор с ссылками на скачивание программ

Результаты промежуточной аттестации заносятся деканатами в журнал учёта промежуточной аттестации, учебную карточку и автоматизированную информационную систему ГУАП.

Аттестационные оценки по факультативным дисциплинам вносятся в зачётную книжку, ведомость, учебную карточку, АИС ГУАП и, по согласованию с обучающимся, в приложение к документу о высшем образовании и о квалификации.

После прохождения промежуточной аттестации обучающийся обязан предоставить в деканат зачётную книжку, полностью заполненную преподавателем.

По результатам успешного прохождения промежуточной аттестации обучающимися и выполнения учебного плана на соответствующем курсе, деканаты готовят проект приказа о переводе обучающихся с курса на курс.

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

| Дата внесения<br>изменений и<br>дополнений.<br>Подпись внесшего<br>изменения | Содержание изменений и дополнений | Дата и №<br>протокола<br>заседания<br>кафедры | Подпись<br>зав.<br>кафедрой |
|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|
|                                                                              |                                   |                                               |                             |
|                                                                              |                                   |                                               |                             |
|                                                                              |                                   |                                               |                             |
|                                                                              |                                   |                                               |                             |
|                                                                              |                                   |                                               |                             |