

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета

_____ Левихин А.А.

«___» _____ 20__

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

| | |
|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|
| Направление/специальность подготовки | 24.05.06 Системы управления летательными аппаратами |
| Специализация/профиль/программа подготовки | Системы управления беспилотными летательными аппаратами |
| Уровень высшего образования | Специалитет |
| Форма обучения | Очная |
| Факультет | А Ракетно-космическая техника |
| Выпускающая кафедра | А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ |
| Кафедра-разработчик рабочей программы | А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ |

| КУРС | СЕМЕСТР | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ) | ЧАСЫ (по наличию видов занятий) | | | | | | | | | ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ |
|------|---------|-----------------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------|---------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------|
| | | | ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ | АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ | | | | САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА | | | | |
| | | | | ВСЕГО | ЛЕКЦИИ | ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ | ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ | ВСЕГО | КУРСОВОЙ ПРОЕКТ | КУРСОВАЯ РАБОТА | ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ | |
| 5 | 9 | 3 | 108 | 51 | 17 | 0 | 34 | 57 | 0 | 0 | 57 | диф. зач. |

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

24.05.06 Системы управления летательными аппаратами

год набора группы: 2026

Программу составил:

Кафедра А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Кулаков Александр Юрьевич, к.т.н., преподаватель

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Заведующий кафедрой Петрова И.Л., к.т.н., доц.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Разделы рабочей программы

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Приложения к рабочей программе дисциплины

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-7 — Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения

ОПК-8 — Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

ОПК-7

знания:

- основы системного подхода к анализу и проектированию систем управления летательными аппаратами;
- принципы ориентации, стабилизации, навигации и управления движением космических аппаратов;
- методы создания, верификации и валидации математических моделей космических систем;

умения:

- анализировать структуру и функционирование систем управления космическими аппаратами с точки зрения системного подхода;
- разрабатывать математические модели для ориентации, стабилизации, навигации и управления движением летательных аппаратов;
- применять современные программные средства для моделирования и анализа работы космических систем.;

навыки:

- владение методами математического моделирования динамических систем;
- навыки работы с программными комплексами для моделирования космических систем;
- умение создавать и тестировать математические модели ориентации, стабилизации и управления движением..

ОПК-8

знания:

- основы динамики полёта и теории управления летательными аппаратами;
- принципы работы и построения систем ориентации, стабилизации, навигации и управления движением;
- современные программные средства для моделирования и динамических расчётов.;

умения:

- проводить расчёты систем управления летательными аппаратами с учётом внешних воздействий и внутренних параметров;
- разрабатывать математические модели взаимодействия подвижного объекта и системы управления;
- использовать специализированное программное обеспечение для построения, тестирования и оптимизации моделей.;

навыки:

- владение методами численного моделирования динамических процессов в системах управления;
- навыки работы с современными программными комплексами для моделирования и анализа динамики полёта..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМИ И УПРАВЛЯЮЩИМИ СИСТЕМАМИ, ДИНАМИКА КОСМИЧЕСКИХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ, НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-8 — Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"
- ПК-1 — Способен к проведению научных исследований и разработке проектных решений в области динамики и систем управления БПЛА
- ПК-И1 — владеет технологиями и инструментами искусственного интеллекта для решения задач профессиональной деятельности
- ПК-И2 — способен применять цифровые производственные системы в области профессиональной деятельности

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | |
|---------------------|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ОПК-7 | ОПК-8 |
| | | | | | | | | | |
| 5 | 9 | Раздел 1. Введение в моделирование космических систем. Физика базовых процессов. 1.1. Введение в моделирование. Подходы: дискретное, событийное, дискретно-событийное. Моделирование сложных технических систем (СТС). 1.2. Этапы моделирования КА: концептуальное, программное, аппаратно-программное, аппаратное. IT-инструменты. 1.3. Баллистика КА: движение центра масс по круговым и эллиптическим орбитам. Кеплеровы элементы, TLE. Внешние факторы. 1.4. Кинематика и динамика углового движения. Системы координат, углы Эйлера, кватернионы. | 22 | 12 | 4 | 8 | 10 | 30 | 30 |
| 5 | 9 | Раздел 2. Раздел 2. Бортовые системы КА и их модели. Язык ANSI C. 2.1. Бортовой комплекс управления КА. Моделирование СУД: датчики и исполнительные органы. 2.2. Моделирование СЭП: солнечные панели, АКБ, баланс энергии, деградация. 2.3. Моделирование информационного обмена: радиолиния, межспутниковая связь. 2.4. Язык ANSI C для бортового ПО. Базовые конструкции, указатели, структуры. Среды разработки (Qt Creator). | 36 | 12 | 4 | 8 | 24 | 30 | 30 |
| 5 | 9 | Раздел 3. Раздел 3. Открытый симулятор «Проект 42». Алгоритмы управления и взаимодействие. 3.1. Обзор ПО «Проект 42»: архитектура, сборка, запуск. Структура исходных данных. 3.2. Разработка бортовой логики: от математического описания к коду. Технология Software-in-the-Loop (SIL). 3.3. Примеры режимов ориентации: солнечная ориентация, ориентация в надири, ориентация на точку. Реализация на ANSI C. 3.4. Аппаратно-программное моделирование: Processor-in-the-Loop (PIL), Hardware-in-the-Loop (HIL). Интеграция с микроконтроллерами. Моделирование информационного взаимодействия. Итоги курса. | 50 | 27 | 9 | 18 | 23 | 40 | 40 |
| Всего за 9 семестр | | | 108 | 51 | 17 | 34 | 57 | 100 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 51 | 17 | 34 | 57 | 100 | 100 |

3.2. Аудиторный практикум

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Тема практического занятия | Объем, ауд. часов |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1 | Раздел 1. Введение в моделирование космических систем. Физика базовых процессов. | Анализ входных файлов «Проекта 42»: изменение параметров орбиты (TLE), времени моделирования. Расчёт баллистических параметров по TLE. Моделирование систем координат (преобразование углов Эйлера, направляющие косинусы). | 4 |
| 2 | | Знакомство со средой Qt Creator. Компиляция и запуск консольного приложения на ANSI C. Установка и сборка «Проекта 42». Проверка работоспособности на тестовом сценарии. | 4 |
| 3 | Раздел 2. Раздел 2. Бортовые системы КА и их модели. Язык ANSI C. | Разработка алгоритма солнечной ориентации (математическая модель + код на ANSI C). Тестирование в «Проекте 42». | 4 |
| 4 | | Моделирование звёздного датчика (генерация кватерниона, шум) и маховика (динамика, ограничения). Интеграция в симулятор. | 4 |
| 5 | Раздел 3. Раздел 3. Открытый симулятор «Проект 42». Алгоритмы управления и взаимодействие. | Расчёт энергобаланса КА: мощность солнечных панелей в зависимости от ориентации. Интеграция модели СЭП в «Проект 42». Анализ влияния ориентации на энергопотребление. | 4 |
| 6 | | Разработка режима ориентации в надири (PID-регулятор, программирование на C, отладка). | 4 |
| 7 | | Разработка режима ориентации на точку (расчёт кватерниона, закон управления). Отработка технологии Software-in-the-Loop (SIL): модификация БПО, перекомпиляция, анализ. | 4 |
| 8 | | Отработка технологии Processor-in-the-Loop (PIL) с использованием одноплатного компьютера | 4 |

| | | |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 9 | Моделирование радиолинии «борт–Земля» (расчёт бюджета по формуле Фрииса, учёт взаимной ориентации антенн) и межспутниковой связи (задержки, пропускная способность). | 2 |
| Всего за 9 семестр | | 34 |

3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

| № п/п | Номер и наименование раздела дисциплины | Содержание учебного задания | Объем, часов |
|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 | Раздел 1. Введение в моделирование космических систем. Физика базовых процессов. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | 10 |
| 2 | Раздел 2. Раздел 2. Бортовые системы КА и их модели. Язык ANSI C. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | 24 |
| 3 | Раздел 3. Раздел 3. Открытый симулятор «Проект 42». Алгоритмы управления и взаимодействие. | Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | 23 |
| Всего за 9 семестр | | | 57 |

4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| СЕМЕСТР | НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------|-----------------|---|------|---|---|----|---|------|------------|----|----|------|----|----|------------|----|-----------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 9 | | | ТекК | | | ДР | | ТекК | Отч. по ПЗ | ДР | | ТекК | | | Отч. по ПЗ | ДР | диф. зач. |

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Отч. по ПЗ – отчет по практическому заданию;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. В. Туманов. . Основы компоновки бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, эл. рес.
2. А. И. Довгялло. . Бортовая энергетика. Самара: СамГУ, 2019, эл. рес.
3. А. М. Сомов, С. Ф. Корнев. . Спутниковые системы связи. Москва: Горячая линия-Телеком, 2018, эл. рес.
4. В. А. Керножицкий, С. В. Козлов, С. И. Марков. . Магнитные системы ориентации, манёвра и навигации космических аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, эл. рес.
5. В. В. Лентовский, Т. Н. Князева, А. В. Герт. . Системы ориентации и наведения беспилотных летательных аппаратов. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 72 экз.
6. Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020, эл. рес.
7. Н. К. Матвеев. . Моделирование возмущённого орбитального движения космического аппарата. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019, 51 экз.

5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

5.3. Периодические издания:

не требуются.

5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://github.com/ericstoneking/42> — оригинальный репозиторий программного комплекса моделирования «Проект 42»;
2. <https://github.com/AlexKulov/42shell> — адаптированный для процесса обучения репозиторий «Проекта 42»;;
3. <https://ura.it.ru> — Главная – Образовательная платформа Юрайт. Для вузов и ссузов;
4. <http://e.lanbook.com> — ЭБС Лань.

Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457 - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

5.5. Программное обеспечение:

1. Набор средств трансляции, компоновки и отладки GCC/GNU Make/GDB;
2. Набор библиотек, средств трансляции, компоновки, отладки и интегрированных средств разработки Qt for Application Development;
3. Распределенная система управления версиями git;
4. Qt Creator 4.11.14.

5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Лекционные занятия:

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

6.2. Практические занятия:

1. Набор средств трансляции, компоновки и отладки GCC/GNU Make/GDB;
2. Набор библиотек, средств трансляции, компоновки, отладки и интегрированных средств разработки Qt for Application Development;
3. Распределенная система управления версиями git;
4. Qt Creator 4.11.14.

6.3. Прочее:

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

Аннотация рабочей программы

Дисциплина **МОДЕЛИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ** является дисциплиной **обязательной части блока 1** программы подготовки по направлению 24.05.06 *Системы управления летательными аппаратами*. Дисциплина реализуется на факультете А Ракетно-космическая техника БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой А5 ДИНАМИКА И УПРАВЛЕНИЕ ПОЛЕТОМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ОПК-7 Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения;

ОПК-8 Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)".

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с вопросами проектирования, производства и эксплуатации космических аппаратов (КА), включая этапы моделирования, баллистику, кинематику и динамику углового движения, моделирование бортовых систем и алгоритмов управления.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

Текущий контроль успеваемости студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию.

Промежуточная аттестация проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 з.е., **108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**17 ч.**), практические занятия (**34 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

| Наименование работы | Рекомендуемая литература | Трудоемкость, час. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Раздел 1. Введение в моделирование космических систем. Физика базовых процессов. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | Е. А. Микрин, Ф. В. Звягин. . Введение в механику полёта и управление космическими аппаратами: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (2-5) Н. К. Матвеев. . Моделирование возмущённого орбитального движения космического аппарата: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1,2) | 10 |
| Итого по разделу 1 | | 10 |
| Раздел 2. Раздел 2. Бортовые системы КА и их модели. Язык ANSI C. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | А. В. Туманов. . Основы компоновки бортового оборудования пилотируемых космических аппаратов: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2020 (1-5) А. М. Сомов, С. Ф. Корнев. . Спутниковые системы связи: Москва: Горячая линия-Телеком, 2018 (1-5) | 24 |
| Итого по разделу 2 | | 24 |
| Раздел 3. Раздел 3. Открытый симулятор «Проект 42». Алгоритмы управления и взаимодействие. | | |
| Изучение предусмотренных программой дидактических единиц по конспектам лекций и рекомендуемой литературе. | А. И. Довгялло. . Бортовая энергетика: Самара: СамГУ, 2019 (1-3) В. В. Лентовский, Т. Н. Князева, А. В. Герт. . Системы ориентации и наведения беспилотных летательных аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2019 (1-4) В. А. Керножицкий, С. В. Козлов, С. И. Марков. . Магнитные системы ориентации, манёвра и навигации космических аппаратов: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1-3) | 23 |
| Итого по разделу 3 | | 23 |

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- отчет по практическому заданию;
- дифференцированный зачет.

Критерии оценивания

Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

Вопросы для текущего контроля

Студенту предлагается 3 вопроса по результатам прохождения раздела, на которые необходимо дать правильный ответ. Вопросы для текущего контроля приведены в УМК дисциплины.

Отчет по практическому заданию

Комплект практических заданий входит в состав УМК дисциплины.

При оформлении отчета по практическому заданию требуется руководствоваться следующими рекомендациями:

- В начале описательной части отчета излагается содержание, приводятся схема, математическая модель, исходные данные для расчетного варианта, метод решения.
- Все вычисления проводятся подробно, сопровождаясь необходимыми пояснениями. Все вычисления заносятся в таблицы.
- Табличные данные представляются также в виде графиков, условные обозначения и размерности откладываемых по осям величин указываются в принятых по ГОСТ сокращениях.
- При выполнении расчетов с использованием ЭВМ нужно обязательно приводить распечатки (листинг) программ.
- По каждому ПЗ студент должен представить выводы на основании выполненных расчетов.

Отчет не может быть принят и подлежит доработке в случае:

- отсутствия необходимых разделов,
- отсутствия необходимого графического материала.

Студент обязан выполнять все ПЗ в срок и сдавать их преподавателю согласно графику мероприятий межсессионного контроля.

Защита отчета проходит в форме доклада студента по выполненному заданию и ответов на вопросы преподавателя.

Отчет по ПЗ считается принятым в случае, если оформление отчета соответствуют указанным требованиям, и студент ответил не менее чем на 60% вопросов преподавателя по теме ПЗ.

Дифференцированный зачет

Промежуточный контроль по дисциплине проходит в форме дифференцированного зачета.

Допуск к дифференцированному зачету оформляется при условии полного выполнения всех мероприятий, предусмотренных графиком контрольных мероприятий.

Дифференцированный зачет проводится в форме ответов на два вопроса. Комплект вопросов входит в состав УМК дисциплины.

Итоги сдачи дифференцированного зачета оцениваются следующим образом:

- полный правильный ответ на оба вопроса – зачтено-отлично;
- полный правильный ответ на один из вопросов с дополнительным собеседованием по второму – зачтено-хорошо;
- неполные ответы на оба вопроса с дополнительным собеседованием по их тематике – зачтено-удовлетворительно;
- неправильные ответы и не готовность к собеседованию по темам билета – не зачтено.

Паспорт фонда оценочных средств

| КУРС | СЕМЕСТР | Наименование разделов и дидактических единиц | ВСЕГО | Аудиторные занятия в контактной форме | | | Самостоятельная работа студентов | Формируемая компетенция, % | | НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА |
|---------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------|--------|----------------------|----------------------------------|----------------------------|-------|---------------------------------------------------------------|
| | | | | ВСЕГО | Лекции | Практические занятия | | ОПК-7 | ОПК-8 | |
| 5 | 9 | Раздел 1. Введение в моделирование космических систем. Физика базовых процессов. | 22 | 12 | 4 | 8 | 10 | 30 | 30 | Вопросы для текущего контроля |
| 5 | 9 | Раздел 2. Раздел 2. Бортовые системы КА и их модели. Язык ANSI C. | 36 | 12 | 4 | 8 | 24 | 30 | 30 | Отчет по практическому заданию, Вопросы для текущего контроля |
| 5 | 9 | Раздел 3. Раздел 3. Открытый симулятор «Проект 42». Алгоритмы управления и взаимодействие. | 50 | 27 | 9 | 18 | 23 | 40 | 40 | Отчет по практическому заданию, Вопросы для текущего контроля |
| Всего за 9 семестр | | | 108 | 51 | 17 | 34 | 57 | 100 | 100 | |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 51 | 17 | 34 | 57 | 100 | 100 | |

ОПК-7 - Способен на основе системного подхода анализировать работу систем управления летательными аппаратами различного назначения, как объектов ориентации, стабилизации, навигации, управления движением, а также создавать математические модели, позволяющие прогнозировать тенденцию их развития как объектов управления и тактики их применения

- № 1 Прочитайте текст и установите последовательность
Установите правильную последовательность действий при разработке и отработке алгоритма управления КА по технологии X-in-the-Loop (от раннего этапа к позднему):
1. Processor-in-the-Loop
 2. Model-in-the-Loop
 3. Hardware-in-the-Loop
 4. Software-in-the-Loop
- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Поясните, как учитываются внешние факторы (солнечное давление, магнитное поле Земли, сопротивление атмосферы) в моделях движения КА. Какие упрощения обычно используются?
- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ
Опишите этапы моделирования космического аппарата (концептуальный, программный, аппаратно-программный, аппаратный). Приведите примеры задач, решаемых на каждом этапе. Какие IT-инструменты используются?
- № 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов
Какие из перечисленных возмущающих факторов учитываются при моделировании движения космического аппарата на низкой околоземной орбите?
- а) Сопротивление атмосферы
 - б) Магнитное поле Земли
 - в) Давление солнечного излучения
 - г) Гравитационное влияние Луны и Солнца
 - д) Влияние межзвёздной среды
- № 5 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите тип моделирования с его описанием:
- | Тип моделирования | Описание |
|--------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Model-in-the-Loop (MIL) | А) Исполнение кода БПО на реальном микроконтроллере, подключённом к симулятору |
| 2. Software-in-the-Loop (SIL) | Б) Моделирование динамики и алгоритмов в среде без привязки к реальному процессору |
| 3. Processor-in-the-Loop (PIL) | В) Компиляция и исполнение БПО на том же процессоре, что и симулятор, с реальным кодом |
| 4. Hardware-in-the-Loop (HIL) | Г) Включение в контур моделирования реального оборудования |
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
Соотнесите систему координат с её определением:

Система координат Определение

1. Связанная (body)

2. Скоростная (wind)

3. Орбитальная (LVLH)

4. Стартовая (launch)

А) Ось X направлена по вектору скорости, Z – вниз (к Земле)

Б) Начало в центре масс, оси жестко связаны с корпусом КА

В) Ось X по вектору скорости, ось Z – к центру Земли

Г) Ось X – направление стрельбы, ось Y – вверх, Z – дополняет

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие элементы орбиты подвержены только периодическим возмущениям вследствие возмущающего влияния от нецентральности гравитационного поля Земли?

1. наклонение орбиты к плоскости экватора;

2. долгота восходящего узла орбиты;

3. аргумент перигея;

4. эксцентриситет орбиты;

№ 8 Прочитайте текст и установите последовательность

Установите последовательность шагов при компиляции и запуске пользовательского кода в «Проекте 42»:

1. Запуск симулятора с новым исполняемым файлом

2. Добавление файла с функцией режима в каталог src/

3. Перекомпиляция проекта с помощью make или CMake

4. Описание функции в заголовочном файле и вызов в планировщике/

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

При совершении двухимпульсного маневра между некомпланарными орбитами, в какой точке выгоднее всего совершать поворот плоскости орбиты?

1. Поворот плоскости орбиты следует производить там, где скорость КА максимальна;

2. Поворот плоскости орбиты следует совершать при изменении направления траектории;

3. Поворот плоскости орбиты следует совершать при проведении первого импульса;

4. Поворот плоскости орбиты следует производить там, где скорость КА минимальна

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие преимущества даёт использование открытого ПО «Проект 42» в образовательном процессе?

a) Возможность модификации исходного кода

b) Высокая скорость моделирования (ANSI C)

c) Наличие графического интерфейса без программирования

d) Бесплатное распространение и отсутствие лицензионных ограничений

е) Полная поддержка космической динамики (угловой и орбитальной)

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой метод интегрирования уравнений движения наиболее часто используется в симуляторах космической динамики благодаря хорошему соотношению точности и вычислительной эффективности?

а) Метод Эйлера

б) Метод Рунге-Кутты 4-го порядка

с) Метод Верле

д) Метод Адамса-Башфорта

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой формат файлов содержит двухстрочные элементы (TLE) для описания орбиты?

а) XML

б) Текстовый файл с двумя строками фиксированной длины

с) JSON

д) CSV

№ 13 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Опишите архитектуру и принцип работы открытого симулятора «Проект 42». Какие типы моделирования (MIL, SIL, PIL) он поддерживает и как?

ОПК-8 - Способен проводить динамические расчеты систем управления летательными аппаратами, применять методики математического и полунатурного моделирования динамических систем "подвижный объект - система управления (система ориентации, стабилизации, навигации, управления движением)"

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие данные необходимы для запуска сценария моделирования в «Проекте 42»?

а) Файл с параметрами орбиты (Orb_.txt)

б) Файл конфигурации КА (SC_.txt)

с) Файл сценария моделирования (Inp_Sim.txt)

д) Файл с текстовым описанием миссии на естественном языке

е) Файл команд (Inp_Cmd.txt)

№ 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Объясните технологию Processor-in-the-Loop (PIL) на примере отработки алгоритма ориентации. Какие аппаратные и программные компоненты необходимы?

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Поясните, как рассчитывается энергобаланс космического аппарата. Какие параметры солнечных панелей и аккумуляторов влияют на возможность выполнения целевой работы?

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

В качестве орбиты наиболее часто используются:

1. Круговая орбита, расположенная ниже орбиты орбитальной станции

2. Круговая орбита, расположенная выше орбиты орбитальной станции

3. Параболическая орбита, расположенная выше орбиты орбитальной станции

4. Эллиптическая орбита, апогей которой касается орбиты орбитальной станции
- № 5 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
- Что из перечисленного является исполнительным органом системы управления движением КА?
- а) Звёздный датчик
 - б) Маховик (реактивное колесо)
 - в) Солнечная батарея
 - г) Радиоприёмник
- № 6 Прочитайте текст и установите соответствие
- Соотнесите режим ориентации с его целевой функцией:
- 1. Солнечная ориентация
 - 2. Ориентация в надир
 - 3. Ориентация на точку
 - 4. Инерциальная стабилизация
- А) Ось прибора направлена на заданную точку на Земле
 - Б) Панели развёрнуты к Солнцу для зарядки АКБ
 - В) Ось наблюдения направлена в центр Земли
 - Г) Сохранение углового положения относительно звёзд
- № 7 Прочитайте текст и установите соответствие
- Соотнесите элемент бортовой аппаратуры с его моделью в «Проекте 42»:
- 1. Звёздный датчик
 - 2. Маховик
 - 3. Солнечная панель
 - 4. Магнитометр
- А) Вычисление кватерниона на основе орбиты и времени
 - Б) Уравнение момента импульса с ограничением по скорости
 - В) Выработка тока в зависимости от угла падения лучей и деградации
 - Г) Вычисление вектора магнитного поля по модели IGRF
- № 8 Прочитайте текст и установите последовательность
- Расположите участки траектории выведения КА на круговую орбиту в порядке следования:
- 1. Вертикальный участок
 - 2. Участок разворота
 - 3. Пассивный полёт (выключение двигателя)
 - 4. Участок завала (довыведение)
- № 9 Прочитайте текст и установите последовательность
- Установите последовательность шагов при расчёте энергобаланса КА для заданного сценария:
- 1. Вычисление мощности солнечных панелей с учётом ориентации
 - 2. Определение тока заряда/разряда АКБ

3.Задание профиля энергопотребления нагрузки

4.Проверка условия достаточности энергии для выполнения целевой работы

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Что такое кватернион в задачах ориентации КА?

- a) Угол между плоскостью орбиты и экватором
- b) Четырёхмерное число для описания поворота без сингулярностей
- c) Матрица направляющих косинусов
- d) Параметр, характеризующий эксцентриситет орбиты

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Какие режимы ориентации были реализованы в рамках доработки «Проекта 42»?

- a) Солнечная ориентация
- b) Ориентация в надир
- c) Ориентация на заданную точку
- d) Ориентация по вектору магнитного поля
- e) Ориентация в орбитальной системе координат (LVLH)

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Какой язык программирования используется в «Проекте 42» для моделирования динамики?

- a) Python
- b) C++
- c) ANSI C
- d) Fortran