



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. проректора

А.В. Троицкий

« ____ » _____ 2023 г.

**ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И
ТЕХНОЛОГИЙ**

**КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

ДИСЦИПЛИНЫ

**«УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (ПРОФИЛЬ 1 НИИ КС) (МОДУЛЬ):
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ»**

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления технологическими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе профессиональной образовательной программы.

Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

Автор: к.т.н., доцент Пшеняник В.Г. **Рабочая программа дисциплины:** Управление и информационные технологии в космических системах (профиль 1 НИИ КС) (модуль): Системы управления ракет-носителей и космических аппаратов. – Королев МО: «Технологический университет», 2023 г.

Рецензент: д.т.н., профессор Вокин Г.Г.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 27.03.04 «Управление в технических системах» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Технологического университета. Протокол № 9 от 11 апреля 2023 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Артюшенко В.М., д.т.н., профессор 			
Год утверждения (переутверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 12 от 05.04.2023			

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП



к.т.н., доц. Е.Н. Дмитренко

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переутверждения)	2023			
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11. 04.2023			

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП

Целью изучения дисциплины «Системы управления ракет-носителей и космических аппаратов» является формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам владения специализированной базой знаний по методологии применения систем управления, навигации, ориентации и стабилизации РН и КА. Студенты должны получить научно-обоснованные сведения о принципах управления ракет-носителей и космических аппаратов. Изучение дисциплины содействует формированию системного мышления.

В процессе обучения студент приобретает и совершенствует следующие компетенции:

профессиональные компетенции

- способность проводить исследования электронных средств и электронных систем БКУ АКА (ПК-1);
- способность составлять паспорта проекта или программы в РКП (ПК-5).

Основными **задачами** изучения дисциплины являются:

- изучение основных математических, технических методов и средств систем управления РН и КА, применяемых при проектировании и эксплуатации космических систем;
- освоение основных способов и методов исследования и создания систем управления РН и КА;
- получение теоретических знаний по системам управления РН и КА.

После завершения освоения данной дисциплины студент должен необходимые знания:

- Языки программирования и языки поведенческого описания; аналоговую и цифровую схемотехнику, дисциплины естественнонаучного и математического цикла в рамках основной профессиональной образовательной программы.
- Требования стандартов по оформлению паспорта проекта или программы РКП.
- Российские и международные стандарты руководства качеством

необходимые умения:

- Осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, применяя современные, компьютерные и сетевые технологии. Работать с современными системами автоматизированного проектирования и системами электронного документооборота.
- Осваивать новые образцы программных, технических и информационных технологий.

- Анализировать проектные данные с учетом перспектив развития РКП.
- Оценивать влияние изменений по проекту на технические параметры проекта в РКП

трудовые действия:

- Методами теоретических исследований электронных систем БКУ АКА.
- Навыками разработки рекомендаций и заключений по использованию результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ электронных средств и электронных систем БКУ АКА.
- Методами показателей качества проекта или программы в РКП

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина **Управление и информационные технологии в космических системах (профиль НИИ КС) (модуль): Системы управления ракет-носителей и космических аппаратов** относится к дисциплинам по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений, основной образовательной программы подготовки бакалавров по направлению подготовки 27.03.04 «Управление в технических системах».

Изучение данной дисциплины базируется на ранее изученных дисциплинах: «Математическая логика и теория алгоритмов», «Дифференциальные уравнения», «Экология», «Теория сигналов и методы их обработки», и компетенциях: ОПК-1,4,8,9,11.. Основные положения дисциплины должны быть использованы в дальнейшем при выполнении выпускной квалификационной работы бакалавра.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для студентов очной формы обучения составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр седьмой
Общая трудоемкость	72	72
Аудиторные занятия	32	32
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Самостоятельная работа	40	40
Курсовые работы, проекты	-	-
Контрольная работа, домашнее задание	+ -	+ -
Текущий контроль знаний (7 - 8, 15 - 16 недели)	Тест	тест
Вид итогового контроля	Зачет	Зачет

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час	Практические занятия, час	Занятия в интерактивной форме, час	Код компетенций
Тема 1. Сущность и задачи систем управления РН и КА.	2	-	2	ПК-1, ПК-5
Тема 2. Классификация задач систем управления полетом РН и КА.	2	-	2	
Тема 3. Системы ориентации и стабилизации РН и КА.	2	4		
Тема 4. Методы ориентации и стабилизации РН и КА.	2	2	2	
Тема 5. Системы навигации и наведения РН и КА	2	2	2	
Тема 6. Системы координат и уравнения, используемые для описания движения РН и КА.	2	4		
Тема 7. Инерциальные навигационные системы.	2	4		
Тема 8. Системы управления РН и КА.	2	2		
Итого	16	16	8	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Сущность и задачи систем управления РН и КА

Исторический обзор развития систем управления РН и КА и содержание курса. Задачи дисциплины и методы их изучения. Актуальность дисциплины. Место системы управления РН и КА в процессе разработки и эксплуатации комплекса управляемого ЛА. Сущность и задачи систем управления РН и КА. Общие сведения о системах управления. Требования к бортовой аппаратуре систем управления.

Тема 2. Классификация задач систем управления полетом РН и КА

Состав и назначение системы управления РН и КА. Управление движением центра масс КА. Классификация задач наведения и навигации. Движение КА относительно центра масс. Управление движением относительно центра масс КА. Классификация систем ориентации и стабилизации КА.

Тема 3. Системы ориентации и стабилизации РН и КА

Определение ориентации и стабилизации РН и КА. Уравнения движения относительно центра масс КА. Упрощенные уравнения движения относительно центра масс КА. Управление угловым движением КА с помощью: реактивных двигателей, двигателей-маховиков, гироскопического стабилизатора, магнитопривода. Задачи и возможный состав системы управления движением относительно центра масс КА. Гироскопы и инерциальные датчики. Свойства гироскопа. Гироскопические приборы системы стабилизации. Гиростабилизаторы. Астроприборы ориентации КА. Рекомендации по работе над материалом курса. Основные обозначения и принятая терминология. Обобщенная схема систем ориентации и стабилизации КА.

Тема 4. Методы ориентации и стабилизации РН и КА

Система гравитационной стабилизации КА. Аэродинамическая стабилизация КА. Стабилизация КА вращением. Управление движением КА относительно центра масс при помощи реактивных двигателей. Использование системы двигателей-маховиков для управления движением КА относительно центра масс. Системы разгрузки двигателей-маховиков. Принципы действия и свойства гироскопов. Датчики угловых скоростей на основе двухстепенных гироскопов. Одноосные гиростабилизаторы. Гиростабилизированные платформы. Требования к системам ориентации и стабилизации РН и КА.

Тема 5. Системы навигации и наведения РН и КА.

Принципы действия и основные отличия глобальных навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС и GPS. Обобщенная схема и принцип действия навигационного приемника ГЛОНАСС/ GPS. Астроприборы навигации КА. Астронавигации КА по отдельным астрономическим ориентирам. Астроориентация по участку звездного неба. Звездные камеры. Бортовой радиовысотомер. Задачи наведения (маневрирования) КА. Принципы построения систем наведения КА. Программное управление (метод «жестких траекторий»). Терминальное управление (метод «Гибких траекторий»). Требования к системам навигации и наведения РН и КА.

Тема 6. Инерциальные навигационные системы

Инерциальные навигационные системы на основе гиростабилизированных платформ. Акселерометры. Лазерные гироскопы. Интегрированные инерциальные навигационные системы. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС). Навигационное уравнение БИНС. Коррекция БИНС по сигналам систем ГЛОНАСС/GPS.

Тема 7. Системы координат и уравнения, используемые для описания движения РН и КА

Абсолютная система координат. Гринвичская система координат. Орбитальная система координат. Связанная система координат. Стартовая система координат. Уравнения невозмущенного движения центра масс КА. Уравнения возмущенного движения центра масс КА. Прогнозирование параметров движения центра масс КА. Расчет текущих параметров движения центра масс КА. Уравнения

движения относительно центра масс РН и КА. Уравнения Эйлера. Упрощенный вид уравнений Эйлера.

Тема 8. Системы управления движением РН и КА

Общая схема движения РН при выводе КА на орбиту. Силы, действующие на РН. (Сила притяжения Земли. Аэродинамические силы. Сила тяги реактивного двигателя. Силы органов управления. Моменты сил, действующих на РН. Уравнения движения РН). Моменты сил, действующих на КА. Момент гравитационных сил. Момент аэродинамических сил. Магнитный момент. Момент от сил светового давления. Структурная схема управления автоматического КА. Структурная схема управления пилотируемого КА. Бортовые цифровые вычислительные машины. Системы управления малых КА дистанционного зондирования Земли. Системы управления РН. Кинематические уравнения углового движения РН. Инерциальные системы управления РН. Система угловой стабилизации и наведения РН. Исполнительные органы управления РН.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине

1. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.
2. Методические указания для обучающихся по выполнению контрольных работ.

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведена в Приложении 1.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Дудко, Б.П. Космические радиотехнические системы : учебное пособие / Б.П. Дудко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2021. - 291 с. : - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208643>
2. Кириллов, А.А. Основы электропривода летательных аппаратов : учебное пособие / А.А. Кириллов, В.Г. Стеблецов. - М. : БИБЛИО-ГЛОБУС, 2021. - 208 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229655>
3. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении : учебное пособие / В.И. Круглов, А.С. Чумадин, В.И. Ершов, В.В. Курицына. - М. : Логос, 2021. - 432 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=85026>

Дополнительная литература:

1. Легкий, В.Н. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения : учебник / В.Н. Легкий, Б.В. Галун, О.В. Санков. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 457 с. - ISBN 978-5-7782-1777-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=1355955>.
2. Тяпкин, В.Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС / В.Н. Тяпкин, Е.Н. Гарин. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 260 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229187>
3. Алешечкин, А.М. Определение угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем : монография / А.М. Алешечкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. - 176 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364550>
4. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. Москва, БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011.
5. Зеленцов В.В. Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. www.toroid.ru/sherbinaUV.html - сайт ТОРОИД полезные статьи и материалы
2. http://www.security-bridge.com/biblioteka/stati_po_bezopasnosti/topologiya_seti_i_raschet_propusknoj_sposobnosti/ - Гонта А.С. Топология сети и расчет пропускной способности
3. <https://www.glonass-iac.ru/> - федеральное космическое агентство.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приведены в Приложении 2.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения: LifleOffice, VisSim.

Информационные справочные системы: не предусмотрено курсом данной дисциплины.

Ресурсы информационно-образовательной среды Университета:

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Системы управления ракет-носителей и космических аппаратов».

11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран).
- комплект электронных презентаций / слайдов на темы лекций №1-8.

Практические занятия:

- учебный класс, оснащенный вычислительной техникой (ПК), программами для компьютерного моделирования систем управления.
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами.

**Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся
по дисциплине**

***ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И
ТЕХНОЛОГИЙ***

***КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ***

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ
ДИСЦИПЛИНЫ**

**«УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (ПРОФИЛЬ 1 НИИ КС) (МОДУЛЬ):
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ»**

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления технологическими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				необходимые знания	необходимые умения	трудовые действия
1.	ПК-1	Способен проводить исследования электронных средств и электронных систем БКУ АКА	<p>Тема 1. Сущность и задачи систем управления РН и КА.</p> <p>Тема 2. Классификация задач систем управления полетом РН и КА.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Языки программирования и языки поведенческого описания; аналоговую и цифровую схемотехнику, дисциплины естественнонаучного и математического цикла в рамках основной профессиональной образовательной программы. 	<ul style="list-style-type: none"> Осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, применяя современные, компьютерные и сетевые технологии.. Работать с современными системами автоматизированного проектирования и системами электронного документооборота. Осваивать новые образцы программных, технических и информационных технологий. Анализировать проектные данные с учетом перспектив развития РКП. Оценивать влияние изменений по проекту на технические параметры проекта в РКП 	<ul style="list-style-type: none"> Методами теоретических исследований электронных систем БКУ АКА. Навыками разработки рекомендаций и заключений по использованию результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ электронных средств и электронных систем БКУ АКА. Методами показателей качества проекта или программы в РКП
2.	ПК-5	Способен составлять паспорта проекта или программы в РКП	<p>Тема 3. Системы ориентации и стабилизации.</p> <p>Тема 4. Методы ориентации и стабилизации РН и КА.</p> <p>Тема 5. Системы навигации и наведения РН и КА.</p> <p>Тема 6. Системы координат и уравнения, используемые для описания движения РН и КА.</p> <p>Тема 7. Инерциальные навигационные системы.</p> <p>Тема 8. Системы управления движением РН и КА.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Требования стандартов по оформлению паспорта проекта или программы РКП. Российские и международные стандарты руководства качеством 	<ul style="list-style-type: none"> Работать с современными системами автоматизированного проектирования и системами электронного документооборота. Осваивать новые образцы программных, технических и информационных технологий. Анализировать проектные данные с учетом перспектив развития РКП. Оценивать влияние изменений по проекту на технические параметры проекта в РКП 	<ul style="list-style-type: none"> Методами теоретических исследований электронных систем БКУ АКА. Навыками разработки рекомендаций и заключений по использованию результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ электронных средств и электронных систем БКУ АКА. Методами показателей качества проекта или программы в РКП

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструменты, оценивающие сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ПК-1	Практическое задание	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на высоком уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> •компетенция освоена на продвинутом уровне – 4 балла; •компетенция освоена на базовом уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция не освоена) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в письменной форме</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Задание сделано (5 баллов). 2. Задание сделано с небольшой ошибкой (4 балла). 3. Задание выполнено не до конца (3 балла). 4. Задание не выполнено (2 балла). 5.Оригинальность подхода к выполнению задания (+1 балл к 5 баллам). <p>Максимальная сумма баллов - 6 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
ПК-5	Реферат Выступление с докладом	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на высоком уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> •компетенция освоена на продвинутом уровне – 4 балла; •компетенция освоена на базовом уровне – 3 балла; <p>В) не сформирована (компетенция не освоена) – 2 и менее баллов</p>	<p>1. Проводится в форме выступления с докладом и презентацией</p> <p>2.Время, отведенное на процедуру – 10 - 15 мин.</p> <p>Неявка – 0.</p> <p>Критерии оценки:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1.Соответствие доклада заявленной тематике (0-5 баллов). <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля. Оценка проставляется в электронный журнал.</p>

3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Контрольное задание:

Для текущего контроля успеваемости используются опросы и оценка заданий, выданных на практических занятиях.

Тематика письменных заданий:

1. Методика расчёта технических параметров систем ориентации и стабилизации, применяемых на РН.
2. Методика расчёта технических параметров систем ориентации и стабилизации с использованием двигателей-маховиков, применяемых на КА.
3. Методика расчёта технических параметров систем разгрузки двигателей-маховиков с использованием реактивных двигателей, применяемые на КА.
4. Методика расчёта технических параметров систем электромагнитной разгрузки двигателей-маховиков, применяемых на КА.
5. Методика расчёта движения РН и КА относительно центра масс.
6. Методика расчета и прогнозирования движения центра масс РН и КА.
7. На основании приведенных данных исследовать динамику управления движением, приборный состав и принципы систем навигации, наведения, ориентации и стабилизации РН и КА.

Примерная тематика реферата:

1. Методы ориентации и стабилизации космических аппаратов дистанционного зондирования Земли.
2. Методы навигации и наведения космических аппаратов.
3. Методы навигации космических аппаратов дистанционного зондирования Земли и спутников связи.
4. Методы измерения угловых координат космических аппаратов.
5. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС).

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Формой контроля знаний по дисциплине являются две текущие аттестации в виде тестов и одна промежуточная аттестация в виде экзамена в устной форме.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающий знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
--------------------------	-------------------------	---	--------------------------------	-------------------------	------------------------------	---

согласно графика учебного процесса	тестирование	ПК-1, ПК-5	22 вопроса	Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру -30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 61%. Отлично – от 81%.
согласно графика учебного процесса	тестирование	ПК-1, ПК-5	33 вопроса	Компьютерное тестирование; время отведенное на процедуру – 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка -0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 61%. Отлично – от 81%. Максимальная оценка – 5 баллов.
согласно графика учебного процесса	зачет	ПК-1, ПК-5	2 вопроса, 1 практическое задание	Зачет проводится в письменной форме, путем ответа на вопрос и решения практического задания. Время отведенное на процедуру – 0,35 часа на студента.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	Критерии оценки: «Зачтено»: знание основных понятий предмета; умение использовать и применять полученные знания на практике; работа на практических занятиях; знание основных научных теорий, изучаемых предметов; ответ на вопросы билета. «Не зачтено»: демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; незнание основных понятий предмета; неумение использовать и применять полученные знания на практике; не работал на практических занятиях; не отвечает на вопросы.

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

4.1. Типовые задания на тестирование

По дисциплине проводятся две текущие аттестации в виде защиты письменных заданий. По форме заданий предоставляется письменный отчет. Содержание отчёта должно соответствовать заданию, а также выполняется полное проведение расчетов и обоснований.

Предлагаются вопросы и задания №1-22 (неделя текущего контроля 7-8).

1. Определение понятия "управление ориентацией и стабилизацией РН".

2. Определение понятия "управление ориентацией и стабилизацией КА".
4. Основные системы координат, применяемые при изучении движения РН.
5. Основные системы координат, применяемые при изучении движения КА.
6. Основные системы координат, применяемые при управлении ориентацией и стабилизацией РН.
7. Основные системы координат, применяемые при управлении ориентацией и стабилизацией КА.
8. Общая схема выведения РН при выводе КА на орбиту.
9. Силы, действующие на РН и КА.
10. Сила притяжения Земли.
11. Аэродинамические силы.
12. Сила тяги реактивного двигателя.
13. Моменты сил, действующих на РН и КА.
14. Общие сведения о системах управления.
15. Структурная схема системы ориентации и стабилизации КА.
16. Назначение гироскопа и инерциальных датчиков.
17. Свойства гироскопа.
18. Гироскопические приборы системы стабилизации.
19. Определение абсолютной системы координат.
20. Определение гринвичской системы координат.
21. Определение орбитальной системы координат.
22. Определение связанной системы координат.

Предлагаются вопросы и задания №1-33 (неделя текущего контроля 15-16).

1. Общее уравнение движения КА.
2. Общее уравнение движения РН.
3. Силы, действующие на РН.
4. Силы, действующие на КА.
5. Моменты сил, действующих на КА.
6. Момент гравитационных сил.
7. Момент аэродинамических сил.
8. Магнитный момент.
9. Момент от сил светового давления.

10. Задачи и возможный состав системы управления движением центра масс КА.
11. Классификация систем управления КА.
12. Управление угловым движением КА с помощью реактивных двигателей.
13. Управление угловым движением КА с помощью двигателей-маховиков.
14. Управление угловым движением КА с помощью гироскопического стабилизатора.
15. Управление угловым движением КА с помощью магнитопривода.
16. Система управления движением и навигации КА.
17. Уравнения движения КА относительно центра масс.
18. Кинематические соотношения Пуассона.
19. Приборы, используемые в системах ориентации и стабилизации РН.
20. Приборы, используемые в системах ориентации и стабилизации КА.
21. Назначение реактивных двигателей КА.
22. Определение бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС).
23. Принцип использования системы двигателей-маховиков для управления движением КА относительно центра масс.
24. Стабилизация КА вращением.
25. Система гравитационной стабилизации КА.
26. Ориентация КА в магнитных полях Земли.
27. Общее уравнение движения КА относительно центра масс.
28. Сущность астрокоррекции БИНС.
29. Системы управления РН.
30. Требования к системе управления РН.
31. Система наведения. Регулятор кажущейся скорости.
32. Система стабилизации.
33. Органы управления РН.

4.2. Типовые вопросы, выносимые на экзамен

1. Задачи управления движением центра масс и относительно центра масс.
2. Моменты внешних сил, действующих на КА.
3. Задачи навигации и наведения (маневрирования) КА.
4. Принципы построения систем наведения КА.
5. Требования к системам навигации и наведения КА.

6. Задачи, решаемые системами ориентации и стабилизации КА.
7. Способы ориентации и стабилизации КА (активные, пассивные и комбинированные).
8. Классификация систем ориентации и стабилизации по видам чувствительных элементов и исполнительных органов.
9. Обобщенная структура систем ориентации и стабилизации КА.
10. Требования к системам ориентации и стабилизации КА.
11. Типы гироскопических стабилизаторов.
12. Принцип действия датчика угловой скорости (ДУС) на основе двухстепенного гироскопа.
13. Принцип действия и состав инерциальных навигационных систем (ИНС) на основе гиростабилизированных платформ (ГСП).
14. Принцип действия бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС). Навигационное уравнение БИНС.
15. Системы координат, применяемые при изучении движения РН и КА.
16. Уравнения движения КА относительно центра масс. Динамические уравнения Эйлера.
17. Кинематические уравнения углового движения РН
18. Уравнения движения центра масс КА.
19. Назначение и структура системы управления РН.
20. Система угловой стабилизации РН.
21. Система наведения РН. Система регулирования кажущейся скорости.
22. Обобщенная структура и принцип действия приемника ГЛОНАСС/GPS.
23. Задачи приборов астронавигации и астроориентации КА. Требования к астроприборам ориентации и навигации КА.
24. Астронавигация по отдельным астрономическим ориентирам. Астроориентация по участку звездного неба. Звездные камеры.
25. Структурные схемы систем управления автоматического и пилотируемого КА. Состав бортового комплекса управления.

***ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И
ТЕХНОЛОГИЙ***

***КАФЕДРА ИНФОРМАЦИОННЫХ
ТЕХНОЛОГИЙ И УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ***

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ
ДИСЦИПЛИНЫ**

**«УПРАВЛЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В
КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ (ПРОФИЛЬ 1 НИИ КС) (МОДУЛЬ):
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ И КОСМИЧЕСКИХ
АППАРАТОВ»**

Направление подготовки: 27.03.04 Управление в технических системах

Профиль: Информационные системы и средства управления технологическими процессами

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Королев
2023

1. Общие положения

Цель дисциплины: формирование у бакалавров теоретических знаний и практических навыков по вопросам по методологии применения систем управления, навигации, ориентации и стабилизации ракет-носителей и космических аппаратов. Изучение дисциплины содействует формированию системного мышления.

Задачи дисциплины:

- ознакомление с основными математическими, техническими методами и средствами систем управления РН и КА, применяемых при проектировании и эксплуатации космических систем;
- обучение основным способам и методам исследования и создания систем управления РН и КА;
- изучение теоретических знаний по системам управления РН и КА.

2. Указания по проведению практических занятий

Образовательные технологии:

Технологии формирования ключевых компетентностей; мозговой штурм, круглый стол.

Тема 1. Сущность и задачи систем управления РН и КА.

Учебные вопросы

1. Общие сведения о системах управления. Требования к бортовой аппаратуре системы управления. Система наведения. Система навигации. Система ориентации и стабилизации
2. Органы управления. Определение ориентации и стабилизации РН и КА. Управление угловым движением КА с помощью: реактивных двигателей, двигателей-маховиков, гироскопического стабилизатора, магнитопривода.
3. Задачи и возможный состав системы управления движением центра масс КА. Гироскопы и инерциальные датчики. Инерциальные навигационные системы. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы.

Задание 1. Рассмотреть пример измерения акселерометром разности гравитационных ускорений на гипотетическом космическом аппарате, движущемся у поверхности Земли, когда центры тяготения корпуса КА и сейсмической (инерционной) массы акселерометра не совпадают.

Исходные данные:

$R = 6370$ км – расстояние от центра тяготения Земли до центра тяготения КА;

$g = 9,8$ м/с² – ускорение силы тяжести у поверхности Земли;

$\Delta R = 10$ м – разность расстояний от центра тяготения Земли до центров тяготения корпуса КА и сейсмической (инерционной) массы акселерометра.

Определить разность гравитационных ускорений в центрах тяготения корпуса КА и сейсмической массы акселерометра.

Определить порог чувствительности (разрешение) акселерометра, необходимый для измерения разности гравитационных ускорений такого порядка с точностью 1%.

Продолжительность занятия 2 часа.

Тема 2. Классификация задач систем управления полетом РН и КА

Учебные вопросы

1. Классификация задач систем навигации и наведения РН и КА.
2. Классификация задач систем ориентации и стабилизации РН и КА.

Задание 2. Рассмотреть пример измерения акселерометром разности гравитационных ускорений на гипотетическом космическом аппарате, движущемся у поверхности Земли, когда центры тяготения корпуса КА и сейсмической (инерционной) массы акселерометра не совпадают.

Исходные данные:

$R = 6470$ км – расстояние от центра тяготения Земли до центра тяготения КА;

$g = 9,7$ м/с² – ускорение силы тяжести у поверхности Земли;

$\Delta R = 10$ м – разность расстояний от центра тяготения Земли до центров тяготения корпуса КА и сейсмической (инерционной) массы акселерометра.

Определить разность гравитационных ускорений в центрах тяготения корпуса КА и сейсмической массы акселерометра.

Определить порог чувствительности (разрешение) акселерометра, необходимый для измерения разности гравитационных ускорений такого порядка с точностью 2%.

Продолжительность занятия 2 часа.

Тема 3. Системы ориентации и стабилизации РН и КА.

Учебные вопросы

1. Системы ориентации и стабилизации КА.
2. Системы ориентации и стабилизации РН.

Продолжительность занятия 2 часа.

Тема 4. Методы ориентации и стабилизации РН и КА.

Тема и содержание практического занятия:

Учебные вопросы

1. Методы управления угловым движением КА с использованием различных исполнительных органов.

2. Требования к системам ориентации и стабилизации РН и КА.

Продолжительность занятия 2 часа.

Тема 5. Системы навигации и наведения РН и КА.

Учебные вопросы

1. Системы навигации и наведения КА.
2. Системы навигации и наведения РН.

Продолжительность занятия 2 часа.

Тема 6. Инерциальные навигационные системы

Учебные вопросы

1. Инерциальные навигационные системы на основе гиросtabilизированных платформ.

2. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС).

Продолжительность занятия 2 часа.

Тема 7. Системы координат и уравнения, используемые для описания движения КА и РН.

Учебные вопросы

1. Системы координат и уравнения, описывающие движение центра масс КА и РН.

2. Системы координат и уравнения, описывающие движение относительно центра масс КА и РН.

Продолжительность занятия 2 часа.

Тема 8. Системы управления движением КА и РН.

Учебные вопросы

1. Системы управления движением КА.

2. Системы управления движением РН.

1. Продолжительность занятия 2 часа.

3. Указания по проведению лабораторного практикума

Не предусмотрено учебным планом.

4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов является одной из важнейших составляющих образовательного процесса. Самостоятельная работа проводится в виде подготовки к практическим занятиям, выполнения индивидуальных заданий, направленных на развитие у студентов самостоятельности и инициативы, подготовки к участию в научно-практических конференциях, подготовки к сдаче экзамена.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов проводится в письменной, устной или смешанной форме по представлению студентами продуктов своей творческой деятельности или результатам демонстрации своих знаний и умений.

Задачи самостоятельной работы:

1) расширить свои знания по методологии применения систем управления, навигации, ориентации и стабилизации РН и КА;

2) самостоятельно выполнить домашнее задание в соответствии с графиком;

3) овладеть навыками самостоятельной работы с библиографическими и электронными источниками.

Задачи, выносимые на самостоятельное изучение, представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Тема 1. Сущность и задачи систем управления РН и КА	Подготовка докладов по темам: 1. Исторический обзор развития систем управления РН и КА. 2. Задачи систем управления РН и КА.
2.	Тема 2. Классификация задач систем управления полетом РН и КА.	Подготовка рефератов по темам: 1. Классификация задач систем навигации и наведения РН и КА. 2. Классификация задач систем ориентации и стабилизации РН и КА.
3.	Тема 3. Системы ориентации и стабилизации РН и КА.	Подготовка докладов по темам: 1. Системы ориентации и стабилизации КА. 2. Системы ориентации и стабилизации РН.
4	Тема 4. Методы ориентации и стабилизации РН и КА.	Подготовка рефератов по темам: 1. Методы управления угловым движением КА с использованием различных исполнительных органов. 2. Требования к системам ориентации и стабилизации РН и КА..
5.	Тема 5. Системы навигации и наведения РН и КА.	Подготовка рефератов по темам: 1. Системы навигации и наведения КА. 2. Системы навигации и наведения РН.
6.	Тема 6. Инерциальные навигационные системы	Подготовка докладов по темам: 1. Инерциальные навигационные системы на основе гиросtabilизированных платформ.

		2. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС).
7.	Тема 7. Системы координат и уравнения, используемые для описания движения КА и РН.	Подготовка докладов по темам: 1. Системы координат и уравнения, описывающие движение центра масс КА и РН. 2. Системы координат и уравнения, описывающие движение относительно центра масс КА и РН.
8.	Тема 8. Системы управления движением КА и РН.	Подготовка рефератов по темам: 1. Системы управления движением КА. 2. Системы управления движением РН

5. Указания по проведению контрольных работ

5.1. Требования к структуре

Цель контрольной работы: построение динамических и частотных характеристик систем автоматического управления (САУ) и получение навыков исследования линейных динамических моделей.

Вопросы, выносимые на защиту контрольной работы

1. Система управления движением и навигации КА.
2. Уравнения движения КА относительно центра масс.
3. Кинематические соотношения Пуассона.
4. Приборы, используемые в системах ориентации и стабилизации РН.
5. Приборы, используемые в системах ориентации и стабилизации КА.
6. Назначение реактивных двигателей КА.
7. Определение бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС).
8. Принцип использования системы двигателей-маховиков для управления движением КА относительно центра масс.
9. Стабилизация КА вращением.
10. Система гравитационной стабилизации КА.
11. Ориентация КА в магнитных полях Земли.
12. Общее уравнение движения КА относительно центра масс.
13. Сущность астрокоррекции БИНС.
14. Системы управления РН.

5.2. Требования к содержанию

- i. Во введении обосновывается актуальность темы, определяется цель работы, задачи и методы исследования.

ii. При определении целей и задач исследования необходимо правильно их формулировать. Так, в качестве цели не следует употреблять глагол «сделать». Правильно будет использовать глаголы: «раскрыть», «определить», «установить», «показать», «выявить» и т.д.

iii. Основная часть работы включает вопросы, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

iv. Приветствуется иллюстрация содержания работы таблицами, графическим материалом (рисунками, схемами и т.п.).

v. Необходимо давать ссылки на используемую Вами литературу.

vi. Заключение должно содержать сделанные автором работы выводы, итоги исследования.

vii. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в работе имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению.

Объём контрольной работы – 5...10 страниц формата А4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт Times New Roman). Контрольная работа должна быть также представлена в электронном виде.

6. Указания по проведению курсовых работ

Не предусмотрено учебным планом.

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Дудко, Б.П. Космические радиотехнические системы : учебное пособие / Б.П. Дудко ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2021. - 291 с. : - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208643>
2. Кириллов, А.А. Основы электропривода летательных аппаратов : учебное пособие / А.А. Кириллов, В.Г. Стеблецов. - М. : БИБЛИО-ГЛОБУС, 2021. - 208 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229655>
3. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении : учебное пособие / В.И. Круглов, А.С. Чумадин, В.И. Ершов, В.В. Курицына. - М. : Логос, 2021. - 432 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=85026>

Дополнительная литература:

1. Легкий, В.Н. Оптоэлектронные элементы и устройства систем специального назначения : учебник / В.Н. Легкий, Б.В. Галун, О.В. Санков. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 457 с. - ISBN 978-5-7782-1777-5 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=1355955>.
2. Тяпкин, В.Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС / В.Н. Тяпкин, Е.Н. Гарин. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2012. - 260 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229187>
3. Алешечкин, А.М. Определение угловой ориентации объектов по сигналам спутниковых радионавигационных систем : монография / А.М. Алешечкин ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Сибирский федеральный университет. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2014. - 176 с. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=364550>
4. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика и наведение летательных аппаратов. Москва, БИНОМ, Лаборатория знаний, 2011.
5. Зеленцов В.В. Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

4. www.toroid.ru/sherbinaUV.html - сайт ТОРОИД полезные статьи и материалы
5. http://www.security-bridge.com/biblioteka/stati_po_bezopasnosti/topologiya_seti_i_raschet_propusknnoj_sposobnosti/ - Гонта А.С. Топология сети и расчет пропускной способности
6. <https://www.glonass-iac.ru/> - федеральное космическое агентство.

9. Перечень информационных технологий используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень программного обеспечения: LibreOffice, VisSim.

Информационные справочные системы: не предусмотрено курсом данной дисциплины.

Ресурсы информационно-образовательной среды Университета:

Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Системы управления ракет-носителей и космических аппаратов».