



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 РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ»

Специальность: 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов

Специализация №21: Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

Королёв
2023

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


Автор: Токарчук О.Ю. Рабочая программа дисциплины: «Системы управления космическими аппаратами» – Королев МО: «Технологический университет», 2023.

Рецензент: д.т.н., с.н.с. Мороз А.П.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» и Учебного плана, утвержденного Ученым советом Университета.

Протокол № 9 от 11.04.2023 г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Мороз А.П. д.т.н., с.н.с. 				
Год утверждения (переподтверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 9 от 28.03.2023г.	№ __ от __. __.20 __г.	№ __ от __. __.20 __г.	№ __ от __. __.20 __г.	№ __ от __. __.20 __г.

Рабочая программа согласована:

Руководитель ОПОП ВО  Мороз А.П., д.т.н., с.н.с.

Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:

Год утверждения (переподтверждения)	2023	2024	2025	2026	2027
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023г.	№ __ от __. __.20 __г.	№ __ от __. __.20 __г.	№ __ от __. __.20 __г.	№ __ от __. __.20 __г.

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

Целью изучения дисциплины «Системы управления космическими аппаратами» является знакомство с основными принципами управления космическими летательными аппаратами (КЛА), элементами систем управления КЛА и методами исследования этих систем.

В процессе обучения обучающийся приобретает и совершенствует следующие компетенции:

Профессиональные компетенции:

ПК-2. Способность проектировать космические аппараты, космические системы и их составные части.

ПК-4. Способность сопровождения и анализа результатов процесса подготовки и проведения испытаний космических аппаратов, космических систем и их составных частей в наземных условиях.

ПК-5. Способность к анализу и оценке работы космических аппаратов, космических систем и их составных частей при подготовке к запуску и в процессе эксплуатации.

ПК-10. Способность к выявлению причины и устранению дефектов на изделиях в составе комиссии.

Основными задачами дисциплины является изучение аппаратурного состава, устройства и принципа действия систем управления (СУ), их функциональных и структурных схем, алгоритмов управления и способов обеспечения требуемого качества процесса управления движением КА.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

Трудовые действия:

- Проведение анализа вариантов технических решений при разработке проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей
- Разрабатывать программы и методики проведения испытаний составных частей космических аппаратов;
- Проводить анализ материалов исследований патентной чистоты разрабатываемых космических аппаратов, космических систем и их составных частей;
- Проводить дефектацию изделия РКТ в составе комиссии.

Необходимые умения:

- Выполнять расчеты с использованием специализированного ПО;
- Анализировать дефекты, их последствия и несоответствия конструкторской документации;
- Оформлять технические отчеты по результатам эксплуатации составных частей космических аппаратов и космических систем;
- Производить анализ с выявлением первопричины отклонения от КД или технологического процесса.

Необходимые знания:

- Знать основы систем автоматизированного проектирования;
- Знать назначение и параметры оборудования для проведения испытаний Регламенты проведения испытаний проектируемых составных частей космических аппаратов и космических систем;
- Знать принципы работы и условия эксплуатации разработанных составных частей космических аппаратов;
- Знать перечень критичных элементов конструкции, технологических процессов, критичных конструктивных и технологических параметров НД по работе с продукцией, имеющей отклонения от КД и ТД.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Системы управления космическими аппаратами» относится к базовой части блока 1 основной профессиональной образовательной программы подготовки по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов».

Дисциплина «Системы управления космическими аппаратами» базируется на дисциплине «Основы устройства ракет и КА» и ранее частично изученных компетенциях ПК-2, ПК-4, ПК-5, ПК-10.

Знания и компетенции, полученные при освоении дисциплины «Системы управления космическими аппаратами», являются базовыми при изучении дисциплины «Основы эксплуатации космических аппаратов», а также ряда профессиональных дисциплин специальности и выполнения выпускной квалификационной работы инженера.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся очной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Общая трудоемкость дисциплины для обучающихся очно-заочной формы обучения составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Таблица 1

Виды занятий	Всего часов	Семестр 8	Семестр 9	Семестр ...	Семестр ...
Общая трудоемкость	144	144	144		
ОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	48	48			
Лекции (Л)	16	16			
Практические занятия (ПЗ)	32	32			
Лабораторные работы (ЛР)					
Практическая подготовка					
Самостоятельная работа	96	96			
Курсовые работы (проекты)	+	+			
Расчетно-графические работы					
Контрольная работа	+	+			
Текущий контроль знаний	Тест	+			
Вид итогового контроля	Экзамен	Экзамен			
ОЧНО-ЗАОЧНАЯ ФОРМА ОБУЧЕНИЯ					
Аудиторные занятия	20		20		
Лекции (Л)	8		8		
Практические занятия (ПЗ)	12		12		
Лабораторные работы (ЛР)					
Практическая подготовка					
Самостоятельная работа	124		124		
Курсовые работы (проекты)	+		+		
Расчетно-графические работы					
Контрольная работа	+		+		
Вид итогового контроля	Экзамен		Экзамен		

4. Содержание дисциплины

4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час, Очное /очно-заочное	Практ. занятия час, Очное /очно-заочное	Лабораторные занятия, час Очное /очно-заочное	Занятия в интер-акт. форме, час Очное /очно-заочное	Практическая подготовка, час Очное /очно-заочное	Код компетенций
Тема 1. Функциональные элементы систем ориентации и стабилизации космических аппаратов	2/1	4/1	-/-	1/1	-/-	ПК- 2 ПК-4 ПК-5 ПК-10
Тема 2. Движение космическо-	2/1	4/1	-/-	1/1	-/-	ПК- 2

го аппарата вокруг центра масс						ПК-4 ПК-5 ПК-10
Тема 3. Реактивные системы ориентации и стабилизации КА	2/1	4/2	-/-	2/1	-/-	ПК- 2 ПК-4 ПК-5 ПК-10
Тема 4. Маховичные системы ориентации и стабилизации КА	2/1	4/2	-/-	2/1	-/-	ПК- 2 ПК-4 ПК-5 ПК-10
Тема 5. Гиросиловые системы ориентации КА	2/1	4/2	-/-	2/1	-/-	ПК- 2 ПК-4 ПК-5 ПК-10
Тема 6. Разгрузка электромеханических систем ориентации и стабилизации от накопленного кинетического момента	4/2	6/2	-/-	2/1	-/-	ПК- 2 ПК-4 ПК-5 ПК-10
Тема 7. Движение центра масс КА	2/1	6/2	-/-	2/2	-/-	ПК- 2 ПК-4 ПК-5 ПК-10
Итого:	16/8	32/12	-/-	12/8	-/-	

4.2. Содержание тем дисциплины

Тема 1. Функциональные элементы систем ориентации и стабилизации космических аппаратов

1. Космические аппараты и задачи управления их движением.
2. Классификация систем ориентации и стабилизации.
3. Состав активной системы ориентации. Режимы ориентации.
4. Общие сведения о системах координат.
5. Матрицы перехода между базовой и связанной системы координат.
6. Датчики угла ориентации.
7. Датчики вертикали Земли.
8. Датчики Солнца.
9. Классификация датчиков угла.
10. Функциональная схема датчика вертикали.
11. Функциональная схема звездного датчика.
12. Звездные датчики.
13. Гироскопические датчики угловой скорости.
14. Исполнительные органы систем ориентации.
15. Реактивные двигатели.
16. Электродвигатели – маховики.
17. Силовые гироскопы.

18. Методы преобразования координат
19. Кватернионы.
20. Исполнительные органы систем ориентации.
21. Электродвигатели – маховики.
22. Матрицы перехода между базовой и связанной системы координат.
23. Активные и пассивные методы ориентации и стабилизации КА

Тема 2. Движение космического аппарата вокруг центра масс

1. Моменты инерции.
2. Определение положения космического аппарата, матрица поворота и углы ориентации.
3. Определение положения космического аппарата, кинематические уравнения.
4. Динамические величины КА как твердого тела, угловая скорость, угловое ускорение и моменты сил.
5. Кинетический момент и кинетическая энергия.
6. Динамические уравнения.
7. Уравнения движения КА вокруг центра масс
8. Линеаризованные уравнения движения и передаточные функции КА
9. Внутренние возмущающие моменты.
10. Математическая модель гравитационного поля Земли
11. Математическая модель магнитного поля Земли.
12. Моменты инерции.
13. Внешние возмущающие моменты - гравитационные.
14. Функциональная схема датчика вертикали
15. Внешние возмущающие моменты - аэродинамические.
16. Внешние возмущающие моменты магнитные моменты.
17. Стабилизация КА вращением.
18. Внешние возмущающие моменты, моменты сил светового давления.
19. Анализ возмущающих моментов.
20. Уравнения движения центра масс КА.

Тема 3. Реактивные системы ориентации и стабилизации КА

1. Назначение и состав системы.
2. Динамика релейной системы в режиме стабилизации.
3. Программные повороты.

Тема 4. Маховичные системы ориентации и стабилизации КА

1. Назначение и состав системы.

2. Математическая модель двигателя маховика.
3. Программные повороты.

Тема 5. Гиросиловые системы ориентации КА

1. Назначение и состав системы.
2. Устройство и принцип действия гиродина.
3. Математическая модель гиродина.

Тема 6. Разгрузка электромеханических систем ориентации и стабилизации от накопленного кинетического момента

1. Реактивные системы разгрузки.
2. Магнитные системы разгрузки.
3. Гравитационная разгрузка.

Тема 7. Движение центра масс КА

1. Концепция построения ориентации, использование БИНС в задачах ориентации.
2. Уравнения движения центра масс КА.
3. Управление движением центра масс КА.

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

1. Рабочая тетрадь.
2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

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. Выборнов, А. А. Оптико-электронные приборы астроориентации и навигации космических аппаратов : учебное пособие : [16+] / А. А. Выборнов; Южный федеральный университет, Институт высоких технологий и пьезотехники. – Ростов-на-Дону; Таганрог : Южный федеральный

университет, 2018. – 121 с. : ил.,табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561255> (дата обращения: 08.11.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2909-4. – Текст : электронный.

2. Тимошкин, А. И. Спутниковая связь и навигация: курс лекций : учебное пособие : [16+] / А. И. Тимошкин, Д. В. Костюк ; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2018. – 196 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=562690> (дата обращения: 08.11.2022). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

Дополнительная

1. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией космических аппаратов. 2009 г. raushenbah...upravlenie...ebb0159cd3e.html

2. Васильев В.Н. Системы ориентации космических аппаратов. ФГУП НПП ВНИИЭМ.

3. Севастьянов Н.Н., Бранец В.Н., Федулов Р.В. Лекции по теории систем ориентации, управления движением и навигации. Издательство Томского университета. 2013 г.

4. Системы управления полетом космических аппаратов. Под ред. д-ра технических наук Г.Г. Бабенина. - М.:Машиностроение.

5. Артюхин Ю.П., Каргу Л.И., Симаев В.Л. Системы управления космических аппаратов, стабилизированных вращением. 2009 г.

6. Платонов В.Н. Управление ориентацией космических аппаратов с использованием гироскопов. ПАО РКК Энергия имени С.П. Королева. 2021. – 130 с.

7. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения КА. "Машиностроение-Полет".

8. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. М.: Наука, 1992. - 278 с.

9. Лебедев А.А., Нестеренко О.П. Системы управления космическими аппаратами. Москва -1977. Московский авиационный институт.

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

Интернет-ресурсы:

1. Информационно - правовой сервер ГАРАНТ - <http://www.garant.ru>
2. <http://www.biblioclub.ru/>
3. <http://www.diss.rsl.ru/>
4. <http://www.rucont.ru/>
5. <http://www.znaniium.com/>
6. <http://www.book.ru>

7. <http://e.lanbook.com/>
8. <http://www.biblio-online.ru>
9. <http://ies.unitech-mo.ru/>
10. <http://unitech-mo.ru/>

9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

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

10 Перечень информационных технологий

Перечень программного обеспечения:

MSOffice, AIFusion Process Modeler, RAMUS.

Информационные справочные системы:

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.
2. Информационно-справочные системы «Консультант+», «Гарант».

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

Лекционные занятия:

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

Практические занятия:

- компьютерный класс с проектором для интерактивного обучения, оборудованный современными лицензионными программно-техническими средствами: операционная система не ниже Windows XP; офисные программы MSOffice, AIFusion Process Modeler, RAMUS;
- рабочее место преподавателя, оснащенное персональным компьютером с доступом в глобальную сеть Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные персональными компьютерами с доступом в глобальную сеть Интернет.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

**ИНСТИТУТ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ
КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ДИСЦИПЛИНЕ
«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ»**

Специальность: 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно–космических комплексов»

Специализация №21: «Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники»

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

**Королёв
2023**

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

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Тема дисциплины, обеспечивающая формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения <i>темы дисциплины</i> , обеспечивающей формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				Трудовые действия	Необходимые умения	Необходимые знания
1	ПК-2	Способность проектировать космические аппараты, космические системы и их составные части	Темы 1-7	Выполнять расчеты с использованием специализированного ПО	Проведение анализа вариантов технических решений при разработке проектов космических аппаратов, космических систем и их составных частей.	Знать основы инженерного синтеза сложных систем, аналитический аппарат и алгоритмы приложения в технике. Знать основы систем автоматизированного проектирования
2	ПК-4	Способность сопровождения и анализа результатов процесса подготовки и проведения испытаний космических аппаратов, космических систем и их составных частей в наземных условиях	Темы 1-7	Разрабатывать программы и методики проведения испытаний составных частей космических аппаратов	Анализировать дефекты, их последствия и несоответствия конструкторской документации	Знать назначение и параметры оборудования для проведения испытаний Регламенты проведения испытаний проектируемых составных частей космических аппаратов и космических систем
3	ПК-5	Способность к анализу и оценке работы космических аппаратов, космических систем и их составных частей при подготовке к запуску и в процессе эксплуатации	Темы 1-7	Проводить анализ материалов исследований патентной чистоты разрабатываемых космических аппаратов, космических систем и их составных частей	Оформлять технические отчеты по результатам эксплуатации составных частей космических аппаратов и космических систем	Знать принципы работы и условия эксплуатации разрабатываемых составных частей космических аппаратов
4	ПК-10	Способность к выявлению причины и устранению дефектов на изделиях в составе комиссии	Темы 1-7	Проводить дефектацию изделия РКТ в составе комиссии	Производить анализ с выявлением первопричины отклонения от КД или технологического	Знать перечень критичных элементов конструкции, технологических процессов, критичных конструктивных и технологических

					процесса	параметров НДС по работе с продукцией, имеющей отклонения от КД и ТД
--	--	--	--	--	----------	--

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

Код компетенции	Инструмент, оценивающий сформированность компетенции	Этапы и показатель оценивания компетенции	Критерии оценки и шкалы
ПК-2 ПК-4 ПК-5 ПК-10	Тест	А) полностью сформирована - 5 баллов Б) частично сформирована 3-4 балла В) не сформирована – 2 и менее баллов	Тест на выявление уровня освоения теоретических знаний. Задания 2-х типов: 1 тип - выбор одного варианта ответа из предложенных, 2 тип - выбор нескольких вариантов ответов из предложенных. Ответы на тестовые задания предполагают использование как письменного варианта ответа, так и автоматизированной системы (соответствующего программного обеспечения) тестовой оценки знаний. Критерии оценки определяются процентным соотношением. Оценка осуществляется по пятибалльной системе. Менее 50% правильных ответов 0 баллов, 51% -60% - 1 балл, 61% -70% - 2 балла, 71% -80% - 3 балла, 81% -89% - 4 балла, 90% -100% - 5 баллов
ПК-2 ПК-4 ПК-5 ПК-10	Реферат, представляющий собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания	А) полностью сформирована - 5 баллов Б) частично сформирована 3-4 балла В) не сформирована – 2 и менее баллов	Общая оценка реферата: реферат сдан на проверку преподавателю за одну неделю до зачетного занятия (1 балл); студентом

	<p>ния этих книг. Работа над рефератом включает в себя следующие этапы:</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как правило, при разработке реферата используются не менее 8—10 различных источников); • составление библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана реферата; • написание реферата. 		<p>проявлена инициатива при выборе темы реферата и его написании (1 балл); работа выполнена без консультации с преподавателем (1 балл); материал представлен связно, логично и грамотно ((1 балл)); оформление в соответствии с требованиями ГОСТ (1 балл)</p>
<p>ПК-2 ПК-4 ПК-5 ПК-10</p>	<p>Презентация группового доклада, представляющий собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания этих книг. Работа над презентацией включает в себя следующие этапы</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как пра- 	<p>А) полностью сформирована - 5 баллов Б) частично сформирована 3-4 балла В) не сформирована – 2 и менее баллов</p>	<p>Баллы, выставяемые докладчику и содокладчикам:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сообщил новую информацию (1 балл) • использовал технические средства (1 балл) • знает и хорошо ориентируется в содержании всего доклада (1 балл) • умеет дискутировать и быстро отвечает на вопросы (1 балл) • четко выполняет установленный регламент: докладчик - 10 мин.; содокладчики - 5 мин.; дискуссия - 10 мин. (1

	<p>вило, при разработке доклада используются не менее 8—10 различных источников);</p> <ul style="list-style-type: none"> • составление библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана доклада; • представление доклада 		балл)
--	---	--	-------

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

Примерная тематика курсовых работ(проектов)

1. Математическая модель гравитационного поля Земли
2. Математическая модель магнитного поля Земли.

Примерная тематика контрольного задания

1. Основные положения СУ КА.

Примерная тематика практических заданий

1. Принцип построения математической модели СУ КА.

Тесты

Тесты используются при текущем контроле знаний. По форме заданий выбраны закрытые тесты (с выборочным ответом). Каждому вопросу соответствует один вариант ответа. Ниже приведен примерный перечень тестов.

1. Принцип реактивного движения, открыт:

- Исааком Ньютоном;
- К.Э. Циолковским;
- С.П. Королевым;
- В.П. Глушко.

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

Формой контроля знаний по дисциплине «Технология производства космических аппаратов» являются текущий контроль знаний в виде теста, реферата, презентации группового доклада и одна промежуточная аттестация в виде зачета.

Неделя текущего контроля	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающих знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
<i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i>	тестирование	ПК-2 ПК-4 ПК-5 ПК-10	Тест на выявление уровня освоения теоретических знаний. Задания 2-х типов: 1 тип - выбор одного варианта ответа из предложенных, 2 тип - выбор нескольких вариантов ответов из предложенных	Ответы на тестовые задания предполагают использование как письменного варианта ответа, так и автоматизированной системы (соответствующего программного обеспечения) тестовой оценки знаний.	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Оценка осуществляется по пятибалльной системе. Менее 50% правильных ответов 0 баллов, 51% -60% - 1 балл, 61% -70% - 2 балла, 71% -80% - 3 балла, 81% -89% - 4 балла, 90% -100% - 5 баллов
<i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i>	реферат	ПК-2 ПК-4 ПК-5 ПК-10	Реферат, представляющий собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания этих книг.	Работа над рефератом включает в себя следующие этапы: • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по	Реферат сдается на проверку преподавателю за одну неделю до зачетного занятия	Общая оценка реферата: реферат сдан на проверку преподавателю за одну неделю до зачетного занятия (1 балл); студентом проявлена инициатива при выборе темы реферата и его написании (1 балл); работа выполнена без консультации с преподавателем (1 балл); материал представлен связно, логично и гра-

				<p>теме (как правило, при разработке реферата используются не менее 8—10 различных источников);</p> <ul style="list-style-type: none"> • составление библиографии; • обработка и систематизация информации; • разработка плана реферата; • написание реферата. 		<p>мотно ((1 балл)); оформление в соответствии с требованиями ГОСТ (1 балл)</p>
<p><i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i></p>	<p>Презентация группового доклада</p>	<p>ПК-2 ПК-4 ПК-5 ПК-10</p>	<p>Презентация группового доклада, представляет собой результат реферирования нескольких книг по определенной теме, т.е. краткий обзор основного содержания этих книг.</p>	<p>Работа над презентацией включает в себя следующие этапы</p> <ul style="list-style-type: none"> • формулирование темы, причем она должна быть не только актуальной по своему значению, но и оригинальной, интересной по содержанию; • подбор и изучение основных источников по теме (как правило, при разработке доклада используются не менее 8—10 различных источников); • составле- 	<p>16-17</p>	<p>Баллы, выставляемые докладчику и содокладчикам:</p> <ul style="list-style-type: none"> • сообщил новую информацию (1 балл) • использовал технические средства (1 балл) • знает и хорошо ориентируется в содержании всего доклада (1 балл) • умеет дискутировать и быстро отвечает на вопросы (1 балл) • четко выполняет установленный регламент: докладчик - 10 мин.; содокладчики - 5 мин.; дискуссия - 10 мин. (1 балл)

				<p>ние библиографии;</p> <ul style="list-style-type: none"> • обработка и систематизация информации; • разработка плана доклада; • представление доклада 		
<p><i>Проводится в сроки, установленные графиком учебного процесса</i></p>	<p>Экзамен</p>	<p>ПК-2 ПК-4 ПК-5 ПК-10</p>	<p>3 вопроса</p>	<p>Экзамен проводится в устной и письменной форме, путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру – 30 минут.</p>	<p>Результаты предоставляются в день проведения экзамена</p>	<p>Критерии оценки:</p> <p>«Отлично»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. <p>«Хорошо»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • знание основных понятий предмета; • умение использовать и применять полученные знания на практике; • работа на практических занятиях; • знание основных научных теорий, изучаемых предметов; • ответы на вопросы билета • неправильно решено практическое задание <p>«Удовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание неумение использовать

						<p>и применять полученные знания на практике;</p> <ul style="list-style-type: none"> • не работал на практических занятиях; <p>«Неудовлетворительно»:</p> <ul style="list-style-type: none"> • демонстрирует частичные знания по темам дисциплин; • незнание основных понятий предмета; • неумение использовать и применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; <p>не отвечает на вопросы.</p>
--	--	--	--	--	--	---

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 вопросы, выносимые на зачет, экзамен

1. Фигура и гравитационное поле Земли
2. Атмосфера Земли.
3. Космические аппараты и задачи управления их движением.
4. Классификация систем ориентации и стабилизации.
5. Состав активной системы ориентации. Режимы ориентации.
6. Общие сведения о системах координат.
7. Матрицы перехода между базовой и связанной системы координат.
8. Датчики угла ориентации.
9. Датчики вертикали Земли.
10. Датчики Солнца.
11. Классификация датчиков угла.
12. Функциональная схема датчика вертикали.
13. Функциональная схема звездного датчика.
14. Звездные датчики.

15. Гироскопические датчики угловой скорости.
16. Исполнительные органы систем ориентации.
17. Реактивные двигатели.
18. Электродвигатели – маховики.
19. Силовые гироскопы.
20. Методы преобразования координат
21. Кватернионы.
22. Исполнительные органы систем ориентации.
23. Электродвигатели – маховики.
24. Матрицы перехода между базовой и связанной системы координат.
25. Активные и пассивные методы ориентации и стабилизации КА
21. Моменты инерции.
22. Определение положения космического аппарата, матрица поворота и углы ориентации.
23. Определение положения космического аппарата, кинематические уравнения.
24. Динамические величины КА как твердого тела, угловая скорость, угловое ускорение и моменты сил.
25. Кинетический момент и кинетическая энергия.
26. Динамические уравнения.
27. Уравнения движения КА вокруг центра масс.
28. Линеаризованные уравнения движения и передаточные функции КА.
29. Внутренние возмущающие моменты.
30. Математическая модель гравитационного поля Земли
31. Математическая модель магнитного поля Земли.
32. Моменты инерции.
33. Внешние возмущающие моменты - гравитационные.
34. Функциональная схема датчика вертикали
35. Внешние возмущающие моменты - аэродинамические.
36. Внешние возмущающие моменты магнитные моменты.
37. Стабилизация КА вращением.
38. Внешние возмущающие моменты, моменты сил светового давления.
39. Анализ возмущающих моментов.
40. Уравнения движения центра масс КА.
41. Назначение и состав системы.
42. Динамика релейной системы в режиме стабилизации.
43. Программные повороты.
44. Назначение и состав системы.
45. Математическая модель двигателя маховика.
46. Программные повороты.
47. Назначение и состав системы.
48. Устройство и принцип действия гиродина.
49. Математическая модель гиродина.

- 50. Реактивные системы разгрузки.
- 51. Магнитные системы разгрузки.
- 52. Гравитационная разгрузка.
- 53. Концепция построения ориентации, использование БИНС в задачах ориентации.
- 54. Уравнения движения центра масс КА.
- 55. Управление движением центра масс КА.

**ИНСТИТУТ
РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ
ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ**

КАФЕДРА ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИИ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ
«СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ»**

Специальность: 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно–космических комплексов»

Специализация №21: «Производство и технологическая отработка изделий ракетно-космической техники»

Уровень высшего образования: специалитет

Квалификация (степень) выпускника: инженер

Форма обучения: очная, очно-заочная

**Королёв
2023**

1. Общие положения

Цель дисциплины «Системы управления космическими аппаратами»: знакомство с основными принципами управления космическими летательными аппаратами (КЛА), элементами систем управления КЛА и методами исследования этих систем.

Задачи дисциплины: изучение аппаратного состава, устройства и принципа действия систем управления (СУ), их функциональных и структурных схем, алгоритмов управления и способов обеспечения требуемого качества процесса управления движением КА.

2. Указания по проведению практических (семинарских) занятий

Практическое занятие 1

Тема 1: Функциональные элементы систем ориентации и стабилизации космических аппаратов.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Содержание практического занятия:

Космические аппараты и задачи управления их движением. Классификация систем ориентации и стабилизации. Состав активной системы ориентации. Режимы ориентации. Общие сведения о системах координат. Матрицы перехода между базовой и связанной системы координат. Датчики угла ориентации. Датчики вертикали Земли. Датчики Солнца. Классификация датчиков угла. Функциональная схема датчика вертикали. Функциональная схема звездного датчика. Звездные датчики. Гироскопические датчики угловой скорости. Исполнительные органы систем ориентации. Реактивные двигатели. Электродвигатели – маховики. Силовые гироскопы. Методы преобразования координат. Кватернионы. Исполнительные органы систем ориентации. Электродвигатели – маховики. Матрицы перехода между базовой и связанной системы координат. Активные и пассивные методы ориентации и стабилизации КА.

Продолжительность занятия – 4/1 ч.

Практическое занятие 2

Тема 2: Движение космического аппарата вокруг центра масс.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Содержание практического занятия:

Моменты инерции. Определение положения космического аппарата, матрица поворота и углы ориентации. Определение положения космического аппарата, кинематические уравнения. Динамические величины КА как твердого тела, угловая скорость, угловое ускорение и моменты сил. Кинетический момент и кинетическая энергия. Динамические уравнения. Уравнения движения КА вокруг центра масс. Линеаризованные уравнения движения и передаточные функции КА. Внутренние возмущающие моменты. Математическая модель гравитационного поля Земли. Математическая модель магнитного поля Земли. Моменты инерции. Внешние возмущающие моменты - гравитационные. Функциональная схема датчика вертикали. Внешние возмущающие моменты - аэродинамические. Внешние возмущающие моменты магнитные моменты. Стабилизация КА вращением. Внешние возмущающие моменты, моменты сил светового давления. Анализ возмущающих моментов. Уравнения движения центра масс КА.

Продолжительность занятия – 4/1 ч.

Практическое занятие 3

Тема 3: Реактивные системы ориентации и стабилизации КА.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Содержание практического занятия:

Назначение и состав системы. Динамика релейной системы в режиме стабилизации. Программные повороты.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 4

Тема 4: Маховичные системы ориентации и стабилизации КА.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Содержание практического занятия:

Назначение и состав системы. Математическая модель двигателя маховика. Программные повороты.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 5

Тема 5: Гиросиловые системы ориентации КА.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Содержание практического занятия:

Назначение и состав системы. Математическая модель двигателя маховика. Программные повороты.

Продолжительность занятия – 4/2 ч.

Практическое занятие 6

Тема 6: Разгрузка электромеханических систем ориентации и стабилизации от накопленного кинетического момента.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Содержание практического занятия:

Реактивные системы разгрузки. Магнитные системы разгрузки. Гравитационная разгрузка.

Продолжительность занятия – 6/2 ч.

Практическое занятие 7

Тема 7: Движение центра масс КА.

Вид практического занятия: практическая работа в группах.

Образовательные технологии: самостоятельное решение и групповое обсуждение результатов.

Содержание практического занятия:

Концепция построения ориентации, использование БИНС в задачах ориентации. Уравнения движения центра масс КА. Управление движением центра масс КА.

Продолжительность занятия – 6/2 ч.

3. Указания по проведению лабораторного практикума
Учебным планом не предусмотрено.

4. Указания по проведению самостоятельной работы обучающихся

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Основы СУ КА	Подготовка докладов по темам: Уравнения движения центра масс КА.

Объем времени на самостоятельную работу, и виды самостоятельной работы представлены в таблице 1.

Объем времени и виды самостоятельной работы

Виды самостоятельной работы	Очная форма обучения/очно-заочная форма обучения
	Всего академических часов
Всего часов на самостоятельную работу	96/124
Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение	30/58
Подготовка к практическим занятиям	50/50
Подготовка докладов	8/8
Выполнение практических заданий	8/8

Примерные темы докладов с презентацией

Моделирование.

Примерная тематика контрольного задания

1. Принцип построения математической модели СУ КА.

5. Указания по проведению контрольных работ для обучающихся очной, очно-заочной формы обучения**5.1. Требования к структуре**

Структура контрольной работы должна способствовать раскрытию темы: иметь титульный лист, содержание, введение, основную часть, заключение, список литературы.

5.2. Требования к содержанию (основной части)

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

2. 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.

3. Основная часть работы включает 2...4 вопроса, каждый из которых посвящается решению задач, сформулированных во введении, и заканчивается констатацией итогов.

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

5. Необходимо давать ссылки на используемую литературу.

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

7. Вслед за заключением идет список литературы, который должен быть составлен в соответствии с установленными требованиями. Если в ра-

боте имеются приложения, они оформляются на отдельных листах, и должны быть соответственно пронумерованы.

5.3. Требования к оформлению

Объём контрольной работы – 10...12 страниц формата А 4, напечатанного с одной стороны текста (1,5 интервал, шрифт TimesNewRoman).

Указания по проведению курсовых работ

1. Фигура и гравитационное поле Земли.
2. Комплексный анализ СУ КА.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

Основная литература:

1. Выборнов, А. А. Оптико-электронные приборы астроориентации и навигации космических аппаратов : учебное пособие : [16+] / А. А. Выборнов ; Южный федеральный университет, Институт высоких технологий и пьезотехники. – Ростов-на-Дону ; Таганрог : Южный федеральный университет, 2018. – 121 с. : ил.,табл. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561255> (дата обращения: 08.11.2022). – Библиогр. в кн. – ISBN 978-5-9275-2909-4. – Текст : электронный.

2. Тимошкин, А. И. Спутниковая связь и навигация: курс лекций : учебное пособие : [16+] / А. И. Тимошкин, Д. В. Костюк ; Северо-Кавказский федеральный университет. – Ставрополь : Северо-Кавказский Федеральный университет (СКФУ), 2018. – 196 с. : ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=562690> (дата обращения: 08.11.2022). – Библиогр. в кн. – Текст : электронный.

Дополнительная

1. Раушенбах Б.В., Токарь Е.Н. Управление ориентацией космических аппаратов. 2009 г. raushenbah...upravlenie...ebb0159cd3e.html

2. Васильев В.Н. Системы ориентации космических аппаратов. ФГУП НПП ВНИИЭМ.

3. Севастьянов Н.Н., Бранец В.Н., Федулов Р.В. Лекции по теории систем ориентации, управления движением и навигации. Издательство Томского университета. 2013 г.

4. Системы управления полетом космических аппаратов. Под ред. д-ра технических наук Г.Г. Бабенина. - М.:Машиностроение.

5. Артюхин Ю.П., Каргу Л.И., Симаев В.Л. Системы управления космических аппаратов, стабилизированных вращением. 2009 г.

6. Платонов В.Н. Управление ориентацией космических аппаратов с использованием гироскопов. ПАО РКК Энергия имени С.П. Королева. 2021. – 130 с.

7. Сердюк В.К. Проектирование средств выведения КА. "Машиностроение-Полет".

8. Бранец В.Н., Шмыглевский И.П. Введение в теорию бесплатформенных инерциальных навигационных систем. М.: Наука, 1992. - 278 с.

9. Лебедев А.А., Нестеренко О.П. Системы управления космическими аппаратами. Москва -1977. Московский авиационный институт.

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

Интернет-ресурсы:

1. Информационно - правовой сервер ГАРАНТ - <http://www.garant.ru>
2. <http://www.biblioclub.ru/>
3. <http://www.diss.rsl.ru/>
4. <http://www.rucont.ru/>
5. <http://www.znaniyum.com/>
6. <http://www.book.ru>
7. <http://e.lanbook.com/>
8. <http://www.biblio-online.ru>
9. <http://ies.unitech-mo.ru/>
10. <http://unitech-mo.ru/>

8 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Перечень программного обеспечения: *MSOffice, AIFusion Process Modeler, RAMUS.*

Информационные справочные системы:

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.
2. Информационно-справочные системы «Консультант+», «Гарант».