

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Амурский государственный университет»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной и научной работе

А.В. Лейфа

« 1 » сентября 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Теория автоматического управления

Направление подготовки: 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика

Направленность (профиль) образовательной программы: Ракетно-космическая техника

Квалификация выпускника: бакалавр

Год набора: 2021

Формы обучения: очная

Курс 3 Семестр 5

Зачет 5 семестр

Общая трудоемкость дисциплины 72 (акад. час.), 2 (з.е.)

Составитель: А.Н. Рыбалёв, доцент, канд. техн. наук, Усенко В.И., доцент, канд. техн. наук

Факультет: энергетический

Кафедра: автоматизации производственных процессов и электротехники

2021 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 71 от 05.02.2018 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники

« 1 » сентября 2021 г., протокол № 1

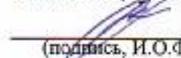
И.о. заведующего кафедрой _____  О.В. Скрипко

СОГЛАСОВАНО
Учебно-методическое управление


(подпись, И.О.Ф.) _____ Н.А. Чалкина

« 1 » сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Выпускающая кафедра
Зам.заведующего


(подпись, И.О.Ф.) _____ В.В. Соловьев

« 01 » 09 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Научная библиотека
И.о. директора


(подпись, И.О.Ф.) _____ О.В. Петрович

« 1 » сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО
Центр информационных и образовательных технологий


(подпись, И.О.Ф.) _____ А.А. Тодосейчук

« 1 » сентября 2021 г.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель дисциплины: активно закрепить, обобщить, углубить и расширить знания, полученные при изучении базовых дисциплин; овладеть современными методами анализа и синтеза систем автоматического управления динамическими объектами; приобрести новые знания и сформировать умения и навыки, необходимые для изучения специальных дисциплин; формирование у студентов навыков расчетно-экспериментальной работы с элементами научно-исследовательской, проектно-конструкторской и производственно-технологической деятельности.

Задачи дисциплины:

- развить инженерный подход к выбору и применению математических методов исследования систем автоматического управления;
- сформировать устойчивые навыки в формулировке постановок и решения задач анализа и синтеза систем управления.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования для направления подготовки 24.03.01 Ракетные комплексы и космонавтика направленность (профиль) образовательной программы «Ракетно-космическая техника» предусматривает изучение дисциплины «Теория автоматического управления» в обязательной части освоения образовательной программы.

Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения дисциплин базовой части государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования, по направлению подготовки 24.03.01 «Ракетные комплексы и космонавтика»: Математический анализ; Обыкновенные дифференциальные уравнения; Физика.

3 КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ

3.2. Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Проектирование и управление	ОПК-5. Способен использовать современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники, включая управление проектами создания новых образцов техники и утилизации устаревших	ИД-1 ОПК-5 Знать: - современные подходы и методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники. ИД-2 ОПК-5 Уметь: применять методы решения профессиональных задач в области авиационной и ракетно-космической техники

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Творческое мышление	ОПК-6 Способен анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники.	ИД-1 ОПК6 Знать: источники, принципы анализа, систематизации и обобщения информации о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники ИД – 2 ОПК-6 Уметь: - анализировать, систематизировать и обобщать информацию о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники. ИД – 3 ОПК-6 Владеть: - навыками анализа, систематизации и обобщения информации о современном состоянии и перспективах развития ракетно-космической техники

4 СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 72 академических часа, 2 зачетных единицы.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и трудоемкость (в академических часах)			Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	КТО			
1	Основные понятия и принципы управления	5	4	2			2	Решение задач
2	Математическое описание систем управления	5	8	4			4	Решение задач
3	Устойчивость систем управления.	5	6	4			4	Решение задач
4	Качество систем управления. Улучшение качества процесса управления	5	6	2			4	Решение задач
5	Дискретные системы управления	5	6	2			2	Решение задач
6	Нелинейные системы управления	5	4	2			5,8	Решение задач

	Итого		34	16	0,2		21,8	Зачет
--	-------	--	----	----	-----	--	------	-------

Л – лекция, ПЗ – практическое занятие, КТО – контроль теоретического обучения

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Лекции

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Основные понятия и принципы управления	<p>1.1. Основные понятия</p> <p>1.2. Принципы управления</p> <p>1.2.1. Принцип программного управления.</p> <p>1.2.2. Принцип компенсации.</p> <p>1.2.3. Принцип обратной связи.</p> <p>1.2.4. Принцип комбинированного управления</p> <p>1.3. Структура системы управления</p> <p>1.4. Классификация систем управления</p>
2	Математическое описание систем управления	<p>2.1. Уравнения динамики и статики</p> <p>2.2. Линеаризация. Формы записи дифференциальных уравнений</p> <p>2.3. Преобразование Лапласа</p> <p>2.4. Передаточные и временные функции</p> <p>2.4.1. Передаточные функции. 2.4.2. Временные функции.</p> <p>2.4.3. Связь между передаточной функцией и временными функциями. 2.5. Частотные функции и характеристики.</p> <p>2.5. Модели в пространстве состояний</p> <p>2.5.1. Состояние динамической системы. 2.5.2. Описание динамической системы в нормальной форме. 2.5.3. Прямое программирование в переменных состояния.</p> <p>2.6. Элементарные звенья их классификация и характеристики</p> <p>2.6.1. Классификация звеньев. 2.6.2. Группа позиционных звеньев. 2.6.3. Группа интегрирующих звеньев.</p> <p>2.6.4. Группа дифференцирующих звеньев. 2.6.5. Звено с чистым запаздыванием.</p> <p>2.7. Типовые соединения, структурные преобразования и передаточные функции систем управления</p> <p>2.7.1. Типовые соединения элементов систем управления.</p> <p>2.7.2. Структурные преобразования фрагментов систем управления. 2.7.3. Передаточные функции одноканальных систем управления.</p>
3	Устойчивость систем управления.	<p>3.1. Определение и условия устойчивости</p> <p>3.1.1. Определение устойчивости.</p> <p>3.1.2. Необходимое и достаточное условие устойчивости.</p> <p>3.1.3. Необходимое условие устойчивости.</p> <p>3.1.4. Границы устойчивости.</p> <p>3.1.5. Теоремы Ляпунова об устойчивости по линейному</p>

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
		приближению. 3.2. Критерии устойчивости 3.2.1. Алгебраический критерий Рауса-Гурвица. 3.2.2. Частотный критерий Михайлова. 3.2.3. Частотный критерий Найквиста. 3.2.4. Робастная устойчивость.
4	Качество систем управления. Улучшение качества процесса управления	4.1. Прямые показатели качества 4.2. Косвенные методы оценки качества 4.2.1. Оценка точности в типовых режимах. 4.2.2. Корневой метод оценки качества. 4.2.3. Интегральный метод оценки качества. 4.2.4. Частотный метод оценки качества. 4.2.5. Инвариантность и принцип двухканальности. 4.2.6 Исследование типовых законов управления 4.2.7 Исследование корректирующих звеньев.
5	Дискретные системы управления	5.1 Математическое описание дискретных систем 5.2 Устойчивость дискретных систем 5.3 Оценка качества дискретных систем
6	Нелинейные системы управления	6.1. Нелинейные системы. Метод фазовой плоскости 6.2. Метод функций Ляпунова 6.3 Абсолютная устойчивость и гиперустойчивость 6.4 Линеаризация обратной связью

5.2 Практические занятия

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
1	Передаточные и временные функции (1 академический час)	Передаточные и временные функции. Получение, преобразование, использование.
2	Частотные функции и характеристики (1 академический час)	Частотные функции и характеристики. Получение, преобразование, использование.
3	Модели в пространстве состояний (1 академический час)	Модели в пространстве состояний. Получение, преобразование, использование.
4	Алгебраический критерий Рауса-Гурвица (1 академический час)	Алгебраический критерий Рауса-Гурвица. Изложение. Примеры использования.
5	Частотный критерий Михайлова. Частотный критерий Найквиста (1 академический час)	Частотный критерий Михайлова и частотный критерий Найквиста. Вывод. Примеры использования.
6	Робастная устойчивость (1 академический час)	Робастная устойчивость. Вывод. Примеры использования.
7	Прямые показатели качества (1 академический час)	Прямые показатели качества. Изложение. Примеры использования.
8	Косвенные методы оценки качества (1 академический час)	Косвенные методы оценки качества. Изложение. При-

№ п/п	Наименование темы	Содержание темы
		меры использования.
9	Нелинейные системы (1 академ. час)	Нелинейные системы. Виды нелинейности. Ограничения.
10	Метод фазовой плоскости (1 академ. час)	Метод фазовой плоскости. Изложение. Примеры использования.
11	Фазовые портреты нелинейных систем (1 академ. час)	Фазовые портреты нелинейных систем. Примеры использования.
12	Метод функций Ляпунова (1 академ. час)	Метод функций Ляпунова. Изложение. Примеры использования.
13	Абсолютная устойчивость (1 академ. час)	Абсолютная устойчивость. Изложение. Примеры использования.
14	Гиперустойчивость нелинейных систем. Критерий гиперустойчивости	Гиперустойчивость нелинейных систем. Изложение. Примеры использования. Критерий гиперустойчивости. Изложение. Примеры использования.
15	Линеаризация обратной связью	Линеаризация обратной связью. Изложение. Примеры использования.
16	Линеаризация обратной связью на основе критерия гиперустойчивости.	Линеаризация обратной связью на основе критерия гиперустойчивости. Изложение. Примеры использования.

6 САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование раздела	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в академических часах
1	Управление и информатика. Общие принципы системной организации.	оформление отчета	8
2	Математические модели объектов и систем управления. Устойчивость и качество систем управления	оформление отчета	8
3	Дискретные и нелинейные системы управления	оформление отчета	5,8
	Итого		21,8 (академ.час.)

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Образовательный процесс по дисциплине строится на основе комбинации следующих образовательных технологий.

Интегральную модель образовательного процесса по дисциплине формируют технологии методологического уровня: модульно-рейтинговое обучение, технология поэтапного формирования умственных действий, технология развивающего обучения, элементы технологии развития критического мышления.

Реализация данной модели предполагает использование следующих технологий стратегического уровня (задающих организационные формы взаимодействия субъектов образова-

тельного процесса), осуществляемых с использованием определенных тактических процедур:

- лекционные (вводная лекция, информационная лекция, обзорная лекция, лекция-консультация, проблемная лекция);
- лабораторные (углубление знаний, полученных на теоретических занятиях, решение задач);
- практические (формирование определенных умений и навыков, формирование алгоритмического мышления);
- активизации познавательной деятельности (приемы технологии развития критического мышления через чтение и письмо, работа с литературой, подготовка презентаций по темам домашних работ);
- самоуправления (самостоятельная работа студентов, самостоятельное изучение материала).

Информационные технологии используются при организации коммуникации со студентами для представления информации, выдачи рекомендаций и консультирования по оперативным вопросам (электронная почта), использование мультимедиа-средств при проведении лекционных и практических занятий.

В качестве образовательных технологий при изучении дисциплины используются, мультимедийные лекции, на лабораторных занятиях используются лабораторные стенды и современные пакеты программных продуктов. С целью текущего контроля знаний студентов на лабораторных работах проводится контроль выполнения работы. Студентам предлагается обсудить полученные результаты и высказать свое мнение по применению возможных приемов для улучшения показателей либо результатов работы.

8 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: зачет 5 семестр

Вопросы для подготовки к зачету.

1. Основные понятия теории управления. Принципы управления в системах автоматического управления. Примеры.
2. Линеаризация систем автоматического управления. Первая форма записи.
3. Интегральные преобразования Лапласа. Вторая форма записи.
4. Модели систем автоматического управления в пространстве состояний.
5. Частотная передаточная функция систем автоматического управления и ее характеристики
6. Типовые соединения и передаточные функции систем автоматического управления.
7. Структурные преобразования линейных систем автоматического управления.
8. Классификация динамических звеньев систем автоматического управления. Типовые временные характеристики.
9. Инерционное звено 1-ого порядка.
10. Инерционное звено 2-ого порядка.
11. Идеальное интегрирующее звено.
12. Реальное дифференцирующее звено.
13. Звено с чистым запаздыванием.
14. Устойчивость систем автоматического управления. Необходимые и достаточные условия устойчивости.
15. Граница устойчивости и ее типы.
16. Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.
17. Критерий устойчивости Михайлова.
18. Критерий устойчивости Найквиста.
19. Робастная устойчивость.
20. Прямые показатели качества.
21. Косвенные методы оценки качества
22. Оценка точности в типовых режимах.

23. Корневой метод оценки качества.
24. Интегральный метод оценки качества.
25. Частотный метод оценки качества.
26. Инвариантность и принцип двухканальности.
27. Исследование типовых законов управления.
28. Исследование корректирующих звеньев.
29. Особенности нелинейных систем управления.
30. Математическое описание дискретных систем.
31. Устойчивость дискретных систем.
32. Оценка качества дискретных систем.
33. Нелинейные системы. Метод фазовой плоскости.
34. Метод функций Ляпунова.
35. Абсолютная устойчивость и гиперустойчивость
36. Линеаризация обратной связью.

9 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) литература

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Линейные системы : учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. П. Ким. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 311 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00799-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/414584> (дата обращения: 23.04.2021).

2. Ким, Д. П. Теория автоматического управления. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы : учебник и практикум для академического бакалавриата / Д. П. Ким. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 441 с. — (Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-00975-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/414628> (дата обращения: 23.04.2021).

3. Еремин Е.Л., Еремин И.Е Системы автоматического управления [Электронный ресурс]: Лабораторный практикум (MatLab-Simulink). Благовещенск: Амурский гос. ун-т, 2017. - Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7687.pdf

4. Первозванский, А. А. Курс теории автоматического управления : учебное пособие / А. А. Первозванский. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 624 с. — ISBN 978-5-8114-0995-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/168873> (дата обращения: 23.04.2021). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

5. Теория автоматического управления [Текст]: учеб. : доп. Мин. обр. РФ / под ред. В. Б. Яковлева. - 3-е изд., стер. - М. : Высш. шк., 2009. - 568 с.

6. Кудинов, Ю.И. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) [Электронный ресурс] : учебное пособие / Ю.И. Кудинов, Ф.Ф. Пашенко. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 312 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111198>. — Загл. с экрана.

7. Еремин, Е. Л., Кван Н.В., Семичевская Н.П. Теличенко Д.А. Нелинейное робастное управление сложными динамическими объектами. - Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2011. - 204 с. http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/6296.pdf

8. Теория автоматического управления : сб. учеб.-метод. материалов для направлений подготовки 09.03.01; 24.03.01 и спец. 24.05.01/ АмГУ, ФМиИ; сост. Е. Л. Еремин. - Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2017. - 61 с. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7784.pdf

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование	Описание
1	http://e.lanbook.com	Электронно-библиотечная система, включающая

№	Наименование	Описание
		в себя как электронные версии книг издательства «Лань» и других ведущих издательств учебной литературы, так и электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам.
2	ЭБС ЮРАЙТ https://urait.ru	Фонд электронной библиотеки составляет более 4000 наименований и постоянно пополняется новинками, в большинстве своем это учебники и учебные пособия для всех уровней профессионального образования от ведущих научных школ с соблюдением требований новых ФГОСов.
3	MS Windows 7 Pro MSWindows XP SP3	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
4	Операционная система MS Windows 10 Education, Pro	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years до 30.06.2019) Renewal по договору -Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от01 марта 2016 года
5	MS Visio 2007, 2010, 2013, 2016	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years до 30.06.2019) Renewal по договору - Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от01 марта 2016 года
6	Matlab R2014b	Academic classroom 25 по договору №2013.199430/949 от 20.11.2013
7	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии Mozilla Public Licence Version 2.0

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

№	Наименование	Описание
1	https://www.gost.ru/portal/gost/home/standarts	Федеральный институт промышленной собственности
2	http://www.edu.ru/	Российское образование. Федеральный портал
3	http://window.edu.ru/	Единое окно доступа к образовательным ресурсам
4	https://www.runnet.ru/	RUNNet (Russian UNiversity Network) - научно-образовательная телекоммуникационная сеть, обеспечивающими интеграцию с зарубежными научно-образовательными сетями (National Research and Education Networks, NREN) и с Интернет
5	https://reestr.minsvyaz.ru/	Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных
7	https://www.mathnet.ru/	Общероссийский математический портал Math-Net.Ru
8	http://www.wiki-prom.ru/	Сайт Института Космических Исследований
9	http://arc.iki.rssi.ru/Welcome.html	Современная энциклопедия промышленности России.
10	http://ecoruspace.me/	Ecoruspace.me. Информационный Интернет-сайт по-

№	Наименование	Описание
		священ существующей и планируемой ракетно-космической технике

10 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине «Теория автоматического управления» проводятся в учебных аудиториях для занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Специальные помещения укомплектованы: учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, проекционный экран, ноутбук.

Используется лабораторное оборудование:

типовой комплект учебного оборудования «Основы теории автоматического управления»;
 типовой комплект учебного оборудования «Теория автоматического управления» ТАУ-СК;
 типовой комплект учебного оборудования «Теория автоматического управления» ТАУ-НН.

Все помещения, в которых проводятся занятия, соответствуют действующим противопожарным правилам и нормам.

Каждый обучающийся обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронно-библиотечным системам и к электронной информационно-образовательной среде университета.

Самостоятельная работа обучающихся осуществляется в помещениях, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

На занятиях применяется следующее техническое оборудование: ПЭВМ на базе процессора Intel Pentium, проектор.