

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
(наименование учебной дисциплины/модуля)

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

Специализация образовательной программы: Эксплуатация стартовых и технических комплексов и систем жизнеобеспечения

Квалификация выпускника инженер

Год набора 2021

Форма обучения очная

Курс 3 Семестр 5

Экзамен 5
(семестр)

Общая трудоемкость дисциплины 144 (акад. час.), 4 (з.е.)

Составитель А.Н.Рыбалев, доцент, к.т.н., Усенко В.И., доцент, к.т.н.

Факультет энергетический

Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

2021 г.

Рабочая программа составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 24.05.01 Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно – космических комплексов, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации №964 от 12.08.2020 г.

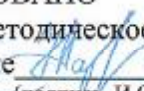
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры автоматизации производственных процессов и электротехники

«1» сентября 2021 г., протокол № 1

И.о.заведующего кафедрой  О.В.Скрипко

СОГЛАСОВАНО

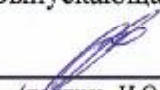
Учебно-методическое

управление  Н.А.Чалкина
(подпись, И.О.Ф.)

«1» сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

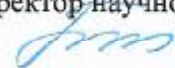
Выпускающая кафедра

 В.В. Соловьёв
(подпись, И.О.Ф.)

«1» 09 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

 О.В. Петрович
(подпись, И.О.Ф.)

«1» сентября 2021 г.

СОГЛАСОВАНО

Центр информационных и образовательных технологий

 А.А. Тодосейчук
(подпись, И.О.Ф.)

«1» сентября 2021 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Цель дисциплины (модуля): 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 (модуля):

- 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

Для успешного освоения дисциплины необходимы знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения дисциплин базовой части Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, по специальности 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов» Математический анализ; Обыкновенные дифференциальные уравнения; Физика; Алгоритмические языки программирования; Прикладная информатика и САД-системы.

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

Общепрофессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Теоретическое и практическое мышление	ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности	ИД – 1 опк-1 Знать: - теорию и основные законы в области естественнонаучных и общеинженерных дисциплин. ИД – 2 опк-1 Уметь: - применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности; - применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности
Физическое и математическое моделирование в профессиональной деятельности	ОПК-5 Способен разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач	ИД – 1 опк-5 Знать: физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельности для решения инженерных задач ИД – 2 опк-5 Уметь: - разрабатывать физические и математические модели исследуемых процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере деятельно-

Категория (группа) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
		сти для решения инженерных задач

4. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц, 144 академических часа.

№ п/п	Тема (раздел) дисциплины, курсовая работа (проект), промежуточная аттестация	Семестр	Виды контактной работы и трудоёмкость (в академических часах)				Контроль (в академических часах)	Самостоятельная работа (в академических часах)	Формы текущего контроля успеваемости
			Л	ПЗ	ЛР	КЭ			
1	Основные понятия и принципы управления	5	4	4	2			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
2	Математическое описание систем управления	5	8	8	4			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
3	Устойчивость систем управления.	5	6	8	4			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
4	Качество систем управления. Улучшение качества процесса управления	5	6	8	2			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
5	Дискретные системы управления	5	6	4	2			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
6	Нелинейные системы управления	5	4	4	2			4	Решение задач, выполнение лаб. раб.
	Итого		34	34	16	0,3	35,7	24	144(акад.час.)

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1. Лекции

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Основные понятия и принципы управления	1.1. Основные понятия 1.2. Принципы управления 1.2.1. Принцип программного управления. 1.2.2. Принцип компенсации. 1.2.3. Принцип обратной связи. 1.2.4. Принцип комбинированного управления 1.3. Структура системы управления 1.4. Классификация систем управления
2	Математическое описание систем управ-	2.1. Уравнения динамики и статики 2.2. Линеаризация. Формы записи дифференциальных

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
	ления	уравнений 2.3. Преобразование Лапласа 2.4. Передаточные и временные функции 2.4.1. Передаточные функции. 2.4.2. Временные функции. 2.4.3. Связь между передаточной функцией и временными функциями. 2.5. Частотные функции и характеристики. 2.5. Модели в пространстве состояний 2.5.1. Состояние динамической системы. 2.5.2. Описание динамической системы в нормальной форме. 2.5.3. Прямое программирование в переменных состояния. 2.6. Элементарные звенья их классификация и характеристики 2.6.1. Классификация звеньев. 2.6.2. Группа позиционных звеньев. 2.6.3. Группа интегрирующих звеньев. 2.6.4. Группа дифференцирующих звеньев. 2.6.5. Звено с чистым запаздыванием. 2.7. Типовые соединения, структурные преобразования и передаточные функции систем управления 2.7.1. Типовые соединения элементов систем управления. 2.7.2. Структурные преобразования фрагментов систем управления. 2.7.3. Передаточные функции одноканальных систем управления.
3	Устойчивость систем управления.	3.1. Определение и условия устойчивости 3.1.1. Определение устойчивости. 3.1.2. Необходимое и достаточное условие устойчивости. 3.1.3. Необходимое условие устойчивости. 3.1.4. Границы устойчивости. 3.1.5. Теоремы Ляпунова об устойчивости по линейному 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 (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Передаточные и временные функции.	Передаточные и временные функции. Получение, преобразование, использование.
2	Частотные функции и характеристики.	Частотные функции и характеристики. Получение, преобразование, использование.
3	Модели в пространстве состояний	Модели в пространстве состояний. Получение, преобразование, использование.
4	Алгебраический критерий Рауса-Гурвица.	Алгебраический критерий Рауса-Гурвица. Изложение. Примеры использования.
5	Частотный критерий Михайлова	Частотный критерий Михайлова. Вывод. Примеры использования.
6	Частотный критерий Найквиста	Частотный критерий Михайлова. Вывод. Примеры использования.
7	Робастная устойчивость	Робастная устойчивость. Вывод. Примеры использования.
8	Прямые показатели качества.	Прямые показатели качества. Изложение. Примеры использования.
9	Косвенные методы оценки качества.	Косвенные методы оценки качества. Изложение. Примеры использования.
10	Нелинейные системы.	Нелинейные системы. Виды нелинейности. Ограничения.
11	Метод фазовой плоскости.	Метод фазовой плоскости. Изложение. Примеры использования.
12	Фазовые портреты нелинейных систем	Фазовые портреты нелинейных систем. Примеры использования.
13	Метод функций Ляпунова.	Метод функций Ляпунова. Изложение. Примеры использования.
14	Абсолютная устойчивость	Абсолютная устойчивость. Изложение. Примеры использования.
15	Гиперустойчивость нелинейных систем.	Гиперустойчивость нелинейных систем. Изложение. Примеры использования.
16	Критерий гиперустойчивости	Критерий гиперустойчивости. Изложение. Примеры использования.
17	Линеаризация обратной связью	Линеаризация обратной связью. Изложение. Примеры использования.
18	Линеаризация обратной связью на основе критерия гиперустойчивости.	Линеаризация обратной связью на основе критерия гиперустойчивости. Изложение. Примеры использования.

5.3. Лабораторные работы

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Лабораторная работа 1	Применение пакета Matlab и среды Simulink в теории автоматического управления
2	Лабораторная работа 2	Исследование временных и частотных характеристик динамических систем 1-го порядка
3	Лабораторная работа 3	Исследование временных и частотных характеристик динамических систем 2-го порядка
4	Лабораторная работа 4	Исследование устойчивости систем управления с обратной связью
5	Лабораторная работа 5	Исследование статических и скоростных ошибок замкнутых систем

6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

№ п/п	Наименование темы (раздела)	Форма (вид) самостоятельной работы	Трудоемкость в академических часах
1	Основные понятия и принципы управления	оформление отчета	4
2	Математическое описание систем управления	оформление отчета	4
3	Устойчивость систем управления.	оформление отчета	4
4	Качество систем управления. Улучшение качества процесса управления	оформление отчета.	4
5	Дискретные системы управления	оформление отчета	4
6	Нелинейные системы управления	оформление отчета	4
Итого:			24 (акад.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 образовательного 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: экзамен 5 семестр

Вопросы для подготовки к экзамену.

- 9.2.1 Основные понятия теории управления. Принципы управления в системах автоматического управления. Примеры.
- 9.2.2 Линеаризация систем автоматического управления. Первая форма записи.
- 9.2.3 Интегральные преобразования Лапласа. Вторая форма записи.
- 9.2.4 Модели систем автоматического управления в пространстве состояний.
- 9.2.5 Частотная передаточная функция систем автоматического управления и ее характеристики
- 9.2.6 Типовые соединения и передаточные функции систем автоматического управления.
- 9.2.1 Структурные преобразования линейных систем автоматического управления.
- 9.2.2 Классификация динамических звеньев систем автоматического управления.
- Типовые временные характеристики.
- 9.2.3 Инерционное звено 1-ого порядка.
- 9.2.4 Инерционное звено 2-ого порядка.
- 9.2.5 Идеальное интегрирующее звено.
- 9.2.6 Реальное дифференцирующее звено.
- 9.2.7 Звено с чистым запаздыванием.
- 9.2.8 Устойчивость систем автоматического управления. Необходимые и достаточные условия устойчивости.
- 9.2.9 Граница устойчивости и ее типы.
- 9.2.10 Критерий устойчивости Рауса-Гурвица.
- 9.2.11 Критерий устойчивости Михайлова.
- 9.2.12 Критерий устойчивости Найквиста.
- 9.2.13 Робастная устойчивость.
- 9.2.14 Прямые показатели качества.
- 9.2.15 Косвенные методы оценки качества
- 9.2.16 Оценка точности в типовых режимах.
- 9.2.17 Корневой метод оценки качества.
- 9.2.18 Интегральный метод оценки качества.
- 9.2.19 Частотный метод оценки качества.
- 9.2.20 Инвариантность и принцип двухканальности.
- 9.2.21 Исследование типовых законов управления.
- 9.2.22 Исследование корректирующих звеньев.
- 9.2.23 Особенности нелинейных систем управления.
- 9.2.24 Математическое описание дискретных систем.
- 9.2.25 Устойчивость дискретных систем.
- 9.2.26 Оценка качества дискретных систем.
- 9.2.27 Нелинейные системы. Метод фазовой плоскости.
- 9.2.28 Метод функций Ляпунова.
- 9.2.29 Абсолютная устойчивость и гиперустойчивость
- 9.2.30 Линеаризация обратной связью.
- 9.3 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
- 9.3.1 Карточки с заданиями и методическими указаниями по выполнению лабораторных работ

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИН

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 [Электронный ресурс] : сб. учеб.-метод. материалов для направлений подготовки: 09.03.01 - Информатика и вычислительная техника; 24.03.01 - Ракетные комплексы и космонавтика; 24.05.01 – Проектирование, производство и эксплуатация ракетно-космических комплексов /АмГУ, ФМиИ; сост. Е. Л. Еремин. - Благовещенск: Изд-во Амур.гос. ун-та, 2017. - 62 с. Режим доступа: http://irbis.amursu.ru/DigitalLibrary/AmurSU_Edition/7784.pdf

б) программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

№	Наименование	Описание
1	Windows 7 Pro MS Windows XP SP3	DreamSparkPremiumElectronicSoftwareDelivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
2	MS Windows 10 Education –	DreamSpark Premium Electronic Software Delivery (3 years) Renewal по договору – Сублицензионный договор № Tr000074357/КНВ 17 от 01 марта 2016 года
3	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 от 01 марта 2016 года
4	Matlab R2014b	Academic classroom 25 по договору №2013.199430/949 от 20.11.2013
5	LibreOffice	Бесплатное распространение по лицензии Mozilla Public Licence Version 2.0

№	Наименование	Описание
1	Электронная библиотечная система ЭБС «Юрайт» https://urait.ru	ЭБС «Юрайт» - это электронная библиотека, которая соответствует всем обязательным требованиям министерства образования. В электронной библиотеке представлены все книги издательства Юрайт.
2	http://e.lanbook.com	Электронно-библиотечная система, включающая 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

в) профессиональные базы данных и информационные справочные системы

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

10. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

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.