

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
образования  
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 32

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель направления

проф., д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

А.Л. Ронжин

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«23» июня 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Оптимальные системы»  
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	15.03.06
Наименование направления подготовки/ специальности	Мехатроника и робототехника
Наименование направленности	Робототехника
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2021

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Доц., к.т.н.  
(должность, уч. степень, звание)

\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

В.П. Дашевский  
(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 32

«26» мая 2021 г, протокол № 10

Заведующий кафедрой № 32

д.т.н., проф.  
(уч. степень, звание)

  
\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

А.Л. Ронжин  
(инициалы, фамилия)

Ответственный за ОП ВО 13.03.02(01)

доц., к.т.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

  
\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

С.В. Солёный  
(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №3 по методической работе

доц., к.э.н., доц.  
(должность, уч. степень, звание)

  
\_\_\_\_\_ (подпись, дата)

Г.С. Армашова-Тельник  
(инициалы, фамилия)

## Аннотация

Дисциплина «Оптимальные системы» входит в образовательную программу высшего образования – программу бакалавриата по направлению подготовки/специальности 15.03.06 «Мехатроника и робототехника» направленности «Робототехника». Дисциплина реализуется кафедрой «№32».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способен создавать и эксплуатировать робототехнические системы»

ПК-2 «Способен организовывать материальное и документальное обеспечение ремонта робототехнических систем»

ПК-3 «Способен проводить расчетные и конструкторские работы по проектированию и созданию робототехнических систем»

ПК-4 «Способен выполнять технико-экономическое обоснование проекта робототехнических систем»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с теоретико-методологическими и методическими основами моделирования оптимальных систем управления для использования в производственной деятельности предприятий.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Данная дисциплина предоставляет возможность студентам развить и продемонстрировать навыки в области разработки и использования оптимальных систем управления при помощи компьютерных технологий. Кроме того, данная дисциплина позволяет наглядно понять и разобрать основные аспекты нелинейного программирования в функциональных пространствах.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-1 Способен создавать и эксплуатировать робототехнические системы	ПК-1.3.1 знает принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности робототехнических средств ПК-1.У.1 умеет создавать и эксплуатировать продукты сервисной и промышленной робототехники на основе имеющихся результатов исследований и разработок
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен организовывать материальное и документальное обеспечение ремонта робототехнических систем	ПК-2.3.1 знает принципы работы и необходимые инструменты по настройке и отладке и робототехнических средств
Профессиональные компетенции	ПК-3 Способен проводить расчетные и конструкторские работы по проектированию и созданию робототехнических систем	ПК-3.3.1 знает методики расчета, проектирования и улучшения основных характеристик робототехнических средств
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способен выполнять технико-экономическое обоснование проекта робототехнических систем	ПК-4.3.1 знает перечень функциональных показателей робототехнических средств ПК-4.У.1 умеет рассчитывать производительность робототехнических средств

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина базируется на знаниях, ранее приобретенных студентами при изучении следующих дисциплин:

- «Физика»
- «Математика»
- «Информатика»
- «Теория автоматического управления»

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и используются при изучении других дисциплин:

- Нечеткие регуляторы в робототехнических системах

### 3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№8
1	2	3
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)</b>	4/ 144	4/ 144
<b>Из них часов практической подготовки</b>	20	20
<b>Аудиторные занятия, всего час.</b>	30	30
в том числе:		
лекции (Л), (час)	10	10
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	20	20
лабораторные работы (ЛР), (час)		
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
<b>Самостоятельная работа, всего (час)</b>	78	78
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз.	Экз.

Примечание: \*\* кандидатский экзамен

### 4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 7					
Раздел 1. Постановка задачи оптимального управления	4	8			16
Раздел 2. Методы решения задач оптимального управления	8	16			22
Раздел 3. Адаптивные и самонастраивающиеся системы	5	10			28

Итого в семестре:	17	34			66
Итого:	17	34	0	0	66

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

### 1.1. Содержание разделов и тем лекционных занятий

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	<p><b>РАЗДЕЛ 1. Постановка задачи оптимального управления</b></p> <p>Тема: 1.1. Общие сведения об оптимальных, адаптивных и самонастраивающихся системах. Краткая историческая справка.</p> <p>Тема: 1.2. Модели управляемых систем. Критерии оптимальности. Параметрические и функциональные ограничения. Краевые условия. Математическая постановка задачи оптимального управления.</p> <p>Тема: 1.3. Примеры постановки задач оптимального управления транспортными объектами. Оптимальное управление движением поезда; оптимальное управление двигателем поворота платформы экскаватора; задач о безударной стыковке двух тел, управление двигателем лебедки портового крана и др.</p>
2	<p><b>РАЗДЕЛ 2 Методы решения задач оптимального управления</b></p> <p>Тема: 2.1. Методы классического вариационного исчисления. Функционал. Условия экстремума функционала. Уравнение Эйлера – Лагранжа. Задача с закрепленными концами. Задачи на условный экстремум. Ограничения типа равенств. Задача Лагранжа. Изопериметрическая задача. Примеры. Ограничения типа неравенств. Примеры. Задачи с подвижными концами. Условия трансверсальности.</p> <p>Тема: 2.2. Принцип максимума Понтрягина. Постановка задачи с фиксированным временем. Задача с максимальным быстродействием. Примеры. Теорема об <math>n</math> – интервалах. Задачи с несколькими ограничениями. Синтез оптимального управляющего устройства. Построение синтезирующих функций. Примеры.</p> <p>Тема: 2.3. Динамическое программирование. Постановка задачи. Уравнение Беллмана. Алгоритм решения задач оптимального управления методом динамического программирования. Вычислительный алгоритм. Примеры. Дискретный вариант метода динамического программирования. Два этапа расчета оптимального управления. Примеры: задача набора высоты</p>

	<p>самолетом, задача оптимальной маршрутизации.</p> <p>Тема: 2.4. Аналитическое конструирование оптимальных регуляторов. Постановка задачи. Синтез оптимальных регуляторов при квадратичном критерии. Уравнение Риккати. Критерий Сильвестра. Пример.</p> <p>Тема: 2.5. Конечномерная оптимизация. Методы линейного и нелинейного программирования. Постановки задач. Симплекс – метод.</p> <p>Тема: 2.6. Распределительный метод Канторовича Методы нелинейного программирования (НЛП). Их классификация. Регулярные и случайные методы поиска. Глобальный случайный поиск. Сравнительная характеристика методов НЛП.</p>
<b>3</b>	<p><b>РАЗДЕЛ 3 Адаптивные и самонастраивающиеся системы</b></p> <p>Тема: 3.1. Основные положения. Необходимость создания адаптивных систем управления.</p> <p>Тема: 3.2. Аналитические самонастраивающиеся системы.</p> <p>Тема: 3.3. Принцип построения и классификация адаптивных систем.</p> <p>Тема: 3.4. Самонастраивающиеся системы (СНС). Принципы построения СНС. Экстремальные системы. Поисковые и СНС.</p> <p>Тема: 3.5. Системы с адаптацией в особых фазовых состояниях. Релейные автоколебательные системы. Адаптивные системы с переменной структурой.</p> <p>Тема: 3.6. Обучающиеся системы. Задача обучения автоматической системы</p>

## 1.2. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7				
1.	Показатели качества управления	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	1
2.	Оптимальное управление движением поезда	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	1

3.	Оптимальное управление двигателем поворота платформы экскаватора	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	1
4.	Управление двигателем лебедки портового крана	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	1
5.	Задачи на условный экстремум	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	2
6.	Задача лагранжа	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	2
7.	Синтез оптимального управляющего устройства	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	2
8.	Метод динамического программирования	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	2
9.	Синтез оптимальных регуляторов при квадратичном критерии	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	2
10.	Конструирование оптимальных регуляторов	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	2
11.	Симплекс –метод	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	2
12.	Распределительный метод Канторовича	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	2
13.	Методы нелинейного программирования	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	3
14.	Построение самонастраивающейся системы	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	3
15.	Поисковые системы	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	3
16.	Релейные автоколебательные	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному	2	3



	системы	моделированию		
17.	Обучение автоматической системы	решение ситуационных задач, занятия по виртуальному моделированию	2	3
Всего:			34	

### 1.3. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено			
Всего:			

### 1.4. Курсовое проектирование (работа)

Учебным планом не предусмотрено

### 1.5. Самостоятельная работа студентов

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 7, час
1	2	3
<b>Самостоятельная работа, всего</b>	66	66
изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	-	-
курсовое проектирование (КП, КР)	-	-
расчетно-графические задания (РГЗ)	-	-
выполнение реферата (Р)	-	-
Подготовка к текущему контролю (ТК)	-	-
домашнее задание (ДЗ)	-	-
контрольные работы заочников (КРЗ)	-	-

## 2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю);

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы студентов указаны в п.п. 8-10.

## 3. Перечень основной и дополнительной литературы

### 3.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка / URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
ISBN 5-94506-090-9	Афанасьев В. Н. Оптимальные системы управления. Аналитическое конструирование //М.: Изд-во. – 2011. – Т. 1.	<a href="https://www.hse.ru/mirror/pubs/lib/data/access/ram/ticket/92/14859550408c061b6bd51d565d2cee937b24f21fcd/text.pdf">https://www.hse.ru/mirror/pubs/lib/data/access/ram/ticket/92/14859550408c061b6bd51d565d2cee937b24f21fcd/text.pdf</a>

### 3.2. Дополнительная литература

Перечень дополнительной литературы приведен в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень дополнительной литературы

Шифр	Библиографическая ссылка/ URL адрес	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
Нет	Моделирование в управлении: учеб. пособие (курс лекций) / А. Г. Бурда, Г. П. Бурда; Кубан. гос. аграр. ун-т. – Краснодар, 2015. – 250 с.	<a href="http://kubsau.ru/upload/iblock/412/41250aff9308f39078007854ca734837.pdf">http://kubsau.ru/upload/iblock/412/41250aff9308f39078007854ca734837.pdf</a>
ISBN 5-89407-288-3	Оптимальное управление. Линейная теория и приложения: Учебное пособие для студентов факультета ВМиК МГУ. – М.: Издательский отдел факультета ВМиК МГУ им. М.В. Ломоносова (лицензия ИД N 05899 от 24.09.2001 г.), 2007. – 270 с.	<a href="http://cmcstuff.esyr.org/el-net-20111113/5th%20Semestre/2%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA!%D0%9E%D0%A3/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%B2,%D0%90%D0%B2%D0%B2%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%">http://cmcstuff.esyr.org/el-net-20111113/5th%20Semestre/2%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%BA!%D0%9E%D0%A3/%D0%9A%D0%B8%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%B2,%D0%90%D0%B2%D0%B2%D0%B0%D0%BA%D1%83%D0%</a>

		BC%D0%BE%D0%B2,%D0%9E%D1 %80%D0%BB%D0%BE%D0%B2%20- %20%D0%9E%D0%A3_%D0%9B%D0%B 8  %D0%BD%D0%B5%D0%B9%D0%B  D%D0%B0%D1%8F%20%D1%82%D0%B 5%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F.pdf
	Шрейдер, М. Ю. Синтез технических систем управления [Электронный ресурс] : электронный курс лекций / М. Ю. Шрейдер, М. С. Мостовая; М-во образования и науки Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т", Каф. упр. и информатики в техн. системах. - Оренбург : ОГУ. - 2013.	<a href="http://ufer.osu.ru/index.php?option=com_ufer_dbsearch&amp;view=uferdbsearch&amp;action=details&amp;ufer_id=822">http://ufer.osu.ru/index.php?option=com_ufer_dbsearch&amp;view=uferdbsearch&amp;action=details&amp;ufer_id=822</a>

#### **4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины**

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети ИНТЕРНЕТ, необходимых для освоения дисциплины

URL адрес	Наименование
<a href="https://habrahabr.ru/post/204144/">https://habrahabr.ru/post/204144/</a>	Статья. Настройка многоконтурной системы управления фиксированной структуры
<a href="http://sernam.ru/book_tau.php">http://sernam.ru/book_tau.php</a>	Учебное пособие "Теория автоматического управления"

#### **5. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

##### **5.1. Перечень программного обеспечения**

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

##### **5.2. Перечень информационно-справочных систем**

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

## **6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Состав материально-технической базы представлен в таблице 12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Компьютерный класс	21-23
2	Мультимедийная лекционная аудитория	21-21

## **7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

7.1. Состав фонда оценочных средств приведен в таблице 13

Таблица 13 - Состав фонда оценочных средств для промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Примерный перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену;

7.2. Перечень компетенций, относящихся к дисциплине, и этапы их формирования в процессе освоения образовательной программы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам/практикам в процессе освоения ОП
<b>ОК-7 «способность к самоорганизации и самообразованию»</b>	
1	Культурология
1	Правоведение
1	Иностранный язык
1	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
1	Введение в направление
2	Иностранный язык
2	История
2	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
2	Безопасность жизнедеятельности
2	Учебная практика
3	Философия

3	Электротехника
3	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
3	Иностранный язык
4	Основы профилизации
4	Электроника
4	Электротехника
4	Социология и политология
4	Иностранный язык
4	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
4	Производственная практика
5	Силовая электроника
5	Электроника
5	Физическая культура
5	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
5	Электрические машины
5	Защита интеллектуальной собственности
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
6	Прикладная физическая культура (элективный модуль)
6	Физическая культура
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
6	Математические методы исследования в электромеханике
6	Производственная (научно-исследовательская работа) практика
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Силовая электроника
6	Контроль качества технологических операций
6	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
7	Управление роботами и робототехническими системами
7	Проектирование электроприводов
7	Менеджмент в мехатронике и робототехнике
7	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
7	Идентификация робототехнических систем
7	Оптимальные системы
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Моделирование в электромеханике
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах

8	Надежность робототехнических систем
8	Теория подобия и моделирования
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Экспериментальные методы исследования
8	Проектирование электроприводов
8	Моделирование в электромеханике
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Системы с искусственным интеллектом
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Производственная преддипломная практика
ПК-1 «способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники»	
3	Электротехника
3	Компьютерная графика в профессиональной сфере
4	Метрология
4	Электроника
4	Электротехника
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
5	Электрические и гидравлические приводы мехатронных и робототехнических устройств
5	Электрические машины
5	Теория автоматического управления
5	Электроника
5	Силовая электроника
6	Электроприводы аэрокосмических робототехнических систем
6	Силовая электроника
6	Теория автоматического управления
6	Математические методы исследования в электромеханике
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Проектирование вторичных источников питания
6	Электромеханические и полупроводниковые преобразователи электрической энергии
6	Микропроцессорная техника в мехатронике и

	робототехнике
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Контроль качества технологических операций
7	Моделирование в электромеханике
7	Микропроцессорная техника в мехатронике и робототехнике
7	Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Оптимальные системы
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
7	Проектирование электроприводов
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Теория автоматического управления
7	Идентификация робототехнических систем
7	Управление роботами и робототехническими системами
8	Конструирование, расчет и проектирование электромеханических и электроэнергетических устройств
8	Проблемы разработки и внедрения современных робототехнических систем
8	Проектирование роботов и робототехнических систем
8	Моделирование в электромеханике
8	Проектирование электроприводов
8	Надежность робототехнических систем
8	Системы с искусственным интеллектом
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Теория подобию и моделирования
8	Контроль и диагностика робототехнических систем и комплексов
8	Управление роботами и робототехническими системами
ПК-2 «способность разрабатывать программное обеспечение, необходимое для обработки информации и управления в мехатронных и робототехнических системах, а также для их проектирования»	
3	Электротехника
4	Электротехника
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
5	Теория автоматического управления
6	Информационные устройства и системы в робототехнике
6	Управление роботами и робототехническими системами
6	Производственная (научно-исследовательская работа) практика

6	Теория автоматического управления
7	Исполнительные устройства робототехнических систем
7	Теория автоматического управления
7	Управление роботами и робототехническими системами
7	Методы нечеткого управления в робототехнических системах и комплексах
7	Информационные технологии и системы в электромеханике и электроэнергетике
7	Оптимальные системы
7	Моделирование в электромеханике
7	Проектирование электроприводов
7	Автоматизация расчета и проектирования роботов и РТС
8	Проектирование электроприводов
8	Управление роботами и робототехническими системами
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Моделирование в электромеханике
ПК-5 «способность проводить эксперименты на действующих макетах, образцах мехатронных и робототехнических систем по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств»	
3	Электротехника
4	Электротехника
5	Теория автоматического управления
6	Теория автоматического управления
6	Информационные устройства и системы в робоотехнике
6	Производственная (научно-исследовательская работа) практика
7	Теория автоматического управления
7	Оптимальные системы
8	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
8	Экспериментальные методы исследования
8	Производственная преддипломная практика
ПК-31 «готовность производить инсталляцию и настройку системного, прикладного и инструментального программного обеспечения мехатронных и робототехнических систем, и их подсистем»	
5	Программное обеспечение мехатронных и робототехнических систем
7	Идентификация робототехнических систем
7	Оптимальные системы



7.3. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) у обучающихся компетенций применяется шкала модульно–рейтинговой системы университета. В таблице 15 представлена 100–балльная и 4–балльная шкалы для оценки сформированности компетенций.

Таблица 15 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции		Характеристика сформированных компетенций
100-балльная шкала	4-балльная шкала	
$85 \leq K \leq 100$	«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал;</li> <li>- уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;</li> <li>- опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления;</li> <li>- умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- свободно владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$70 \leq K \leq 84$	«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы;</li> <li>- не допускает существенных неточностей;</li> <li>- увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления;</li> <li>- аргументирует научные положения;</li> <li>- делает выводы и обобщения;</li> <li>- владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$55 \leq K \leq 69$	«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы;</li> <li>- допускает несущественные ошибки и неточности;</li> <li>- испытывает затруднения в практическом применении знаний направления;</li> <li>- слабо аргументирует научные положения;</li> <li>- затрудняется в формулировании выводов и обобщений;</li> <li>- частично владеет системой специализированных понятий.</li> </ul>
$K \leq 54$	«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> <li>- обучающийся не усвоил значительной части программного материала;</li> <li>- допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении;</li> <li>- испытывает трудности в практическом применении знаний;</li> <li>- не может аргументировать научные положения;</li> <li>- не формулирует выводов и обобщений.</li> </ul>

7.4. Типовые контрольные задания или иные материалы:

1. Вопросы (задачи) для экзамена (таблица 16)

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена
1.	Общие понятия. Структурное представление систем управления.

2.	Преобразование структурных схем: декомпозиция, агрегирование.
3.	Классификация систем управления.
4.	Задачи проектирования систем управления.
5.	Проблемы качества управления, законы управления.
6.	Анализ непрерывных линейных стационарных систем управления. Уравнения состояния.
7.	Решение уравнений состояния. Переходная матрица. Вычисление переходной матрицы.
8.	Устойчивость управления. Первый и второй методы Ляпунова.
9.	Анализ дискретных систем управления. Взаимосвязь методов описания дискретных и непрерывных систем управления.
10.	Уравнения состояния дискретных систем управления, переходная матрица.
11.	Синтез систем управления, качество управления, динамические и статические характеристики управления.
12.	Оптимальное управление. Критерии и задачи оптимального управления.
13.	Задачи оптимального быстродействия по расходу энергии и топлива.
14.	Вариационное исчисление и оптимальное управление. Задача Лагранжа.
15.	Необходимые и достаточные условия оптимального управления.
16.	Оптимальное управление в задачах о конечном состоянии. Задачи Майера, Больца.
17.	Принцип максимума Понтрягина. Задача о максимальном быстродействии.
18.	Применение принципа максимума к решению экономических задач.
19.	Динамическое программирование. Принцип оптимальности.
20.	Динамическое программирование для непрерывных систем управления. Уравнение Беллмана.
21.	Дискретный анализ динамического программирования. Приложения к экономическим задачам.
22.	Общность методов оптимального управления и их взаимосвязь.
23.	Связь динамического программирования и принципа максимума Понтрягина.
24.	Связь динамического программирования с вариационным исчислением.
25.	Качественное исследование оптимальных траекторий динамических систем, магистральная теория.

2. Вопросы (задачи) для зачета / дифференцированного зачета (таблица 17)

Таблица 17 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифференцированного зачета
	Учебным планом не предусмотрено

3. Темы и задание для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта (таблица 18)

Таблица 18 – Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта

№ п/п	Примерный перечень тем для выполнения курсовой работы / выполнения курсового проекта
	Учебным планом не предусмотрено

4. Вопросы для проведения промежуточной аттестации при тестировании (таблица 19)

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
1.	Определение связи вход-выход линейных систем
2.	Определение связи вход-выход многомерных систем
3.	методы определения переходной матрицы состояния
4.	Структурные преобразования систем.
5.	Декомпозиция систем
6.	Определение управляемости, наблюдаемости и устойчивости систем
7.	Решение уравнения состояния систем, получение переходной матрицы
8.	Определение оптимального управления вариационным методом
9.	Определение оптимального управления с помощью принципа максимума Понтрягина
10.	Определение оптимального управления методом динамического программирования

11. Контрольные и практические задачи / задания по дисциплине (таблица 20)

Таблица 20 – Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий

№ п/п	Примерный перечень контрольных и практических задач / заданий
1.	Даны уравнения состояния системы

	$\dot{x}_1 = x_2(t),$ $\dot{x}_2 = -2x_1(t) - 3x_2(t) + 2,$ $x_1(0) = x_2(0) = 0.$ <p>Найти решение уравнений состояния, записать выражение для переходной матрицы.</p>
2.	<p>Заданы уравнения системы управлений</p> $\dot{X} = AX + BU,$ $Y = CX + DU.$ $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & 3 \end{bmatrix}, \quad B = [1 \quad 2], \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad D = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}.$ <p>Нарисовать структурную схему системы управления.</p>
3.	<p>Задано уравнение системы управления</p> $\dot{X} = AX + BU, \quad Y = CX.$ $A = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad B = [1, \quad 1], \quad C = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}.$ <p>Определить управляемость и наблюдаемость системы.</p>
4.	<p>Найти функцию, удовлетворяющую граничным условиям: при <math>t=0 \quad x=0</math>,</p> $J = \int_0^1 \frac{1}{\dot{x}(t)} dt$ <p>при <math>t=1 \quad x(1)=1</math> и минимизирующую функционал</p>
5.	<p>Определить линейное оптимальное управление для системы</p> $\dot{x}_1 = x_2(t),$ $\dot{x}_2 = -x_2(t) + U,$ <p>принимая во внимание показатель качества</p> $J = \int_0^{\infty} \left( x_1^2(t) + x_2^2(t) + \frac{1}{9} U(t)^2 \right) dt$ <p>и граничные условия <math>x(0) = x_0, \quad x(\infty) = 0</math>.</p>

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и / или опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в Положениях «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего

образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

## **8. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Целью дисциплины является получение студентами необходимых знаний, умений и навыков в области разработки оптимальных систем управления робототехническими и механотронными устройствами, создание поддерживающей образовательной среды преподавания, предоставление возможности студентам развить и продемонстрировать навыки в области теории автоматического управления и синтеза оптимальных систем.

### **8.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала**

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

#### Планируемые результаты при освоении обучающимся лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально–деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

## **8.2. Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий**

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающаяся в выполнении обучающимися под руководством преподавателя комплекса учебных заданий с целью усвоения научно-теоретических основ учебной дисциплины, приобретения умений и навыков, опыта творческой деятельности.

Целью практического занятия для обучающегося является привитие обучающемуся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимся практических занятий:

- закрепление, углубление, расширение и детализация знаний при решении конкретных задач;
- развитие познавательных способностей, самостоятельности мышления, творческой активности;
- овладение новыми методами и методиками изучения конкретной учебной дисциплины;
- выработка способности логического осмысления полученных знаний для выполнения заданий;
- обеспечение рационального сочетания коллективной и индивидуальной форм обучения.

Функции практических занятий:

- познавательная;
- развивающая;
- воспитательная.

По характеру выполняемых обучающимся заданий по практическим занятиям подразделяются на:

- ознакомительные, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала;
- аналитические, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов;
- творческие, связанные с получением новой информации путем самостоятельно выбранных подходов к решению задач.

Формы организации практических занятий определяются в соответствии со специфическими особенностями учебной дисциплины и целями обучения. Они могут проводиться:

- в интерактивной форме (решение ситуационных задач, занятия по моделированию реальных условий, деловые игры, игровое проектирование, имитационные занятия, выездные занятия в организации (предприятия), деловая учебная игра, ролевая игра, психологический тренинг, кейс, мозговой штурм, групповые дискуссии);
- в не интерактивной форме (выполнение упражнений, решение типовых задач, решение ситуационных задач и другое).

Методика проведения практического занятия может быть различной, при этом важно достижение общей цели дисциплины.

### **Требования к проведению практических занятий**

Структурными элементами практического занятия являются: вводная часть, основная часть, заключительная часть.

Вводная часть обеспечивает подготовку студентов к выполнению заданий работы. В ее состав входят:

- формулировка темы, цели и задач занятия, обоснование его значимости в профессиональной подготовке студентов;
- рассмотрение связей данной темы с другими темами курса;
- изложение теоретических основ работы;
- характеристика состава и особенностей заданий работы и объяснение подходов (методов, способов, приемов) к их выполнению;
- характеристика требований к результату работы;
- вводный инструктаж по технике безопасности при эксплуатации технических средств;
- проверка готовности студентов к выполнению заданий работы;
- пробное выполнение заданий под руководством преподавателя;
- указания по самоконтролю результатов выполнения заданий студентами.

Основная часть предполагает самостоятельное выполнение заданий студентами. Может сопровождаться:

- дополнительными разъяснениями по ходу работы;
- устранением трудностей при выполнении заданий работы;
- текущим контролем и оценкой результатов работы;
- поддержанием в рабочем состоянии технических средств;
- ответами на вопросы студентов.

Заключительная часть содержит:

- подведение общих итогов (позитивных, негативных) занятия;
- оценку результатов работы отдельных студентов;
- ответы на вопросы студентов;
- выдачу рекомендаций по улучшению показателей работы и устранению пробелов в системе знаний и умений студентов;
- сбор отчетов студентов по выполненной работе для проверки преподавателем;
- изложение сведений о подготовке к выполнению следующей работы, в частности, о подлежащей изучению учебной литературе.

Вводная и заключительная части лабораторного (практического) занятия проводятся фронтально. Основная часть выполняется каждым студентом индивидуально.

### **8.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы**

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

Для обучающихся по заочной форме обучения, самостоятельная работа может включать в себя контрольную работу.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются:

- учебно-методический материал по дисциплине;
- методические указания по выполнению контрольных работ (для обучающихся по заочной форме обучения).

### **8.4. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:



- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программы высшего образования» и «О модульно-рейтинговой системе оценки качества учебной работы студентов в ГУАП».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой