

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

Кафедра № 31

УТВЕРЖДАЮ
Руководитель образовательной программы

Ст. преп., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)

Е.Ю. Ватаева

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«4»_февраля 2025_г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нелинейные и адаптивные системы управления»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	27.04.04
Наименование направления подготовки/ специальности	Управление в технических системах
Наименование направленности	Управление в технических системах
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Санкт-Петербург– 2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

Ст. преп., к.т.н.

(должность, уч. степень, звание)



04.02.2025

(подпись, дата)

Е.Ю. Ватаева

(инициалы, фамилия)

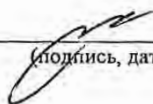
Программа одобрена на заседании кафедры № 31

«4»_февраля 2025_ г, протокол № 3

Заведующий кафедрой № 31

д.т.н., проф.

(уч. степень, звание)



04.02.2025

(подпись, дата)

В.Ф. Шишлаков

(инициалы, фамилия)

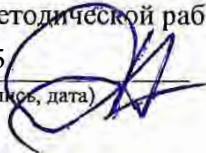
Заместитель директора института №3 по методической работе

Ст. преп.

(должность, уч. степень, звание)

04.02.2025

(подпись, дата)



Н.В. Решетникова

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Нелинейные и адаптивные системы управления» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/ специальности 27.04.04 «Управление в технических системах» направленности «Управление в технических системах». Дисциплина реализуется кафедрой «№31».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-1 «Способность формулировать цели, задачи научных исследований в области автоматического управления, выбирать методы и средства решения задач»

ПК-2 «Способность применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки»

ПК-4 «Способность к организации и проведению экспериментальных исследований и компьютерного моделирования с применением современных средств и методов»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением теоретических основ и прикладных алгоритмов разработки и исследования систем нелинейных систем автоматического управления, в том числе:

- основные положения теории управления, современные тенденции в развитии и применении систем автоматического управления;

- применение теоретических знаний к решению конкретных инженерных задач проектирования нелинейных систем автоматического управления;

- использование современных пакетов математического моделирования для решения задач анализа и синтеза нелинейных систем автоматического управления.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия..

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 25 зачетных единиц, 900 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами основ теории нелинейных систем автоматического управления, а также получение практических навыков, необходимых при создании, исследовании и эксплуатации систем и средств автоматизации и управления. Данная дисциплина базируется на теории автоматического управления, однако более детально изучаются нелинейные, адаптивные и импульсные системы САУ. Поскольку в современном технологическом мире все системы являются нелинейными, следовательно дисциплина имеет важное прикладное значение.

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 Способность формулировать цели, задачи научных исследований в области автоматического управления, выбирать методы и средства решения задач	ПК-1.3.1 знает основные подходы для решения задачи синтеза систем автоматического управления
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способность применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки	ПК-2.3.1 знает порядок составления адекватной математической модели исследуемого объекта ПК-2.У.1 умеет применять основные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов, относящихся к профессиональной деятельности по направлению подготовки ПК-2.В.1 владеет навыками проверки адекватности математической модели исследуемому объекту
Профессиональные компетенции	ПК-4 Способность к организации и проведению экспериментальных исследований и	ПК-4.3.1 знает принципы проведения экспериментальных исследований и компьютерного моделирования в рамках профессиональной деятельности ПК-4.В.1 владеет навыками компьютерного

	компьютерного моделирования с применением современных средств и методов	моделирования исследуемых объектов
--	-------------------------------------------------------------------------	------------------------------------

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

– «Математические методы и модели научных исследований».

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

– «Современные проблемы теории управления»,

– «Методы оптимизации сложных систем»,

– «Локальные системы управления».

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		
		№1	№2	№3
1	2	3	4	5
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	25/ 900	8/ 288	10/ 360	7/ 252
Из них часов практической подготовки	153	51	51	51
Аудиторные занятия, всего час.	204	68	68	68
в том числе:				
лекции (Л), (час)	51	17	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	51	17	17	17
лабораторные работы (ЛР), (час)	102	34	34	34
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)				
экзамен, (час)	180	63	63	54
Самостоятельная работа, всего (час)	516	157	229	130
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**)	Экз., Экз., Экз.	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) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 1					
Раздел 1. Общие сведения и нелинейных системах и методы их описания	3	3	4	-	10

Раздел 2. Исследование нелинейных систем методом фазовой плоскости	3	3	6	-	10
Раздел 3. Метод гармонической линеаризации нелинейных звеньев	3	3	8	-	40
Раздел 4. Метод функций Ляпунова	4	4	8	-	40
Раздел 5. Случайные процессы в нелинейных системах	4	4	8	-	57
Итого в семестре:	17	17	34	-	157
Семестр 2					
Раздел 6. Системы прямой адаптации	3	3	4	-	20
Раздел 7. Адаптивные системы с моделью	3	3	6	-	30
Раздел 8. Самоорганизующиеся системы управления	3	3	8	-	60
Раздел 9. Адаптивные системы с идентификацией	4	4	8	-	50
Раздел 10. Экстремальные системы управления	4	4	8	-	69
Итого в семестре:	17	17	34	-	229
Семестр 3					
Раздел 11. Понятие об импульсных системах.	2	2	4	-	10
Раздел 12. Эквивалентная схема импульсной системы	4	4	4	-	20
Раздел 13. Математический аппарат исследования нелинейных импульсных систем	4	4	10	-	26
Раздел 14. Передаточные функции и уравнения импульсных систем	3	3	8	-	20
Раздел 15. Анализ устойчивости и качества импульсных систем	4	4	8	-	54
Итого в семестре:	17	17	34	-	130
Итого	51	51	102	0	516

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

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Общие понятия о нелинейных звеньях в составе САУ.
2	Нелинейные статические характеристики и их особенности. Фазовые портреты и типы особых точек. Метод фазовой плоскости анализа и синтеза систем.
3	Гармоническая линеаризация. Вычисление коэффициентов гармонической линеаризации при симметричных колебаниях. Исследование симметричных автоколебаний. Нессимметричные колебания. Вынужденные колебания и вибрационная линеаризация.
4	Знакопостоянные и знакоопределенные функции.

	Устойчивость неавтономных систем. Устойчивость автономных систем. Устойчивость при постоянно действующих возмущениях. Исследование нелинейных систем по линейному приближению.
5	Основные характеристики случайного процесса. Особенности расчета случайного процесса в нелинейной системе. Определение коэффициентов статической линеаризации.
6	Понятие адаптации. Типы адаптивных систем управления. Прямая адаптация на основе оптимального управления. Адаптация с частотным контуром адаптации. Прямое адаптивное управление дискретными объектами.
7	Адаптивное управление с моделью. Адаптивная система с управлением по состоянию. Адаптация с использованием чистых производных.
8	Марковская модель объекта управления. Рекуррентный наблюдатель производных. Адаптивная система на основе самоорганизующегося оптимального регулятора с экстраполяцией.
9	Синтез адаптивной системы с идентификацией
10	Особенности экстремальных систем. Методы определения экстремума. Виды экстремальных систем.
11	Определение импульсной системы. Типы импульсных систем, виды импульсной модуляции. Классификация импульсных элементов по виду модуляции. Параметры импульсного элемента модуляции. Понятие об импульсных системах с мгновенным и конечным временем съема данных.
12	Представление импульсного элемента в виде соединения простейшего импульсного элемента и формирующего элемента. Передаточная функция формирующего элемента. Приведенная непрерывная часть системы.
13	Понятие о решетчатых функциях. Понятие о разностях решетчатых функций и разностных уравнениях. Дискретное преобразование Лапласа. Связь между дискретными и непрерывными преобразованиями Лапласа (Фурье). Частотное представление решетчатой функции. z -преобразование.
14	Уравнение разомкнутой импульсной системы относительно оригиналов. Уравнение разомкнутой системы относительно изображений. Дискретная передаточная функция разомкнутой импульсной системы. Дискретная передаточная функция последовательно и параллельно соединенных цепей направленного действия. Уравнение замкнутой импульсной системы относительно оригиналов. Уравнение замкнутой импульсной системы относительно изображений.

	Передаточные функции замкнутой импульсной системы.
15	Условие устойчивости замкнутой импульсной системы. Критерии устойчивости импульсных САУ. Построение переходных процессов в замкнутой импульсной системе. Косвенные методы оценки качества импульсных систем. Определение экстраполяции. Закон экстраполяции. Типы экстраполяторов в зависимости от закона экстраполяции.

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 1					
1	Составление результирующих характеристик НЭ	Решение задач	1	5	1
2	Метод фазовой плоскости	Решение задач	2	5	2
3	Гармоническая линеаризация	Решение задач	3	5	3
4	Устойчивость нелинейных систем (Критерий Попова, Метод Ляпунова)	Решение задач	3	5	4
5	Исследование автоколебаний	Решение задач	3	5	3,4
6	Косвенные показатели качества	Решение задач	2	5	4,5
7	Вибрационная линеаризация	Решение задач	3	5	1,3
Семестр 2					
8	Определение устойчивости системы	Решение задач	3	8	6,7
9	Составление уравнения эталонной модели	Решение задач	4	8	6,8
10	Определение законов управления и алгоритм изменения коэффициентов регулятора при разных моделях объекта управления	Решение задач	10	8	9,10

Семестр 3					
11	Синтез нелинейных САУ с широтно-импульсной модуляцией	Решение задач	8	13	11,12
12	Синтез нелинейных САУ с частотно-импульсной модуляцией	Решение задач	8	14	13,14,15
Всего			51		

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 1				
	Исследование статических нелинейностей и методов их компенсации	8	4	1,2
	Исследование динамических нелинейностей	8	4	1,3
	Метод фазовой плоскости	9	4	4,5
	Исследование автоколебаний	9	4	4,5
Семестр 2				
	Одноканальная система с градиентным методом адаптации	8	6	6,7
	Система с пропорционально – интегральным алгоритмом изменения коэффициентов регулятора синтезированные методом скоростного градиента	8	6	8
	Адаптивная система с эталонной моделью	9	5	9
	Система экстремального регулирования	9	10	10
Семестр 3				
	Моделирование синтеза нелинейных САУ с широтно- импульсной модуляцией	16	12	11,12
	Моделирование синтеза нелинейных САУ с частотно- импульсной модуляцией	16	12	13,14,15
Всего		102		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 1, час	Семестр 2, час	Семестр 3, час
1	2	3	4	5
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	157	141	209	110
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	229	10	12	12
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	234	6	8	8
Всего:	516	157	229	130

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
681.5 Б53	Бесекерский, Виктор Антонович (проф., лауреат Гос. премии). Теория систем автоматического управления [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп. - СПб. : Профессия, 2007. - 752 с.	163
	Теория автоматического управления. Нелинейные системы : учебное пособие. Ч.3 / М. В. Бураков ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2018. - 178 с.	
https://znanium.com/catalog/document?pid=548433	Панкратов, В. В. Избранные разделы современной теории автоматического управления/Панкратов В.В., Нос О.В., Зима Е.А. - Новосибирск : НГТУ, 2011. - 223 с.: ISBN 978-5-7782-1810-9. - Текст : электронный.	
https://znanium.com/catalog/product/1663516	Решетникова, Г. Н. Адаптивные системы : учебное пособие / Г. Н. Решетникова. - Томск :	

	Издательство Томского государственного университета, 2016. - 112 с. - Текст : электронный.	
https://znanium.com/catalog/product/550540	Рубан, А. И. Адаптивные системы управления с идентификацией/Рубан А.И. - Краснояр.: СФУ, 2015. - 140 с.: ISBN 978-5-7638-3194-8. - Текст : электронный.	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Matlab

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

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

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 – Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«отлично» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
	Приведены в табл. 18	

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

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

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1	1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. Какова основная особенность нелинейных статических характеристик в системах автоматического управления (САУ) а) Они всегда линейны и предсказуемы; б) Они могут изменяться в зависимости от уровня входного сигнала; в) Они не зависят от состояния системы; г) Они всегда имеют одну точку равновесия.	ПК-1.3.1
2	1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. Какой из следующих факторов не влияет на устойчивость автономных систем а) Наличие знакопостоянных функций; б) Параметры системы, такие как коэффициенты передачи; в) Внешние возмущения, действующие на систему; г) Структура нелинейных уравнений системы.	ПК-2.3.1
3	1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. Какой из следующих типов адаптивных систем управления основан на использовании модели объекта управления для корректировки управляющего воздействия а) Прямая адаптация на основе оптимального управления; б) Адаптация с частотным контуром адаптации; в) Адаптивное управление с моделью; г) Адаптация с использованием чистых производных.	ПК-2.У.1
4	1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. Какой из следующих методов используется для нахождения	ПК-2.В.1

	экстремума в адаптивных системах управления а) Метод градиентного спуска; б) Метод случайного поиска; в) Метод линейного программирования; г) Метод динамического программирования.	
5	1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. Какое из следующих условий является критерием устойчивости замкнутой импульсной системы а) Все корни характеристического уравнения должны находиться в правой полуплоскости; б) Все корни характеристического уравнения должны находиться в левой полуплоскости; в) Все корни характеристического уравнения должны быть действительными; г) Все корни характеристического уравнения должны быть равны нулю.	ПК-4.3.1
6	1 тип) Задание комбинированного типа с выбором одного верного ответа из четырех предложенных и обоснованием выбора. Какое из следующих утверждений наиболее точно описывает импульсную систему а) Импульсная система всегда работает в непрерывном времени; б) Импульсная система обрабатывает сигналы, представленные в дискретной форме; в) Импульсная система не может использовать модуляцию; г) Импульсная система всегда имеет линейные характеристики.	ПК-4.В.1
7	2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных Какие из следующих утверждений верны относительно нелинейных статических характеристик а) Нелинейные статические характеристики могут иметь несколько равновесных точек; б) Нелинейные статические характеристики всегда являются монотонными; в) Нелинейные статические характеристики могут демонстрировать гистерезис; г) Нелинейные статические характеристики не могут быть представлены в виде графиков.	ПК-1.3.1
8	2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных Какие из следующих условий относятся к устойчивости нелинейных систем а) Устойчивость неавтономных систем зависит от внешних возмущений; б) Устойчивость автономных систем определяется только внутренними параметрами системы; в) Устойчивость нелинейных систем можно исследовать только с помощью линейного приближения; г) Устойчивость может быть определена с помощью фазовых портретов.	ПК-2.3.1
9	2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных	ПК-2.У.1

	<p>Какие из следующих утверждений верны относительно типов адаптивных систем управления</p> <p>а) Прямая адаптация основана на использовании оптимального управления;</p> <p>б) Адаптация с частотным контуром адаптации не требует предварительной идентификации объекта;</p> <p>в) Адаптивное управление с моделью предполагает наличие модели объекта управления;</p> <p>г) Адаптивные системы с управлением по состоянию не могут использовать информацию о текущем состоянии системы.</p>			
10	<p>2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных</p> <p>Какие из следующих методов относятся к методам определения экстремума в адаптивных системах</p> <p>а) Метод градиентного спуска;</p> <p>б) Метод динамического программирования;</p> <p>в) Метод случайного поиска;</p> <p>г) Метод линейного программирования.</p>			ПК-2.В.1
11	<p>2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных</p> <p>Какие из следующих утверждений верны относительно импульсных систем и их классификации</p> <p>а) Импульсные системы могут быть классифицированы по виду модуляции;</p> <p>б) Импульсные системы с мгновенным временем съема данных не требуют учета времени обработки;</p> <p>в) Передаточная функция формирующего элемента всегда является линейной;</p> <p>г) Разностные уравнения описывают динамику импульсных систем.</p>			ПК-4.3.1
12	<p>2 тип) Задание комбинированного типа с выбором нескольких вариантов ответа из предложенных</p> <p>Какие из следующих утверждений касаются устойчивости и передаточных функций замкнутых импульсных систем</p> <p>а) Устойчивость замкнутой импульсной системы может быть определена с помощью критериев Рутгера;</p> <p>б) Дискретная передаточная функция замкнутой импульсной системы всегда является рациональной;</p> <p>в) Условия устойчивости замкнутой импульсной системы зависят только от передаточной функции;</p> <p>г) Построение переходных процессов в замкнутой импульсной системе требует учета начальных условий.</p>			ПК-4.В.1
13	<p>3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия</p> <p>Сопоставьте тип импульсной системы с соответствующей характеристикой</p>			ПК-1.3.1
	1	Импульсная система первого рода	А	Основана на передаче сигналов в дискретные моменты времени
	2	Импульсная система второго рода	Б	Применяется для обработки сигналов с мгновенным захватом данных
	3	Импульсно-	В	Использует модуляцию

		модулированная система		для передачи информации			
	4	Замкнутая импульсная система	Г	Обеспечивает обратную связь и управление			
	Ответ						
		1	2	3	4		
14	3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия Сопоставьте термин с его описанием				ПК-2.3.1		
	1	z-преобразование	А	Описывает динамику системы в дискретной форме			
	2	Разностное уравнение	Б	Отношение выходного сигнала к входному в частотной области			
	3	Передаточная функция	В	Процесс, когда данные захватываются в единственный момент времени			
	4	Мгновенный съем данных	Г	Применяется для анализа и проектирования дискретных систем			
	Ответ						
		1	2	3		4	
	15	3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия Сопоставьте тип адаптивной системы с соответствующей характеристикой				ПК-2.У.1	
		1	Прямая адаптация	А			Управляет системой на основе ее текущего состояния и заданных параметров
2		Адаптация с частотным контуром	Б	Основывается на идентификации модели объекта управления			
3		Адаптивное управление с моделью	В	Реализует управление на основе частотных характеристик объекта			
4		Адаптивная система с управлением по состоянию	Г	Основана на модификации управляющего воздействия с использованием текущей информации о системе			
Ответ							
		1	2	3	4		
16		3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия Сопоставьте термин с его описанием					ПК-2.В.1
		1	Марковская модель объекта управления	А	Способы нахождения оптимальных значений контролируемых параметров для		

				достижения максимальной эффективности	
	2	Реккуррентный наблюдатель производных	Б	Регулятор, который сам адаптируется к изменениям в окружающей среде и характеристиках системы	
	3	Самоорганизующийся оптимальный регулятор	В	Специальный алгоритм, который позволяет наблюдать и оценивать производные состояния системы	
	4	Методы определения экстремума	Г	Используется для оценки состояния системы в будущем на основе текущего состояния	
	Ответ				
	1	2	3	4	
17	3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия Сопоставьте тип колебаний с соответствующей характеристикой				ПК-4.3.1
	1	Симметричные автоколебания	А	Характеризуются синусоидальной формой	
	2	Нессимметричные колебания	Б	Возникают под воздействием внешних периодических сил	
	3	Вынужденные колебания	В	Проявляют асимметричность в распределении амплитуд колебаний	
	4	Гармонические колебания	Г	Для них характерно равенство амплитуд колебаний в обе стороны	
	Ответ				
	1	2	3	4	
18	3 тип) Задание закрытого типа на установление соответствия Установление соответствия между методом анализа/синтеза и его описанием				ПК-4.В.1
	1	Метод фазовой плоскости	А	Анализирует способность системы возвращаться к равновесию после возмущений	
	2	Гармоническая линеаризация	Б	Устанавливают связь между нелинейным и линейным поведением системы	
	3	Коэффициенты статической линеаризации	В	Позволяет анализировать поведение системы в окрестности равновесия	
	4	Исследование	Г	Используется для	

		устойчивости		визуализации динамики системы в пространстве	
	Ответ				
	1	2	3	4	
19	<p>4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности. Установите правильную последовательность этапов исследования нелинейной системы</p> <p>а) Определение коэффициентов статической линеаризации; б) Исследование устойчивости системы; в) Применение гармонической линеаризации; г) Построение фазового портрета; д) Вычисление коэффициентов гармонической линеаризации.</p> <p>Ответ</p>				ПК-1.3.1
	1	2	3	4	5
20	<p>4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности. Установите правильную последовательность этапов разработки адаптивной системы управления</p> <p>а) Выбор типа адаптивной системы; б) Реализация алгоритма адаптации; в) Идентификация объекта управления; г) Оптимизация параметров управления; д) Тестирование и валидация системы.</p> <p>Ответ</p>				ПК-2.3.1
	1	2	3	4	5
21	<p>4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности. Установите правильную последовательность методов адаптивного управления по их сложности</p> <p>а) Прямая адаптация на основе оптимального управления; б) Адаптация с частотным контуром адаптации; в) Адаптивная система с управлением по состоянию; г) Адаптивное управление с моделью.</p> <p>Ответ</p>				ПК-2.У.1
	1	2	3	4	
22	<p>4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности. Установите правильную последовательность этапов анализа импульсной системы</p> <p>а) Определение параметров импульсного элемента модуляции; б) Формулирование уравнения разомкнутой системы относительно оригиналов; в) Исследование устойчивости замкнутой импульсной системы; г) Построение переходных процессов в замкнутой импульсной системе; д) Определение передаточной функции формирующего элемента.</p> <p>Ответ</p>				ПК-2.В.1

	1	2	3	4	5	
23	4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности. Установите правильную последовательность типов импульсных систем по их сложности а) Импульсные системы с мгновенным временем съема данных; б) Импульсные системы с конечным временем съема данных; в) Импульсные системы с разностными уравнениями; г) Импульсные системы, представленные в форме z-преобразования оделью. Ответ					ПК-4.3.1
	1	2	3	4		
24	4 тип) Задание закрытого типа на установление последовательности. Установите правильную последовательность этапов проектирования импульсной системы а) Определение типа импульсной системы и её элементов; б) Анализ характеристик и требований к системе; в) Разработка передаточной функции и разностных уравнений; г) Построение дискретной передаточной функции системы. д) Проверка условий устойчивости и качество системы. Ответ					ПК-4.В.1
	1	2	3	4	5	
25	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте и укажите, какие системы автоматического управления называются нелинейными					ПК-1.3.1
26	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте суть метода результирующих характеристик нелинейных звеньев					ПК-2.3.1
27	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте основанную идею метода фазовой плоскости. Сформулируйте определение понятиям – фазовые координаты, фазовая плоскость, фазовое пространство, фазовые траектории, фазовый портрет.					ПК-2.У.1
28	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте и укажите методы построения фазовых портретов. Особенности фазовых портретов.					ПК-2.В.1
29	5 тип) Задание с развернутым ответом Метод изоклин для построения фазовых портретов.					ПК-4.3.1
30	5 тип) Задание с развернутым ответом Метод гармонической линеаризации нелинейных элементов. Сформулируйте основные понятия.					ПК-4.В.1
31	5 тип) Задание с развернутым ответом Расчеты коэффициентов гармонической линеаризации нелинейных элементов.					ПК-1.3.1
32	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте и укажите графоаналитические методы исследования автоколебаний в нелинейных элементах.					ПК-2.3.1

33	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте основные принципы метода Гольдфабра	ПК-2.У.1
34	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте критерий Попова. Основные понятия.	ПК-2.В.1
35	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте метод Ляпунова. Основные понятия.	ПК-4.3.1
36	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте понятие о вибрационной линеаризации.	ПК-4.В.1
37	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте отличие гармонической линеаризации от вибрационной.	ПК-1.3.1
38	5 тип) Задание с развернутым ответом В чем заключается адаптация системы управления.	ПК-2.3.1
39	5 тип) Задание с развернутым ответом Укажите, какая система называется адаптивной. Как оценить качество адаптивной системы.	ПК-2.У.1
40	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте основные понятия систем прямого адаптивного управления.	ПК-2.В.1
41	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте значение модели в системах адаптивного управления.	ПК-4.3.1
42	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте отличие регуляторов систем прямой адаптации от регуляторов систем адаптивного управления с моделью.	ПК-4.В.1
43	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте определение коэффициентов настройки адаптивных регуляторов с моделью.	ПК-1.3.1
44	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте основные понятия о самоорганизующиеся системы.	ПК-2.3.1
45	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте понятие о виртуальной модели объекта. Суть и применение.	ПК-2.У.1
46	5 тип) Задание с развернутым ответом Укажите, почему виртуальная модель объекта управления имеет несколько систем уравнений различных порядков.	ПК-2.В.1
47	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте определение импульсной системы. Виды импульсной модуляции.	ПК-4.3.1
48	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте понятие о дискретном преобразовании Лапласа.	ПК-4.В.1
49	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте понятие о Z – преобразовании. Укажите свойства Z – преобразования.	ПК-1.3.1
50	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте критерии устойчивости импульсных САУ	ПК-2.3.1
51	5 тип) Задание с развернутым ответом Укажите косвенные методы оценки качества импульсных САУ	ПК-2.У.1
52	5 тип) Задание с развернутым ответом Сформулируйте понятие об экстраполяции. Типы экстраполяторов.	ПК-2.В.1
53	5 тип) Задание с развернутым ответом	ПК-4.3.1

	Сформулируйте понятие и свойства решетчатых функций.	
54	5 тип) Задание с развернутым ответом Укажите типы импульсных систем.	ПК-4.В.1

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. 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 обучающимися 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.

Структура предоставления лекционного материала:

- комментарии к предыдущей лекции и ответы на возникшие вопросы;
- изложение нового материала по рассматриваемой теме;
- демонстрация примеров практического применения рассмотренного материала;
- ответы на вопросы, возникшие в процессе лекции.

Для развития у студентов навыков самостоятельного овладения теоретическим материалом ряд тем дисциплины на лекционных занятиях может даваться обзорно, что предполагает их самостоятельное детальное изучение.

11.2. 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 обучающимся умений и навыков практической деятельности по изучаемой дисциплине.

Планируемые результаты при освоении обучающимися 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.

Требования к проведению практических занятий

Проведение практических работ регламентируется правилами охраны труда и техники безопасности, утвержденными ректором ГУАП. Задание на выполнение практических работ определяется преподавателем в соответствии с настоящей программой дисциплины «Нелинейные и адаптивные системы управления» и учебным планом направления 27.04.04 (методические указания приведены в личном кабинете ГУАП).

11.3. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Проведение лабораторных работ регламентируется правилами охраны труда и техники безопасности, утвержденными ректором ГУАП. Задание на выполнение лабораторных работ определяется преподавателем в соответствии с настоящей программой дисциплины «Нелинейные и адаптивные системы управления» и учебным планом направления 27.04.04 (методические указания приведены в личном кабинете ГУАП)

Структура и форма отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе должен содержать следующие обязательные разделы:

- титульный лист;
- цель выполнения лабораторной работы;
- краткое изложение сути проводимых экспериментов;
- результаты экспериментов в виде таблиц, лог-файлов, скриншотов, графиков;
- выводы по лабораторной работе.

Допускается оформление общего отчета по лабораторному курсу под единым титульным листом, при этом каждая отдельная работа оформляется отдельным разделом.

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Оформление отчета по лабораторной работе должно соответствовать требованиям оформления текстовых документов ГОСТ 7.32-2017 и нормативным документам ГУАП (<https://guap.ru/standart>).

11.4. 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).

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

Текущий контроль успеваемости студентов проводится путем мониторинга результатов выполнения лабораторных работ, контрольными вопросами на защите лабораторных работ. Так же возможно проведение текущего контроля в форме устного или письменного контрольного опроса в течение лекционных занятий.

Результаты текущего контроля могут быть приняты во внимание при проведении промежуточной аттестации.

11.6. 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».

Промежуточная аттестация проводится на основе фонда оценочных средств, приведенного в п.10.3 данной рабочей программы дисциплины.

Система оценок при проведении промежуточной аттестации осуществляется в соответствии с требованиями Положений «О текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов ГУАП, обучающихся по программам высшего образования».

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