

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

Кафедра №31

«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель направления

д.т.н., проф.

(должность, уч. степень, звание)

В.Ф. Шишлаков

(подпись)

«31» августа\_ 2021 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Цифровые системы управления электроприводами»

(Название дисциплины)

Код направления	27.03.04
Наименование направления/ специальности	Управление в технических системах
Наименование направленности	Управление и информатика в технических системах
Форма обучения	очная

Санкт-Петербург– 2021г.

## Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил(а)

ст. преп.

должность, уч. степень, звание

30.08.2021

подпись, дата



М.С.布鲁нов

инициалы, фамилия

Программа одобрена на заседании кафедры № 31

«30» \_августа 2021г, протокол № 1

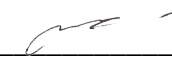
Заведующий кафедрой № 31

д.т.н.,проф.

должность, уч. степень, звание

«30» \_августа 2021г

подпись, дата



В.Ф. Шишлаков

инициалы, фамилия

Ответственный за ОП 27.03.04(01)

ст. преп.

должность, уч. степень, звание

31.08.2021

подпись, дата



Н.В. Решетникова

инициалы, фамилия

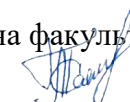
Заместитель директора института (декана факультета) № 3 по методической работе

доц.,к.э.н.,доц.

должность, уч. степень, звание

31.08.2021

подпись, дата



Г.С. Армашова-Тельник

инициалы, фамилия

## Аннотация

Дисциплина «Цифровые системы управления электроприводами» входит в вариативную часть образовательной программы подготовки обучающихся по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах» направленность «Управление и информатика в технических системах». Дисциплина реализуется кафедрой №31.

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника

профессиональных компетенций:

ПК-2 «способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления»,

ПК-7 «способность разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями»,

ПК-10 «готовность к участию в работах по изготовлению, отладке и сдаче в эксплуатацию систем и средств автоматизации и управления».

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математическим описанием, анализом и синтезом цифровых систем управления электроприводами.

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

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

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский».

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

### 1.1. Цели преподавания дисциплины

Цифровые системы управления электроприводами имеют большое значение в связи с широким использованием вычислительной техники, как в процессе проектирования систем, так и в качестве управляющих средств. Этим обусловлена целесообразность углубленного изучения дисциплины « Цифровые системы управления электроприводами» в рамках подготовки по направлению 27.03.04 «Управление в технических системах».

### 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП

В результате освоения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

ПК-2 «способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления»:

знать – основные модели процессов и объектов автоматизации и управления,  
 уметь – использовать стандартные программные средства для получения математических моделей,  
 владеть навыками – проведения вычислительных экспериментов,  
 иметь опыт деятельности – по использованию стандартных программных средств;

ПК-7 «способность разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями»:

знать – основные имеющиеся стандарты,  
 уметь – разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями,  
 владеть навыками – оценки технических условий,  
 иметь опыт деятельности – по применению имеющихся стандартов;

ПК-10 «готовность к участию в работах по изготовлению, отладке и сдаче в эксплуатацию систем и средств автоматизации и управления»:

знать – основные принципы работы систем и средств автоматизации и управления,  
 уметь – анализировать информацию, связанную с изготовлением, отладкой и сдачей в эксплуатацию систем и средств автоматизации и управления,  
 владеть навыками – проектирования моделей цифровых САУ,  
 иметь опыт деятельности – по составлению технической отчетов по результатам исследований моделей цифровых САУ.

## 2. Место дисциплины в структуре ОП

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

- «Математика. Аналитическая геометрия и линейная алгебра»,
- «Теория автоматического управления».

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

- «Идентификация и диагностика систем управления»,
- «Проектирование Электроприводов».

### 3. Объем дисциплины в ЗЕ/академ. час

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 1

Таблица 1 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам	
		№6	№7
1	2	3	4
<b>Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/(час)</b>	8/ 288	5/ 180	3/ 108
<i>Из них часов практической подготовки</i>	68	34	34
<i>Аудиторные занятия, всего час., В том числе</i>	85	51	34
лекции (Л), (час)	17	17	
Практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)	17		17
лабораторные работы (ЛР), (час)	34	34	
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)	17		17
Экзамен, (час)	36	36	
<b>Самостоятельная работа, всего</b>	167	93	74
<b>Вид промежуточного контроля: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.)</b>	Экз., Зачет	Экз.	Зачет

Г

### 4. Содержание дисциплины

#### 4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий

Разделы и темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 6					
Раздел 1. Введение	2				5
Раздел 2. Математическое описание цифровых систем	3		-		25
Раздел 3. Устойчивость и качество	2		-		15

цифровых систем					
Раздел 4. Анализ цифровых систем	3		-		15
Раздел 5. Синтез цифровых систем	4		-		20
Раздел 6. Цифровые системы в пространстве состояний	3		34		13
Итого в семестре:	17		34		93
Семестр 7					
Выполнение курсовой работы				17	
Итого в семестре:		17		17	74
Итого:	17	17	34	17	167

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 3.

Таблица 3 - Содержание разделов и тем лекционных занятий

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Введение. Основные понятия. Классификация электроприводов. Электроприводы постоянного тока с отрицательной обратной связью по напряжению. Электроприводы постоянного тока с отрицательной обратной связью по скорости двигателя. Особенности цифровых систем. Методы исследования цифровых систем. Квантование непрерывных сигналов. Квантование по времени и уровню. Теорема Котельникова-Шеннона.
2	Математическое описание цифровых систем. Цифровые законы управления. Описание работы цифровой части. Операторные модели. Восстановление непрерывных сигналов. Понятие экстраполятора. Фиксатор нулевого порядка. Другие экстраполяторы. Z-преобразование. Вычисление изображений. Свойства z-преобразования. Восстановление оригинала. Импульсная характеристика. Дискретная передаточная функция. Нули и полюса. Типовые переходные процессы. Физическая реализуемость.
3	Устойчивость и качество цифровых систем.

	Устойчивость по А.М. Ляпунову. Устойчивость линейных систем. Алгебраические критерии устойчивости. Критерий Михайлова для цифровых систем. Критерий Найквиста для дискретных систем. Запасы устойчивости. Интегральные показатели качества.
4	Анализ дискретных систем.  Дискретизация непрерывных процессов. Квантование непрерывных функций. Восстановление непрерывных функций. Модифицированное z-преобразование. Аналоговые модели дискретных сигналов. Аналоговая модель экстраполятора. Импульсная модель дискретного сигнала. Дискретизация импульсной системы. Дискретная модель объекта с экстраполятором. Процессы между моментами квантования. Скрытые колебания. Робастность.
5	Синтез цифровых регуляторов.  Переоборудование непрерывных регуляторов. Численное интегрирование. Частотная коррекция. Устойчивость регулятора. Отображение нулей и полюсов. Фиктивное квантование. Аппроксимация частотной характеристики. Оптимальное переоборудование. Регуляторы низкого порядка. Цифровой ПИД регулятор. Аperiodическое управление. Процессы минимальной длительности. Синтез регулятора по эталонной модели. Синтез с помощью билинейного преобразования. Алгоритм синтеза регулятора с использованием ЛАФЧХ.
6	Цифровые системы в пространстве состояний.  Уравнения состояния дискретных систем. Общее решение уравнений состояния. Дискретизация методом матричной экспоненты. Управляемость и наблюдаемость. Критерии управляемости и наблюдаемости. Синтез цифрового модального управления. Модальное управление при неполных измерениях. Синтез цифрового наблюдателя полного порядка.

### 4.3. 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)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 7					
1	Уравнения состояний цифровых систем. Переход от передаточной функции в пространство	Компьютерный практикум	6	6	6

	состояний и обратно.				
2	Исследование устойчивости, управляемости и наблюдаемости в пространстве состояний	Компьютерный практикум	6	6	6
3	Методы дискретизации в пространстве состояний	Компьютерный практикум	6	6	6
4	Модальное управление в дискретных и цифровых системах	Компьютерный практикум	8	8	6
5	Наблюдающие устройства в дискретных и цифровых системах	Компьютерный практикум	8	8	6
Всего			34	34	

#### 4.4. 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)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 6				
1	Цифровые фильтры	3	3	1-2
2	Дискретизация систем, заданных передаточной функцией	3	3	2
3	Временные характеристики цифровых систем	2	2	2-3
4	Частотные характеристики цифровых систем	2	2	2-4
5	Цифровой ПИД регулятор	4	4	5
6	Цифровые системы в пространстве состояний	3	3	6
Всего		17	17	

#### 4.5. Курсовое проектирование (работа)



Цель курсовой работы: закрепление навыков построения и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводами; аналитическое проектирование регулятора, удовлетворяющего заданным критериям качества; овладение навыками составления научно-технических отчетов по результатам исследования цифровых систем управления.

Часов практической подготовки: 17 часов

Примерные темы заданий на курсовую работу приведены в разделе 10 РПД.

#### 4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 6, час	Семестр 7, час
1	2	3	4
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	80	65	15
Курсовое проектирование (КП, КР)	40		40
Подготовка к текущему контролю успеваемости (ТКУ)	22	13	9
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	25	15	10
Всего:	167	93	74

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

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 6-11.

### 6. Перечень основной и дополнительной литературы

#### 6.1. Основная литература

Перечень основной литературы приведен в таблице 7.

Таблица 7 – Перечень основной литературы

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
	Цифровые системы автоматического управления : учеб. пособие /О. О. Жаринов, И. О. Жаринов ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2019. – 113 с.	

	Основы проектирования электроприводов: учеб. пособие / А. А. Мартынов ; С.-Петерб. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2015. – 154 с.	

## 6.2. 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)
	Дискретные информационно-измерительные системы: учеб. пособие / Р. Н. Малаханов ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2009. – 111 с.: ил.	
	Теория автоматического управления : учебное пособие. Ч. 1 / М. В. Бураков ; С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения. - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2013. - 254 с.	

## 7. 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
	Не предусмотрено

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

### 8.1. Перечень программного обеспечения

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10 – Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Matlab

### 8.2. Перечень информационно-справочных систем

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11 – Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

### 9. 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	Лекционная аудитория	
2	Компьютерный класс	

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

10.1. 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;
Зачет	Список вопросов;
Выполнение курсовой работы	Экспертная оценка на основе требований к содержанию курсовой работы по дисциплине.

10.2. 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
ПК-2	«способность проводить вычислительные эксперименты с использованием стандартных программных средств с целью получения математических моделей процессов и объектов автоматизации и управления»
2	Автоматизация проектирования систем управления
2	Информационные технологии
2	Компьютерная графика в профессиональной сфере
2	Учебная практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе

	первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности
4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
5	Системное программное обеспечение
5	Теория автоматического управления
6	Моделирование и исследование роботов и робототехнических систем
6	Моделирование систем управления
6	Производственная практика научно-исследовательская работа
6	Теория автоматического управления
6	Теория дискретных систем управления
6	Цифровые системы управления электроприводами
7	Автоматизированные информационно-управляющие системы
7	Моделирование систем управления
7	Системы с искусственным интеллектом
7	Теория автоматического управления
7	Теория дискретных систем управления
7	Цифровые системы управления электроприводами
8	Математические методы в управлении
8	Математические методы исследований
8	Проектирование и расчет устройств систем автоматического управления
8	Производственная преддипломная практика
8	Расчет элементов систем управления
ПК-7 «способность разрабатывать проектную документацию в соответствии с имеющимися стандартами и техническими условиями»	
4	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
5	Исполнительные устройства систем управления
6	Оптимальные системы
6	Теория дискретных систем управления
6	Цифровые системы управления электроприводами
7	Системы управления приводами
7	Теория дискретных систем управления
7	Технико-экономические риски при создании новой техники
7	Цифровые системы управления электроприводами
8	Системы управления приводами
ПК-10 «готовность к участию в работах по изготовлению, отладке и сдаче в эксплуатацию систем и средств автоматизации и управления»	
4	Производственная практика по получению

	профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
5	Исполнительные устройства систем управления
5	Преобразовательные устройства систем управления
5	Прикладное программирование
6	Прикладное программирование
6	Схемотехника средств контроля
6	Теория дискретных систем управления
6	Цифровые системы управления электроприводами
7	Системы управления приводами
7	Теория дискретных систем управления
7	Цифровые системы управления электроприводами
8	Системы управления приводами

10.3. 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>
-------------	---------------------------------------	---

#### 10.4. 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	Понятие цифровой автоматической системы (ЦАС)
2	Применение АЦП и ЦАП в ЦАС
3	Преимущества и недостатки ЦАС
4	Методы исследования ЦАС
5	Квантование по времени и уровню
7	Импульсные и релейные системы
7	Теорема Котельникова
8	Понятие экстраполятора
9	Фиксатор нулевого порядка
10	Понятие Z-преобразования
11	Вычисление изображений
12	Свойства Z-преобразования
13	Восстановление оригиналов
14	Импульсная характеристика линейной дискретной системы (в дальнейшем ЛДС)
15	Дискретная передаточная функция (ДПФ)
16	Нули и полюсы ДПФ
17	Устойчивость ЛДС
18	Алгебраические критерии устойчивости
19	Критерий Михайлова для ЛДС
20	Критерий Найквиста для ЛДС

21	Скрытые колебания
22	Робастность
23	Задача переоборудования непрерывных регуляторов (в дальнейшем ПНР)
24	Численное интегрирование при ПНР
25	Устойчивость цифровых регуляторов при ПНР
26	Отображение нулей и полюсов при ПНР
27	Апериодическое управление
28	Синтез с помощью билинейного преобразования
29	Модифицированное Z-преобразование
30	Аналоговые модели дискретных сигналов
31	Аналоговая модель экстраполятора
32	Импульсная модель дискретного сигнала
33	Дискретная модель объекта с экстраполятором
34	Процессы между моментами квантования
35	Фиктивное квантование при ПНР
36	Аппроксимация частотной характеристики при ПНР
37	Оптимальное переоборудование
38	Дискретные системы в пространстве состояний
39	Устойчивость дискретных систем в пространстве состояний
40	Дискретизация в пространстве состояний
41	Дискретный регулятор состояния
42	Дискретный наблюдатель состояния
43	Классификация электроприводов

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

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

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета
-------	---

1	Характеристический полином дискретной системы в пространстве состояний
2	Устойчивость линейных дискретных систем в пространстве состояний
3	Канонические формы в пространстве состояний для дискретных систем
4	Каноническая форма управляемости в пространстве состояний
5	Каноническая форма наблюдаемости в пространстве состояний
6	Решение уравнений состояния дискретной системы
7	Дискретизация методом Эйлера в пространстве состояний
8	Дискретизация методом матричной экспоненты
9	Переход из пространства состояний к передаточной функции
10	Переход от дискретной передаточной функции к канонической форме управляемости
11	Переход от дискретной передаточной функции к канонической форме наблюдаемости
12	Управляемость и наблюдаемость дискретных систем
13	Критерии управляемости в пространстве состояний
14	Критерии наблюдаемости в пространстве состояний
15	Цифровое модальное управление
16	Желаемые полюсы модального регулятора дискретной системы
17	Синтез цифрового модального регулятора
18	Модальное управление при неполных измерениях в дискретных системах
19	Дискретный наблюдатель полного порядка
20	Синтез дискретного наблюдателя
21	Желаемые полюсы дискретного наблюдателя
22	Динамика наблюдателя дискретной системы
23	Замкнутая система с регулятором и наблюдателем



24	Выбор полюсов замкнутой дискретной системы в пространстве состояний
25	Исследование устойчивости дискретных систем в MatLAB
26	Исследование управляемости и наблюдаемости в MatLAB
27	Синтез дискретного модального регулятора в MatLAB
28	Синтез дискретного наблюдателя в MatLAB

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 курсового проектирования/выполнения курсовой работы
1	Синтез цифрового ПИД регулятора для заданного объекта
2	Синтез корректирующего устройства с помощью W-преобразования
3	Синтез цифрового регулятора состояния для заданного объекта
4	Синтез цифрового модального регулятора для заданного объекта
5	Синтез цифрового регулятора с наблюдателем состояния для заданного объекта

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

Таблица 19 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов
	Не предусмотрено

5. 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
	Не предусмотрено

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

## 11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Целью дисциплины является – создание поддерживающей образовательной среды преподавания для получения студентами необходимых знаний, умений и навыков в области цифровых систем управления приводами, предоставление возможности обучающимся развить и продемонстрировать навыки, позволяющие им успешно решать теоретические и практические задачи в области разработки современных ЦСУ. Обучающиеся должны освоить дисциплину на уровне, позволяющем им ориентироваться в алгоритмах, математических моделях и методах теории цифровых автоматических систем управления, которые могут применяться в разных областях деятельности исследователя, получившего подготовку по образовательной программе бакалавра 27.03.04 Управление в технических системах.

### 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, приходиться 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:

- Методы и средства теории ЦСУ, связь с задачами реального мира;
- Разделы теории ЦСУ, классификация решаемых задач и соответствующих им моделей;
- Классическая теория ЦСУ, использование аппарата передаточных функций;
- Современная теория ЦСУ, методы линейной алгебры;

### Методические указания для обучающихся по прохождению практических занятий

Практическое занятие является одной из основных форм организации учебного процесса, заключающейся 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**

Методические указания и требования для обучающихся по прохождению практических занятий по изучению дисциплины «Теория дискретных систем управления» готовятся к размещению на электронном ресурсе каф. №31.

## **Методические указания для обучающихся по прохождению 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 у 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**

Задание и требования к проведению лабораторных работ приведены в следующих источниках:

Дискретных системы управления : [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ / С.-Петербург. гос. ун-т аэрокосм. приборостроения ; сост. М.В. Бураков, М.С. Брунов - Электрон. текстовые дан. - СПб. : Изд-во ГУАП, 2018. - 43 с.

### **Структура и форма отчета о лабораторной работе**

Отчет о лабораторной работе имеет форму гипертекстового документа, содержащего задание на лабораторную работу, краткие теоретические сведения по теме работы, описание схем и алгоритмов, использованных при выполнении работы, результаты вычислительных экспериментов в виде графиков (диаграмм), а также выводы по итогам проделанной работы.

### **Требования к оформлению отчета о лабораторной работе**

Отчет должен содержать титульный лист, а его содержание должно быть оформлено согласно ГОСТ 7.32 – 2017.

Нормативная документация, необходимая для оформления, приведена на электронном ресурсе ГУАП: <https://guap.ru/standart/doc>

## **Методические указания для обучающихся по прохождению курсового проектирования/ работы**

Курсовой проект/ работа проводится с целью формирования у обучающихся опыта комплексного решения конкретных задач профессиональной деятельности.

Курсовой проект/ работа позволяет обучающемуся:

- систематизировать и закрепить полученные теоретические знания и практические умения по профессиональным учебным дисциплинам и модулям в соответствии с требованиями к уровню подготовки, установленными программой учебной дисциплины, программой подготовки специалиста соответствующего уровня, квалификации;

- применить полученные знания, умения и практический опыт при решении комплексных задач, в соответствии с основными видами профессиональной деятельности по направлению/ специальности/ программе;
- углубить теоретические знания в соответствии с заданной темой;
- сформировать умения применять теоретические знания при решении нестандартных задач;
- приобрести опыт аналитической, расчётной, конструкторской работы и сформировать соответствующие умения;
- сформировать умения работы со специальной литературой, справочной, нормативной и правовой документацией и иными информационными источниками;
- сформировать умения формулировать логически обоснованные выводы, предложения и рекомендации по результатам выполнения работы;
- развить профессиональную письменную и устную речь обучающегося;
- развить системное мышление, творческую инициативу, самостоятельность, организованность и ответственность за принимаемые решения;
- сформировать навыки планомерной регулярной работы над решением поставленных задач.

### **Структура пояснительной записки курсовой работы / проекта**

Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать следующие обязательные разделы;

1. Задание на курсовую работу.
2. Краткие теоретические сведения о методах и алгоритмах, использованных в курсовой работе.
3. Расчетную часть – выбор, обоснование и расчет параметров алгоритмов решения поставленной задачи.
4. Имитационное моделирование – проверку путем вычислительного эксперимента качества решения поставленной задачи.
5. Анализ полученных результатов вычислительного эксперимента.
6. Заключение.

### **Требования к оформлению пояснительной записки курсовой работы / проекта**

Отчет должен содержать титульный лист, а его содержание должно быть оформлено согласно ГОСТ 7.32 – 2017.

Нормативная документация, необходимая для оформления, приведена на электронном ресурсе ГУАП: <https://guap.ru/standart/doc>

### **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).

#### **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, путем проведения обратной связи во время проведения лекций.

Своевременная сдача отчетов по лабораторным работам и положительный результат на их защите может учитываться при проведении промежуточной аттестации.

#### **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».

– зачет – это форма оценки знаний, полученных обучающимся в ходе изучения учебной дисциплины в целом или промежуточная (по окончании семестра) оценка знаний обучающимся по отдельным разделам дисциплины с аттестационной оценкой «зачтено» или «не зачтено».

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» 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