

1ЭПБа

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Федеральное государственное бюджетное образовательное  
 учреждение высшего образования  
 «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета  
 Факультет энергетики и управления  
 \_\_\_\_\_ Гудим А.С.  
 «30» \_\_\_\_\_ 2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Дискретные системы управления»

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электропривод и автоматика
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

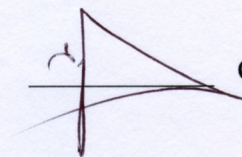
Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	6	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

Комсомольск-на-Амуре  
 2021

Разработчик рабочей программы:

Старший преподаватель

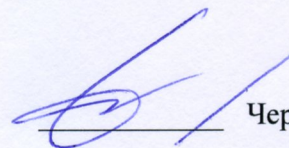


Савельев Д.О

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий кафедрой

Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»



Черный С.П.

## 1 Введение

Рабочая программа и фонд оценочных средств дисциплины «Дискретные системы управления» составлены в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Минобрнауки Российской Федерации от 28.02.2018 № 144, и основной профессиональной образовательной программы подготовки «Электропривод и автоматика» по направлению подготовки «13.03.02 Электроэнергетика и электротехника».

Практическая подготовка реализуется на основе:

Профессиональный стандарт 40.180 (ПС 40.180) «СПЕЦИАЛИСТ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОПРИВОДА»

Обобщенная трудовая функция: А. Разработка и оформление рабочей документации системы электропривода

Обобщенная трудовая функция: В. Разработка проекта системы электропривода

Задачи дисциплины	Формирование навыков расчета динамических и статических характеристик ДСУ различной физической природы, решения задач анализа устойчивости и оценки качества управления такими системами.
Основные разделы / темы дисциплины	<p><b>Общие сведения о дискретных системах управления (ДСУ):</b> Классификация ДСУ. Типы квантования непрерывных сигналов, Решетчатые функции и разностные уравнения, Обобщенная структурная схема дискретной системы. Математическое описание процесса квантования и свойства импульсного элемента. Виды модуляции импульсов, Моделирование в среде MATLAB (в соответствии с вариантом задания), Изучение ДСУ, различающихся по типу квантования непрерывного сигнала и по виду модуляции импульсов, Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы</p> <p><b>Основы теории дискретного преобразования Лапласа и Z - преобразования:</b> Дискретное преобразование и Лапласа и Z-преобразование. Основные теоремы Z-преобразования, Передаточная функция разомкнутой дискретной системы, Последовательное соединение звеньев в ДСУ. Передаточная функция замкнутой ДСУ, Обратное Z-преобразование, Моделирование ДСУ, различающихся по типу квантования непрерывного сигнала, виду модуляции импульсов и передаточными функциями непрерывной части системы, Моделирование ДСУ, различающихся расположением простейшего импульсного элемента в системе, Расчет передаточной функции замкнутой ДСУ и передаточной функции по ошибке, Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы</p> <p><b>Анализ устойчивости и точности ДСУ. Оценка динамических характеристик и точности ДС:</b> Прямой метод оценки устойчивости, Критерий устойчивости Шур-Кона. Критерий устойчивости, использующий билинейное преобразование, Абсолютно устойчивые системы. Дискретные системы с конечным временем регулирования, Анализ статических и динамических характеристик дискретных систем, Исследование устойчивости моделей ДСУ, Оценка динамики и точности статических и астатических ДСУ, Проведение расчетов по оценке устойчивости ДСУ с использованием прямого и косвенного методов,</p>

	<p>Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы</p> <p><b>Частотные характеристики ДСУ:</b> Теорема Котельникова-Шеннона, Логарифмические частотные характеристики ДСУ, Построение логарифмической амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик разомкнутой ДСУ в функции абсолютной псевдо частоты в среде MATLAB, Построение кусочно-асимптотической логарифмической амплитудно- частотной характеристики разомкнутой ДСУ в функции абсолютной псевдо частоты, Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы</p> <p><b>Определение реакции ДСУ между моментами квантования:</b> Метод дробного квантования, Метод модифицированного Z-преобразования, Сопоставление графиков сигналов в ДСУ, полученных методом модифицированного Z-преобразования и путем моделирования в среде MATLAB, Определение непрерывной переходной функции ДСУ методом модифицированного Z-преобразования, Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы</p> <p><b>Системы автоматического управления с цифровым вычислительным устройством в контуре регулирования:</b> Передаточная функция цифрового вычислительного устройства, Передаточные функции цифровых вычислительных устройств, реализующих типовые законы управления, Моделирование цифровых вычислительных устройств, реализующих типовые законы управления, Формирование структурной схемы вычислительного процесса, реализуемого цифровым вычислительным устройством, методами непосредственного, последовательного и параллельного программирования, Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы</p> <p><b>Коррекция ДСУ:</b> Коррекция дискретных САУ с помощью непрерывных регуляторов, Коррекция САУ с помощью цифровых регуляторов. Физическая реализуемость цифровых регуляторов, Реализация цифровых регуляторов им-пульсными РС-фильтрами, Реализация цифровых регуляторов на базе цифрового вычислительного устройства, Исследование моделей ДСУ с цифровыми регуляторами, Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы, Промежуточная аттестация</p>
--	---

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Процесс изучения дисциплины «Дискретные системы управления» направлен на формирование следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и основной образовательной программой (таблица 1):

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компе-	Индикаторы достиже-	Планируемые результаты обу-
---------------------------	---------------------	-----------------------------

тенции	ния	чения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1 Знает фундаментальные законы природы, основные физические и математические законы ОПК-3.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-3.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	Знает фундаментальные математические законы дискретных систем управления Умеет применять математические методы для решения задач дискретного управления Владеет навыками использования знаний математики при решении задач дискретного управления

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Дискретные системы управления» изучается на 3 курсе, 6 семестре.

Дисциплина входит в состав блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения, навыки и / или опыт практической деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин / практик: «Химия», «Математика», «Физика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Техническая механика», «Теоретические основы электротехники», «Электроника», «Теория автоматического управления».

Дисциплина «Дискретные системы управления» в рамках воспитательной работы направлена на формирование умения аргументировать, самостоятельно мыслить, развивает творчество, профессиональные умения.

### 4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

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

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
Общая трудоемкость дисциплины	144
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по</b>	12

<b>видам учебных занятий), всего</b>	
<b>В том числе:</b>	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	6
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	6
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа</b> , включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	128
Промежуточная аттестация обучающихся – Зачет с оценкой	4

**5 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебной работы**

Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)

Наименование разделов, тем и содержание материала	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
	Контактная работа преподавателя с обучающимися			СРС
	Лекции	Семинарские (практические занятия)	Лабораторные занятия	
<b>Общие сведения о дискретных системах управления (ДСУ)</b>				
<b>Классификация ДСУ. Типы квантования непрерывных сигналов</b>	1			
<b>Решетчатые функции и разностные уравнения</b>				1
<b>Обобщенная структурная схема дискретной системы. Математическое описание процесса квантования и свойства импульсного элемента. Виды модуляции импульсов</b>				1
<b>Моделирование в среде MATLAB (в соответствии с вариантом задания)</b>			4	
<b>Изучение ДСУ, различающихся по типу квантования непрерывного</b>				2

сигнала и по виду модуляции импульсов				
Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы				8
<b>Основы теории дискретного преобразования Лапласа и Z - преобразования</b>				
Дискретное преобразование и Лапласа и Z-преобразование. Основные теоремы Z-преобразования	1			
Передаточная функция разомкнутой дискретной системы				2
Последовательное соединение звеньев в ДСУ. Передаточная функция замкнутой ДСУ				2
Обратное Z-преобразование				2
Моделирование ДСУ, различающихся по типу квантования непрерывного сигнала, виду модуляции импульсов и передаточными функциями непрерывной части системы				4
Моделирование ДСУ, различающихся расположением простейшего импульсного элемента в системе				4
Расчет передаточной функции замкнутой ДСУ и передаточной функции по ошибке				2
Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы				8
<b>Анализ устойчивости и точности ДСУ. Оценка динамических характеристик и точности ДС</b>				
Прямой метод оценки устойчивости	1			
Критерий устойчивости Шур-Кона. Критерий устойчивости, использующий билинейное преобразование				1

<b>Абсолютно устойчивые системы. Дискретные системы с конечным временем регулирования</b>				2
<b>Анализ статических и динамических характеристик дискретных систем</b>				2
<b>Исследование устойчивости моделей ДСУ</b>				4
<b>Оценка динамики и точности статических и астатических ДСУ</b>				3
<b>Проведение расчетов по оценке устойчивости ДСУ с использованием прямого и косвенного методов</b>				2
<b>Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы</b>				8
<b>Частотные характеристики ДСУ</b>				
<b>Теорема Котельникова-Шеннона</b>				1
<b>Логарифмические частотные характеристики ДСУ</b>				2
<b>Построение логарифмической амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик разомкнутой ДСУ в функции абсолютной псевдочастоты в среде MATLAB</b>				4
<b>Построение кусочно-асимптотической логарифмической амплитудно-частотной характеристики разомкнутой ДСУ в функции абсолютной псевдочастоты</b>				2
<b>Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы</b>				8
<b>Определение реакции ДСУ между моментами квантования</b>				
<b>Метод дробного квантования</b>	1			
<b>Метод модифицированного Z-</b>				1



преобразования				
Сопоставление графиков сигналов в ДСУ, полученных методом модифицированного Z-преобразования и путем моделирования в среде MATLAB				3
Определение непрерывной переходной функции ДСУ методом модифицированного Z-преобразования			2	
Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы				8
<b>Системы автоматического управления с цифровым вычислительным устройством в контуре регулирования</b>				
Передаточная функция цифрового вычислительного устройства				2
Передаточные функции цифровых вычислительных устройств, реализующих типовые законы управления				2
Моделирование цифровых вычислительных устройств, реализующих типовые законы управления				4
Формирование структурной схемы вычислительного процесса, реализуемого цифровым вычислительным устройством, методами непосредственного, последовательного и параллельного программирования				2
Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы				8
<b>Коррекция ДСУ</b>				
Коррекция дискретных САУ с помощью непрерывных регуляторов	2			
Коррекция САУ с помощью цифровых регуляторов. Физическая				1

реализуемость цифровых регуляторов				
Реализация цифровых регуляторов им-пульсными РС-фильтрами				1
Реализация цифровых регуляторов на базе цифрового вычислительного устройства				1
Исследование моделей ДСУ с цифровыми регуляторами				4
Изучение теоретических разделов дисциплины, подготовка к занятиям семинарского типа, подготовка и оформление расчетно-графической работы				16
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	<b>128</b>

#### **6 Внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)**

При планировании самостоятельной работы студенту рекомендуется руководствоваться следующим распределением часов на самостоятельную работу (таблица 4):

Таблица 4 – Рекомендуемое распределение часов на самостоятельную работу

<b>Компоненты самостоятельной работы</b>	<b>Количество часов</b>
Изучение теоретических разделов дисциплины	64
Выполнение отчета и подготовка к защите РГР	64

#### **7 Оценочные средства для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации представлен в Приложении 1.

Полный комплект контрольных заданий или иных материалов, необходимых для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю), практике хранится на кафедре-разработчике в бумажном и электронном виде.

#### **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

##### **8.1 Основная литература**

1. Бесекерский, В.А. Теория систем автоматического управления / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. - 4-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург.: Профессия, 2004. - 749с.

2. Воронов, А.А. Основы теории автоматического регулирования и управления: Учебное пособие для вузов / А. А. Воронов, В. К. Титов, Б. Н. Новогранов. – Москва : Высшая школа, 1977. - 519с.: ил.
3. Воронов, А.А. Основы теории автоматического управления: автоматическое регулирование непрерывных линейных систем / А. А. Воронов. - 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергия, 1980. - 309с.
4. Иващенко, Н.Н. Автоматическое регулирование: теория и элементы систем: Учебник / Н. Н. Иващенко. - 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Машиностроение, 1978; 1973. - 736с.
5. Юлиус Т. Ту. Цифровые и импульсные системы автоматического управления Пер. с англ. - Москва : Машиностроение, 1964. - 703 с.

#### 8.2 Дополнительная литература

1. Бессекерский В.А., Изранцев В.В. Системы автоматического управления с микро-ЭВМ. – Москва : Наука, 1987. - 320 с.
2. Гринфельд, Г.М. Дискретные системы управления: Учебное пособие. – Комсомольск-на-Амуре: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т» 2014.- 72с.

#### 8.3 Методические указания для студентов по освоению дисциплины

1. Гринфельд, Г.М. Дискретные системы управления: Учебное пособие . – Комсомольск-на-Амуре: Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Комсомольский-на-Амуре гос. техн. ун-т» 2014.- 72с.

#### 8.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

1. znanium.com: электронно-библиотечная система : сайт. – Москва, 2021 – ООО «Знаниум» – URL: <http://www.znanium.com> (дата обращения: 15.06.2021). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. iprbookshop.ru: электронно-библиотечная система : сайт. – Саратов, 2021 – ООО «Компания "Ай Пи Ар Медиа"» – URL: <http://www.iprbookshop.ru> (дата обращения: 15.06.2021).

#### 8.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Информационная системы доступа к электронным каталогам библиотек сферы образования и науки (ИС ЭКБСОН) [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.vlibrary.ru/>

2. «eLIBRARY.RU» [Электронный ресурс]: научная электронная библиотека. – Режим доступа: <http://elibrary.ru>
3. Веб-сайт: <http://www.laserfest.org/lasers/history/timeline.cfm>

8.6 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 5 – Перечень используемого программного обеспечения

Наименование ПО	Реквизиты / условия использования
Microsoft Imagine Premium	Лицензионный договор АЭ223 №008/65 от 11.01.2019
OpenOffice	Свободная лицензия, условия использования по ссылке: <a href="https://www.openoffice.org/license.html">https://www.openoffice.org/license.html</a>
Программа структурного моделирования (PSM) разработанная на кафедре ЭПАПУ КнАГТУ	Распоряжение о вводе в учебный процесс ПО от 23.12.2015, акт внедрения результатов научных исследований

## 9 Организационно-педагогические условия

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) - русский. Для всех видов аудиторных занятий академический час устанавливается продолжительностью 45 минут.

При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет соответствующих дисциплин и профессиональных модулей, освоенных в процессе предшествующего обучения, который освобождает обучающегося от необходимости их повторного освоения.

### 9.1 Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде.

### 9.2 Занятия лекционного типа

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс должен давать наибольший объем информации и обеспечивать более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется большинству студентов на самостоятельное изучение материала.

### 9.3 Самостоятельная работа обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа студентов – это процесс активного, целенаправленного приобретения студентом новых знаний, умений без непосредственного участия преподавателя, характеризующийся предметной направленностью, эффективным контролем и оценкой результатов деятельности обучающегося.

Цели самостоятельной работы:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную и справочную документацию, специальную литературу;
- развитие познавательных способностей, активности студентов, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, творческой инициативы, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений и академических навыков.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, уровня сложности, конкретной тематики.

Технология организации самостоятельной работы студентов включает использование информационных и материально-технических ресурсов университета.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Студенты должны подходить к самостоятельной работе как к наиболее важному средству закрепления и развития теоретических знаний, выработке единства взглядов на отдельные вопросы курса, приобретения определенных навыков и использования профессиональной литературы.

#### 9.4 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- просматривать основные определения и факты;
- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнять задания, аналогичные предлагаемым на занятиях;
- использовать для самопроверки материалы фонда оценочных средств.

В ходе **лекционных занятий** необходимо вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положи-

тельный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.

При подготовке к **лабораторным работам** начинать надо с изучения рекомендованной литературы. Необходимо помнить, что на лекции обычно рассматривается не весь материал, а только его часть. Остальная его часть восполняется в процессе самостоятельной работы. В связи с этим работа с рекомендованной литературой обязательна. Особое внимание при этом необходимо обратить на содержание основных положений и выводов, объяснение явлений и фактов, уяснение практического приложения рассматриваемых теоретических вопросов. В процессе этой работы необходимо стремиться понять и запомнить основные положения рассматриваемого материала, примеры, поясняющие его, а также разобраться в иллюстративном материале.

**Расчётно-графическая работа** ориентирована на формирование и развитие у обучающихся умений и навыков проектирования и представления результатов их проектной деятельности с учетом и использованием действующих нормативных и методических документов университета.

В ходе работы студенты закрепляют теоретические знания, полученные при изучении дисциплины, глубже знакомятся с аппаратной организацией и принципами работы цифровых вычислительных устройств.

В период работы над РГР студенты получают практические навыки модельного проектирования цифровых вычислительных устройств. Расчетно-графическая работа позволяет лучше понять математическое моделирование объектов и систем управления, а также настройку и аппаратную реализацию таких систем. Студенты учатся принимать обоснованные решения путем сравнения вариантов, логических суждений, рассмотрения основных теоретических положений; умению кратко и точно излагать ход решения.

Пояснительная записка должна содержать: введение, вариант задания, основную часть (расчеты со всеми пояснениями, схемы, результаты моделирования на ЭВМ), заключение и список использованных источников. Основную часть, согласно требованиям технического задания, разбивают на разделы и подразделы, название которых должно соответствовать их основному содержанию.

Выполненный вариант РГР должен удовлетворять нормативным документам университета, с которыми можно ознакомиться в отделе стандартизации или на сайте университета. Отступления от указанных требований могут служить основанием для возврата проекта на исправление.

## **10 Описание материально-технического обеспечения, необходимого для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

### **10.1 Учебно-лабораторное оборудование**

Таблица 6 – Перечень оборудования лаборатории

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование
202/3	Лаборатория ЭВМ и вычислительных промышленных сетей	Персональные компьютеры

### **10.2 Технические и электронные средства обучения**

При проведении занятий используется аудитория, оборудованная проектором (стационарным или переносным) для отображения презентаций. Кроме того, при проведении лекций и практических занятий необходим компьютер с установленным на нем браузером и программным обеспечением для демонстрации презентаций.

## 11 Иные сведения

### **Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов**

Освоение дисциплины обучающимися с ограниченными возможностями здоровья может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах. Предполагаются специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производятся с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ.

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.



## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### по дисциплине

### «Дискретные системы управления»

Направление подготовки	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль) образовательной программы	Электропривод и автоматика
Квалификация выпускника	Бакалавр
Год начала подготовки (по учебному плану)	2021
Форма обучения	Заочная форма
Технология обучения	Традиционная

Курс	Семестр	Трудоемкость, з.е.
3	6	4

Вид промежуточной аттестации	Обеспечивающее подразделение
Зачет с оценкой	Кафедра «Электропривод и автоматизация промышленных установок»

## 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Таблица 1 – Компетенции и индикаторы их достижения

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>Общепрофессиональные</b>		
ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.1 Знает фундаментальные законы природы, основные физические и математические законы ОПК-3.2 Умеет применять физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера ОПК-3.3 Владеет навыками использования знаний физики и математики при решении практических задач	Знает фундаментальные математические законы дискретных систем управления Умеет применять математические методы для решения задач дискретного управления Владеет навыками использования знаний математики при решении задач дискретного управления

Таблица 2 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Формируемая компетенция	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
Тема 1-7	ОПК-3	Защита лабораторных работ	Аргументированность ответов
Тема 1-7	ОПК-3	РГР	Полнота и правильность выполнения задания

## 2 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие процесс формирования компетенций

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 3).

Таблица 3 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки выполнения	Шкала оценивания	Критерии оценивания
6 семестр			

<b>Промежуточная аттестация в форме «Зачет с оценкой»</b>				
Лабораторная работа 1	в течение семестра	се-	5 баллов	5 баллов – студент показал отличные навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 4 балла – студент показал хорошие навыки применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 3 балла – студент показал удовлетворительное владение навыками применения полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. 2 балла – студент продемонстрировал недостаточный уровень владения умениями и навыками при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.
Лабораторная работа 2	в течение семестра	се-	5 баллов	
Лабораторная работа 3	в течение семестра	се-	5 баллов	
Лабораторная работа 4	в течение семестра	се-	5 баллов	
Лабораторная работа 5	в течение семестра	се-	5 баллов	
Лабораторная работа 6	в течение семестра	се-	5 баллов	
Лабораторная работа 7	в течение семестра	се-	5 баллов	
Лабораторная работа 8	в течение семестра	се-	5 баллов	
Лабораторная работа 9	в течение семестра	се-	5 баллов	
Расчетно-графическая работа	в течение семестра	се-	5 баллов	
<b>ИТОГО:</b>	-		50 баллов	

**Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:**

0 – 64 % от максимально возможной суммы баллов – «неудовлетворительно» (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);

65 – 74 % от максимально возможной суммы баллов – «удовлетворительно» (пороговый (минимальный) уровень);

75 – 84 % от максимально возможной суммы баллов – «хорошо» (средний уровень);  
 85 – 100 % от максимально возможной суммы баллов – «отлично» (высокий (максимальный) уровень)

### Задания для текущего контроля

#### Лабораторные работы

**Лабораторная работа 1.** Моделирование в среде MATLAB (в соответствии с вариантом задания)

- 1) В чем отличие непрерывных и дискретных систем? Приведите примеры технических систем, в которых имеет место процесс квантования непрерывного сигнала.
- 2) В чем отличие импульсных систем 1-го и 2-го рода? Приведите примеры технических систем.
- 3) В чем принципиальное отличие импульсных систем от релейных и цифровых?
- 4) В каком случае можно пренебречь эффектом квантования по уровню в цифровых системах?
- 5) Назовите основные элементы обобщенной структурной схемы ДСУ.
- 6) Какие функции реализуются простейшим импульсным элементом (квантователем)?
- 7) Какие функции реализуются формирующим элементом?
- 8) Чем отличается экстраполятор нулевого порядка от простейшего импульсного элемента?

**Лабораторная работа 2.** Моделирование ДСУ, различающихся по типу квантования непрерывного сигнала, виду модуляции импульсов и передаточными функциями непрерывной части системы

- 1) Перечислите основные виды модуляции и укажите в чем их различие.
- 2) Какими частотными свойствами обладает фиксатор нулевого порядка, и как они могут сказаться на динамике импульсной системы?
- 3) Запишите передаточную функцию формирующего элемента с прямоугольными, (треугольными, экспоненциальными) выходными импульсами.
- 4) В чем состоит необходимость представления импульсного элемента в виде последовательного соединения квантователя и формирующего элемента?
- 5) В чем отличие дискреты решетчатой функции от  $\delta$ -функции?
- 6) Что такое приведенная непрерывная часть системы?

**Лабораторная работа 3** Моделирование ДСУ, различающихся расположением простейшего импульсного элемента (квантователя) в системе.

- 1) В чем специфика ДСУ, для которых не может быть вычислена дискретная передаточная функции?
- 2) Приведите примеры структур ДСУ, состоящие из аналогичных последовательно соединенных звеньев, но имеющие различные передаточные функции.
- 3) Запишите передаточную функцию замкнутой ДСУ с квантователем в канале шибки.
- 4) Запишите передаточную функцию замкнутой ДСУ с квантователем в канале обратной связи.

**Лабораторная работа 4.** Исследование устойчивости моделей ДСУ

- 1) Сформулируйте прямой метод оценки устойчивости ДСУ по передаточной функции замкнутой системы, записанной в  $p$ -форме.
- 2) Сформулируйте прямой метод оценки устойчивости ДСУ по передаточной функции замкнутой системы, записанной в  $z$ -форме.
- 3) Сформулируйте критерий устойчивости Шур – Кона для ДСУ.
- 4) Сформулируйте критерий устойчивости ДСУ, основанный на билинейном преобразовании.
- 5) В чем состоит условие устойчивости ДСУ второго порядка?
- 6) Какая ДСУ является абсолютно устойчивой?

7) Определите возможность обеспечения абсолютной устойчивостью для ДСУ заданной структуры?

**Лабораторная работа 5** Оценка динамики и точности ДСУ

- 1) Какова длительность переходного процесса в абсолютно устойчивой системе второго порядка?
- 2) Запишите выражение, описывающее изменение ошибки системы, используя коэффициенты ошибки.
- 3) Сделайте заключение о порядке астатизма ДСУ по дискретной передаточной функции разомкнутой системы.

**Лабораторная работа 6.** Построение логарифмической амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик разомкнутой ДСУ в функции абсолютной псевдочастоты в среде MATLAB

- 1) Что означает термин «финитный спектр сигнала»?
- 2) Сформулируйте ограничения, связанные с применением теоремы Котельникова - Шеннона.
- 3) Почему логарифмическая амплитудно-частотная и фазо-частотная характеристики ДСУ не могут быть построены непосредственно по дискретной передаточной функции системы  $W(z)$ ?
- 4) Опишите процедуру построения логарифмической амплитудно-частотной и фазо-частотной характеристик ДСУ в функции абсолютной псевдочастоты по дискретной передаточной функции системы  $W(z)$ .
- 5) Назовите характерные особенности логарифмической амплитудно-частотной характеристики ДСУ.

**Лабораторная работа 7.** Сопоставление графиков непрерывных сигналов в ДСУ, рассчитанных методом модифицированного Z-преобразования и полученных путем моделирования в среде MATLAB

- 1) Опишите процедуру построения решетчатой функции  $x_{\text{вых}}^{\text{ДК}} \left[ \frac{nT_0}{N} \right]$  методом дробного квантования.
- 2) Опишите процедуру построения непрерывной переходной функции системы методом модифицированного Z-преобразования.
- 3) Дайте сравнительную характеристику методам дробного квантования и модифицированного Z-преобразования

**Лабораторная работа 8.** Моделирование цифровых вычислительных устройств, реализующих типовые законы управления

- 1) Приведите передаточные функции цифровых регуляторов, реализующих передаточные функции пропорционального и интегрирующего звеньев, ПИ-регулятор и ПИД-регулятора.
- 2) Поясните, в чем заключается принцип физической реализуемости на примере цифрового регулятора.
- 3) Запишите передаточную функцию цифрового регулятора, реализующего интегральный закон регулирования, в случае численного интегрирования производится: а) методом прямоугольников; б) методом трапеций.

**Лабораторная работа 9.** Исследование моделей ДСУ с цифровыми регуляторами

- 1) В каком случае ДСУ с цифровым вычислительным устройством в контуре управления можно отнести к импульсным системам 1-го рода?
- 2) Поясните функциональное назначение  $e$  аналого-цифровых и цифроаналоговых преобразователей в структуре ДСУ.
- 3) Что входит в состав импульсного фильтра, используемого для коррекции ДСУ?

- 4) Какие требования предъявляются к передаточной функции цифрового регулятора в случае его реализации: а) последовательным импульсным фильтром; б) импульсным фильтром в цепи обратной связи; в) комбинированным импульсным фильтром?
- 5) Назовите три основных метода формирования (метода программирования) вычислительного алгоритма цифрового вычислительного устройства.

### **Расчетно-графическая работа**

(реализуется в форме практической подготовки)

#### **Исходные данные для выполнения расчетно-графической работы**

1. Исследовать динамические режимы нелинейной системы методом фазовой плоскости для заданной статической характеристики нелинейного элемента и передаточной функции линейной части системы.
2. Оценить динамические свойства системы в свободном движении.
3. Определить наличие автоколебаний в системе, оценить их устойчивость и рассчитать параметры.