

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
**«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»**  
(БГТУ им. В. Г. Шухова)

СОГЛАСОВАНО

Директор института  
магистратуры

канд.экон.наук, доцент

 И.В. Космачева

« 28 » апреля 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор института энергетики, информационных  
технологий и управляющих систем

канд.техн.наук, доцент

 А.В. Белоусов

« 28 » апреля 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**ДИСЦИПЛИНЫ**

**ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ**

направление подготовки

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

профиль подготовки

Электропривод и автоматика механизмов и технологических комплексов

Квалификация

магистр

Форма обучения

очная

**Институт энергетики, информационных технологий и управляющих систем**

**Кафедра электроэнергетики и автоматике**

Белгород – 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – Магистратура по направлению подготовки 13.04.02, утвержденного приказом Минобрнауки России от 28 февраля 2018г. №147;
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 2022 году.

Составители: канд. техн. наук \_\_\_\_\_ (А. С. Солдатенков)

\_\_\_\_\_ (А. В. Погорелов)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры электроэнергетики и автоматике

« 26 » апреля 2022 г., протокол № 9

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ (А. В. Белоусов)

Рабочая программа согласована с выпускающей кафедрой электроэнергетики и автоматике

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ (А. В. Белоусов)

« 26 » апреля 2022 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики, информационных технологий и управляющих систем

« 28 » апреля 2022 г., протокол № 8

Председатель: канд. техн. наук, доцент \_\_\_\_\_ (А. Н. Семернин)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Проектные	ПК-2. Способен проектировать цифровые двойники отдельных элементов автоматизированного электропривода	ПК-2.1. Разрабатывает и анализирует модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение отдельных элементов автоматизированного электропривода	<b>Знания</b> методов создания и анализа дискретных математических моделей систем управления в виде структурных схем цифровых систем управления электроприводов. <b>Умения</b> прогнозирования свойств цифровых систем управления электроприводов и формирования необходимых качеств статических и динамических режимов работы электроприводов. <b>Навыки</b> создания и анализа математических и имитационных моделей цифровых систем управления электроприводов для оптимального решения технологических задач при различных возмущающих воздействиях.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Компетенция ПК-2.** Способен проектировать цифровые двойники отдельных элементов автоматизированного электропривода.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами, практиками.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Системы автоматизированного проектирования электроприводов
2	Цифровые системы управления электроприводов
3	Микропроцессорные системы
4	Учебная практика по получению первичных навыков работы с программным обеспечением применительно к области (сфере) профессиональной деятельности
5	Производственная преддипломная практика

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 зач. единиц, 216 часов.

Дисциплина реализуется в рамках практической подготовки.

Форма промежуточной аттестации: экзамен (3 семестр).

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	216	216
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:</b>	<b>90</b>	<b>90</b>
лекции	34	34
лабораторные	17	17
практические	34	34

групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	5	5
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>126</b>	<b>126</b>
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	72	72
Экзамен	36	36

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1 Наименование тем, их содержание и объем Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>1. Общие сведения о дискретных системах управления</b>					
1	Структурные особенности дискретных систем управления. Структурная схема цифровой системы управления. Квантование информации по уровню. Квантование информации по времени.	2		4	5
2	Основы математического аппарата исследования цифровых систем. Решетчатые функции. Дискретное преобразование Лапласа.	3	3		5
3	Вторая запись дискретного преобразования Лапласа. Нахождение изображения для кратных корней. Разность и сумма решетчатых функций.	3	3		5
<b>2. Основные правила и теоремы дискретной математики</b>					
1	Прямые и обратные разности, неполные и полные суммы. Свойство линейности. Теоремы запаздывания и упреждения.	2	2		3
2	Изображение разностей. Изображение сумм. Дифференцирование изображений. Решение разностных уравнений. Формулы обращения. Разложение в ряд Лорана.	2	2		5
<b>3. Структурные схемы цифровых систем управления электроприводов</b>					
1	Импульсный элемент и его свойства. Обозначения	2	2	4	7

	и временные диаграммы импульсного элемента. Дискретные передаточные функции импульсных элементов с прямоугольной и треугольной формой импульса.				
2	Понятие переходной и весовой функции. Представление дискретной передаточной функции через весовую функцию.	2	2		3
3	Последовательное и параллельное соединение дискретных передаточных функций. Нахождение передаточной функции для замкнутой системы.	2	3		4
4	Дискретные фильтры. Структурные схемы и передаточные функции дискретных фильтров. Дискретная аппроксимация процесса интегрирования.	2	3	4	8
<b>4. Синтез регуляторов цифровой системы управления электроприводов</b>					
1	Приближенные методы преобразования передаточных функций. Метод левых и правых прямоугольников. Метод трапеций.	2	2		4
2	Синтез регуляторов в цифровой системе управления. Преобразование аналогового регулятора в дискретную область.	4	4		6
3	Синтез регуляторов в дискретной области. Синтез регуляторов предельного быстродействия из уравнения электрического равновесия.	4	4	5	11
4	Оптимизация цифрового контура тока электропривода постоянного тока. Оптимизация цифрового контура скорости электропривода постоянного тока.	4	4		6
	<b>ВСЕГО</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>17</b>	<b>72</b>

## 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
<b>семестр № 3</b>				
1	Общие сведения о дискретных системах управления	Вычисление дискретных преобразований через первую форму записи преобразований Лапласа	3	3
2		Вычисление дискретных преобразований через вторую форму записи преобразований Лапласа	3	3
3	Основные правила и теоремы дискретной математики	Решение разностных уравнений, описывающих различные дискретные математические модели	4	4
4	Структурные схемы цифровых систем	Расчет передаточных функций в дискретной области импульсных	4	4

	управления электроприводов	элементов прямоугольной и треугольной форм		
5		Получение структурных схем и передаточных функций дискретных фильтров	6	6
6	Синтез регуляторов цифровой системы управления электроприводов	Синтез регуляторов в аналоговой области и их преобразование в дискретную область	6	6
7		Синтез регуляторов в дискретной области на примере электропривода постоянного тока	8	8
	ВСЕГО		34	34

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
семестр № 3				
1	Общие сведения о дискретных системах управления	Рассмотрение особенностей дискретизации и квантования сигналов	4	4
2	Структурные схемы цифровых систем управления электроприводов	Исследование временных и частотных свойств импульсных элементов	2	2
3		Изучение особенностей работы дискретных фильтров в электроприводе	3	3
4	Синтез регуляторов цифровой системы управления электроприводов	Сравнительный анализ характеристик дискретных и аналоговых регуляторов	4	4
5		Испытание регуляторов предельного быстродействия электропривода постоянного тока	4	4
	ВСЕГО		17	17

### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена.

### 4.5. Содержание расчетно-графического задания

Цель выполнения расчетно-графического задания: на основании математической модели сформировать свойства цифровых систем управления электроприводом постоянного тока в соответствии требований технологического процесса.

Учебным планом предусмотрено выполнение одного расчетно-графического задания, которое заключается в выполнении типового задания на тему «Разработка замкнутой цифровой системы управления электроприводом постоянного тока по

системе широтно-импульсный преобразователь – двигатель постоянного тока с независимым возбуждением».

В расчетно-графическом задании решаются следующие вопросы:

- для заданной системы ШИП-ДПТ составляется двухконтурная система подчиненного регулирования;
- производится синтез регуляторов тока и скорости для аналоговой системы управления;
- производится синтез цифровых регуляторов с помощью преобразования и в дискретной области;
- проводится имитационное моделирование систем управления;
- заключение по результатам моделирования.

Отчет должен содержать:

- исходные данные;
- функциональные и структурные схемы электропривода;
- расчётные формулы, числовые расчёты;
- имитационные модели аналоговой и цифровой систем управления;
- результаты моделирования скорости, тока и момента двигателя для аналоговой и цифровых систем управления;
- вывод о результатах проделанной работы;
- список используемой литературы.

#### Пример расчетно-графического задания

№п/п	Тип двигателя	$P_n$ , кВт	$U_n$ , В	$I_n$ , А		$\eta_n$ , %	$n_n$ , об/мин
7	4ПФ160М	22,0	440	56,8		84,5	1090

Разработать замкнутую цифровую систему управления электроприводом по системе ШИП-ДПТ:

- 1) Построить структурную схему двухконтурной замкнутой системы управления подчиненного регулирования.
- 2) Определить передаточные функции для аналоговой системы управления при настройке ПИ-регулятора скорости на симметричный оптимум, а ПИ-регулятора тока на модульный (технический) оптимум.
- 3) Произвести моделирование аналоговой системы управления при моменте сопротивления равном  $M_c=0,7M_n$  и  $M_c=0,1M_n$ , учитывая, что магнитный поток равен номинальному значению ( $\Phi=\Phi_{ном}$ ).
- 4) Произвести синтез цифровых регуляторов на базе аналоговых.
- 5) Осуществить синтез цифровых регуляторов в дискретной области.
- 6) Произвести моделирование цифровых систем управления при условиях аналогичных аналоговой системе.
- 7) Сравнить результаты моделирования аналоговой и цифровых систем управления электроприводами.

#### 4.6. Содержание индивидуального домашнего задания.

Индивидуальное домашнее задание учебным планом не предусмотрено.

## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 5.1. Реализация компетенций

**Компетенция ПК-2.** Способен проектировать цифровые двойники отдельных элементов автоматизированного электропривода.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.1. Разрабатывает и анализирует модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение отдельных элементов автоматизированного электропривода	Экзамен, собеседование, выполнение и защита лабораторных работ, выполнение и защита расчетно-графического задания

### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

**Промежуточная аттестация** осуществляется в конце третьего семестра в форме экзамена.

#### Вопросы для подготовки к экзамену

Экзамен включает в себя теоретическую часть (2 вопроса). Для подготовки устного ответа на вопросы билета, который студент выбирает случайным образом, отводится 60 минут. После проверки ответов преподаватель проводит со студентом собеседование с целью определения уровня освоения студентом изученного материала и может задать дополнительные вопросы.

Распределение вопросов и заданий по билетам находится в закрытом для студентов доступе. Ежегодно по дисциплине на заседании кафедры утверждается комплект билетов для проведения экзамена. Экзамен является наиболее значимым оценочным средством и решающим в итоговой отметке учебных достижений студента.

#### Перечень тем и вопросов для подготовки к теоретической части экзамена

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общие сведения о дискретных системах управления	1. Дискретные системы управления. 2. Структурные особенности цифровых систем управления. 3. Квантование сигнала по уровню и времени? 4. Решетчатые функции. 5. Назначение дискретного преобразования Лапласа. 6. Вторая запись дискретного преобразования Лапласа. 7. Формула нахождения изображения для кратных корней. 8. Разность и суммы решетчатых функций.
2	Основные правила и теоремы дискретной математики	1. Прямые и обратные разности, неполные и полные суммы. 2. Свойство линейности, теорема запаздывания и упреждения.



		3. Изображение разностей и изображение сумм. 4. Дифференцирование изображений. 5. Решение разностных уравнений. 6. Формулы обращения. Разложение в ряд Лорана.
3	Структурные схемы цифровых систем управления электроприводов	1. Импульсный элемент и его свойства. 2. Понятие о дискретной передаточной функции. 3. Понятие переходной и весовой функции. 4. Представление дискретной передаточной функции через весовую функцию. 5. Последовательное и параллельное соединение дискретных передаточных функций. 6. Нахождение передаточной функции для замкнутой системы. 7. Дискретные фильтры. 8. Дискретная аппроксимация процесса интегрирования.
4	Синтез регуляторов цифровой системы управления электроприводов	1. Приближенные методы преобразования передаточных функций. 2. Преобразование аналогового регулятора в дискретную область на примере электропривода постоянного тока. 3. Синтез регуляторов в дискретной области. 4. Синтез регуляторов предельного быстродействия из уравнения электрического равновесия. 5. Оптимизация цифровых контуров тока в электроприводе постоянного тока. 6. Оптимизация цифрового контура скорости электропривода постоянного тока.

**Перечень контрольных материалов  
для защиты курсового проекта/ курсовой работы  
“Не предусмотрено учебным планом”**

**5.3. Типовые контрольные задания (материалы)  
для текущего контроля в семестре**

**Текущий контроль** осуществляется в течение 3 семестра в форме собеседования во время проведения практических занятий, выполнения и защиты расчетно-графического задания, выполнения и защиты лабораторных работ.

**Защита лабораторных работ**

В лабораторном практикуме по дисциплине представлен перечень лабораторных работ, обозначены цель и задачи, необходимые теоретические и методические указания к работе, приведен порядок выполнения работы, содержание отчета и перечень контрольных вопросов.

Защита лабораторных работ возможна после проверки правильности выполнения работы и оформления отчета. Защита проводится в форме собеседования преподавателя со студентом по теме лабораторной работы. Примерный перечень контрольных вопросов для защиты лабораторных работ представлен в таблице.

№	Тема лабораторной работы	Контрольные вопросы
1.	Рассмотрение особенностей дискретизации и квантования сигналов	1. Что такое дискретизация сигнала? 2. Что такое квантование сигнала? 3. Подходы к исследованию нелинейных свойств дискретных систем. 4. Решетчатые функции. 5. Сравнение аналого-цифрового преобразователя с единичной выборкой и преобразователем, использующим оверсемплинг.
2.	Исследование временных и частотных свойств импульсных элементов	1. Временные свойства элемента с прямоугольной формой импульса 2. Частотные свойства элемента с прямоугольной формой импульса 3. Временные свойства элемента с треугольной формой импульса 4. Частотные свойства элемента с треугольной формой импульса 5. Дискретные передаточные функции импульсных элементов
3.	Изучение особенностей работы дискретных фильтров в электроприводе	1. Что такое дискретные фильтры? 2. Разностные уравнения дискретных фильтров. 3. Структурные схемы дискретных фильтров. 4. Передаточные функции дискретных фильтров.
4.	Сравнительный анализ характеристик дискретных и аналоговых регуляторов	1. Особенности работы аналоговых систем управления электроприводов. 2. Особенности работы цифровых систем управления электроприводов. 3. Преимущества и недостатках аналоговых систем. 4. Преимущества и недостатках цифровых систем.
5.	Испытание регуляторов предельного быстродействия электропривода постоянного тока	1. Регулятор предельного быстродействия. 2. Уравнение электрического равновесия привода постоянного тока. 3. Синтез регулятора из уравнения равновесия электропривода. 4. Преимущества и недостатки регулятора предельного быстродействия.

### Примеры типовых вопросов и задач для практических занятий

1. Каким образом перейти к соответствующей решетчатой функции для непрерывной функции?
2. Что представляет собой дискретное изображение?
3. Первая форма записи дискретного преобразования Лапласа.
4. Вторая форма записи дискретного преобразования Лапласа.
5. Как найти Z-преобразование выборки дискретных значений непрерывного процесса?
6. Как осуществить обратное Z-преобразование?
7. Нахождение прямых и обратных разностей.
8. Нахождение прямых и не прямых сумм.
9. Применение теорем запаздывания и упреждения.
10. Какие типы дискретных фильтров имеют минимальную емкость запоминающего устройства?
11. Как осуществить переход от дискретной передаточной функции к разностному уравнению?
12. В чем состоят особенности нахождения дискретной передаточной функции от последовательного соединения непрерывных звеньев?
13. В чем состоят особенности нахождения дискретной передаточной функции от параллельного соединения непрерывных звеньев?

#### Задача

Вычислить дискретное преобразование Лапласа от функции  $U(t)=1[t]$ , используя первую форму записи дискретного преобразования Лапласа

#### Задача

Найти Z-изображение синусоидально изменяющейся функции  $x(t) = \sin(\omega t)$ .

### Задача

Дана дискретная передаточная функция и вид входной переменной  $x[nT] = 1[nT]$  при  $T = 1$ . Необходимо просчитать четыре первых значения выходной переменной  $y[n]$ .

### Задача

Дана передаточная функция регулятора. Необходимо найти ее дискретный аналог и схему фильтра.

### Задача

Дана схема двигателя постоянного тока с питанием от широтно-импульсного преобразователя. Необходимо составить расчетную схему и ее структурное представление.

### Примеры типовых вопросов для защиты РГЗ

1. Расчет передаточных функций аналоговых регуляторов при подчиненном регулировании координат электропривода.
2. Какие блоки необходимы для создания модели структуры аналоговой системы управления?
3. Какие блоки необходимы для построения структурной схемы цифровой системы управления на основе аналоговой системы управления?
4. Какой из приближенных методов лучше использовать для преобразования аналогового регулятора в дискретную область?
5. Основные отличия системы управления с дискретным регулятором от аналоговой системы управления.
6. Из каких блоков состоит структурная схема системы управления в дискретной области?
7. Расчет передаточных функций дискретных регуляторов в дискретной области.
8. Основные отличия полностью цифровой системы управления от аналоговой системы управления и системы с дискретным датчиком.
9. Преимущества и недостатки разработанных цифровых систем управления электроприводов.

### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена (3 семестр) используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей компетенций являются

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Полнота ответов на вопросы
	Логика изложения знаний
Умения	Самостоятельность выполнения РГЗ и практических задач
	Качество оформления РГЗ
	Умение делать выводы по результатам выполнения РГЗ и практических задач

Навыки	Выбор методики выполнения РГЗ
	Анализ полученных результатов РГЗ и практических задач
	Обоснование полученных результатов РГЗ

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

При промежуточной аттестации в форме экзамена:

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, определений и понятий	Не знает терминов, определений и понятий, применяемых при создании математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок при описании методов создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Знает термины, определения и понятия при описании методов создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Знает термины, определения и понятия, и может корректно сформулировать их самостоятельно при описании методов создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство задаваемых вопросов про методы создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Дает неполные ответы на большинство вопросов про методы создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Дает полные ответы на большую часть заданных вопросов про методы создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Дает полные, развернутые ответы на все поставленные вопросы про методы создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов
Логика изложения знаний	Излагает знания без логической последовательности и не иллюстрирует примерами математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности описания методов создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Излагает знания без нарушений в логической последовательности описания методов создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов	Излагает знания о методах создания и анализа математических моделей цифровых систем управления электроприводов в логической последовательности и с примерами, самостоятельно их интерпретируя и анализируя

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Самостоятельность выполнения РГЗ	Не выполнено РГЗ, в том числе и с дополнительной помощью	Выполнено РГЗ только с дополнительной помощью	Выполнено РГЗ задание в основном самостоятельно	Самостоятельно без ошибок выполнено РГЗ

Качество оформления РГЗ	РГЗ оформлено настолько неряшливо, что не поддаются проверке	РГЗ оформлено неаккуратно, отсутствуют необходимые пояснения	РГЗ оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями блоков модели цифровой системы управления электроприводов	РГЗ оформлено аккуратно, с необходимыми пояснениями блоков и алгоритма работы модели цифровой системы управления электроприводов
Умение делать выводы по результатам выполнения РГЗ	Не умеет формулировать выводы по разработке и исследовании цифровой системы управления электроприводов	Допускаются ошибки при формулировании выводов по разработке и исследовании моделей цифровой системы управления электроприводов	Допускаются небольшие неточности при формулировании выводов по разработке и исследовании моделей цифровой системы управления электроприводов	Делаются верные выводы по разработке и исследовании моделей цифровой системы управления электроприводов

### Оценка сформированности компетенций по показателю *Навыки*.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Выбор методики выполнения РГЗ	Неверно выбрана методика выполнения РГЗ	Методика выполнения РГЗ выбрана в целом верно, но имеются незначительные неточности в алгоритме моделирования цифровой системы управления электроприводов	Методика выполнения РГЗ выбрана верно, но имеются недочеты, не относящиеся к алгоритму моделирования цифровой системы управления электроприводов	Выбрана верная или наиболее рациональная методика выполнения РГЗ
Анализ полученных результатов РГЗ	Не произведен анализ результатов моделирования цифровой системы управления электроприводов	Анализ результатов, полученных при моделировании цифровой системы управления электроприводов, выполняется только при помощи преподавателя	Допускаются незначительные неточности в ходе анализа результатов моделирования цифровой системы управления электроприводов	Произведен анализ результатов моделирования цифровой системы управления электроприводов и сделаны исчерпывающие выводы
Обоснование полученных результатов РГЗ	Представляемые результаты моделирования цифровой системы управления электроприводов не обоснованы	Имеются замечания к полученным результатам моделирования цифровой системы управления электроприводов, отсутствует в достаточной степени их обоснование	Представляемые результаты моделирования цифровой системы управления электроприводов обоснованы и в целом аргументированы	Представляемые результаты цифровой системы управления электроприводов обоснованы и четко аргументированы

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий	Компьютерный класс М211, оснащенный презентационной техникой и персональными компьютерами (IntelCorei7-3770/ H81/ 8192Мб/ 1Тб/ 21.5”IPS/ Wi-Fi/ LAN100Мб/DWD-RW), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет.
2	Учебная аудитория для практических занятий, консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации	Компьютерный класс М211, оснащенный презентационной техникой и персональными компьютерами (IntelCorei7-3770/ H81/ 8192Мб/ 1Тб/ 21.5”IPS/ Wi-Fi/ LAN100Мб/DWD-RW), подключенными к локальной сети университета с доступом в интернет.
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель; компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет», имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду

### 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Windows 7 Professional,	№ дог. 63-14к от 02.07.2014
2	Office 2013 Professional	№ дог. 31401445414 от 25.09.2014
3	Scilab 6.0.0	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
4	Google Chrome	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения
5	Mozilla Firefox	Свободно распространяемое ПО согласно условиям лицензионного соглашения

### 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Рыбак, Л. А. Теория автоматического управления. Часть II. Дискретные системы : учебное пособие / Л. А. Рыбак. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2012. — 65 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/28401.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Анучин А.С. Системы управления электроприводов: учебник для вузов /А.С. Анучин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 371 с.

3. Терехов В.М. Системы управления электроприводов : учебник/ В.М. Терехов, О.И. Осипов. – Москва: Издательский центр «Академия», 2005. – 299 с.

4. Макаров, В. Г. Проектирование цифровой системы управления автоматической линии станков : учебное пособие / В. Г. Макаров ; Министерство образования и науки России, Казанский национальный исследовательский технологический университет. – Казань : Казанский научно-исследовательский технологический университет (КНИТУ), 2014. – 240 с. : схем., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=428036>.

5. Баховцев, И. А. Микропроцессорные системы управления устройствами силовой электроники: структуры и алгоритмы : учебное пособие : / И. А. Баховцев ; Новосибирский государственный технический университет. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2018. – 219 с. : ил., табл., схем. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=576123>.

6. Симаков, Г. М. Цифровые устройства и микропроцессоры в автоматизированном электроприводе : учебное пособие : / Г. М. Симаков, Ю. В. Панкрац. – Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2013. – 211 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228924>.

7. Алиев, М. Т. Микропроцессорные системы управления электроприводами : учебное пособие / М. Т. Алиев, Т. С. Буканова ; Поволжский государственный технологический университет. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 124 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=459451>.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

1. Электроприводы с цифровым управлением [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://klinachevny.ru/privod/glv\\_100.htm](https://klinachevny.ru/privod/glv_100.htm). – Заглавие с экрана.

2. Справка Scilab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://help.scilab.org/docs/6.0.0/ru\\_RU/index.html](https://help.scilab.org/docs/6.0.0/ru_RU/index.html). – Заглавие с экрана.

3. Tutorials [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.scilab.org/tutorials>. – Заглавие с экрана.

4. Основы работы в Scilab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/162889/>. – Заглавие с экрана.

5. Викиучебник. Scilab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikibooks.org/wiki/Scilab>. – Заглавие с экрана.

6. ScicosLab [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.scicoslab.org/>. – Заглавие с экрана.

7. Корректная реализация разностной схемы ПИД регулятора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/143388/>. – Заглавие с экрана.

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ<sup>1</sup>

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_ /20\_\_\_ учебный год  
без изменений / с изменениями, дополнениями<sup>2</sup>

Протокол № \_\_\_\_\_ заседания кафедры от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

Директор института \_\_\_\_\_  
подпись, ФИО

---

<sup>1</sup> Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

<sup>2</sup> Нужно подчеркнуть