

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Структурное подразделение «Горных машин и электромеханических систем»

**УТВЕРЖДЕНА:**  
на заседании кафедры  
Протокол №10 от 27 февраля 2025 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**«ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ»**

Специальность: 21.05.04 Горное дело

Электрификация и автоматизация горного производства

Квалификация: Горный инженер (специалист)

Форма обучения: очная

Документ подписан простой электронной подписью  
Составитель программы: Долгих Евгений Сергеевич  
Дата подписания: 11.06.2025

Документ подписан простой электронной подписью  
Утвердил и согласовал: Храмовских Виталий Александрович  
Дата подписания: 16.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

# 1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Цифровое моделирование электромеханических систем» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-5 Способность разрабатывать техническую документацию для машиностроительного производства, испытания, модернизации и автоматизации электромеханических систем различного функционального назначения	ПКС-5.3

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-5.3	Разрабатывает проектную документацию с использованием специального программного обеспечения	<b>Знать</b> - классические методы построения математических моделей электромеханических систем; - критерии оценивания переходных процессов в электромеханических системах. <b>Уметь</b> - составлять структурные схемы моделей электромеханических систем - выполнять оценку качества моделирования электромеханической системы <b>Владеть</b> - навыками работы с современными программными средствами моделирования механических систем с электрическим приводом.

## 2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Цифровое моделирование электромеханических систем» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Физика», «Математика», «Основы электротехники», «Электрические машины», «Теоретические основы электротехники и электроники»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Силовая преобразовательная техника», «Системы управления электроприводом», «Автоматизация электромеханических систем»

## 3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам)
--------------------	---

	астрономического часа)		
	Всего	Семес тр № 5	Семестр № 6
Общая трудоемкость дисциплины	144	72	72
Аудиторные занятия, в том числе:	64	32	32
лекции	0	0	0
лабораторные работы	64	32	32
практические/семинарские занятия	0	0	0
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	40	4
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	, Экзамен		Экзамен

#### 4 Структура и содержание дисциплины

##### 4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

##### Семестр № 5

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Проектирование и наладка механической системы с управляемым электрическим приводом.	1		1, 2, 3, 4, 5, 6, 7	32			1	40	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									
	Всего				32				40	

##### Семестр № 6

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Моделирование и изучение свойств механической системы с управляемым электрическим приводом.	1		1, 2, 3, 4, 5	32			1	4	Устный опрос

	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего				32				40	

#### 4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

##### Семестр № 5

№	Тема	Краткое содержание
1	Проектирование и наладка механической системы с управляемым электрическим приводом.	Функциональные возможности программируемого логического контроллера для управления электроприводом. Силовые устройства подачи регулируемого напряжения в цепях электрического привода. Средства измерения параметров электрического привода. Программа для сбора данных о состоянии электрического привода и его управления.

##### Семестр № 6

№	Тема	Краткое содержание
1	Моделирование и изучение свойств механической системы с управляемым электрическим приводом.	Моделирование и натурные испытания электрического двигателя при стопорении, при наличии инерционной нагрузки на валу, при наличии упругого элемента между двигателем и инерционной нагрузкой, при наличии кинематического люфта между двигателем и инерционной нагрузкой с добавлением упругого звена и без него.

#### 4.3 Перечень лабораторных работ

##### Семестр № 5

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Программируемый логический контроллер. Функциональные возможности для управления электроприводом.	4
2	Разработка печатной платы широтно-импульсного преобразователя малой мощности.	4
3	Сборка широтно-импульсного преобразователя малой мощности.	2
4	Анализ вариантов конструкции, расчет параметров, сборка и наладка датчика угловых перемещений и скорости.	6
5	Анализ вариантов конструкции, расчет параметров, сборка и наладка датчика тока.	4
6	Гальваническая развязка между датчиками электрических параметров, широтно-импульсным преобразователем и ПЛК.	4
7	Разработка системы дистанционного управления и сбора данных о состоянии электрического	8

	привода.	
--	----------	--

#### Семестр № 6

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Способы измерения крутящего момента двигателя. Датчик силы.	4
2	Регуляторы тока и скорости. Моделирование и натурные испытания электрического двигателя при стопорении.	5
3	Регуляторы тока и скорости. Моделирование и натурные испытания электрического двигателя с инерционной нагрузкой.	7
4	Регуляторы тока и скорости. Моделирование и натурные испытания электрического двигателя с инерционной нагрузкой и упругим механическим элементом.	8
5	Регуляторы тока и скорости. Моделирование и натурные испытания электрического двигателя с инерционной нагрузкой, упругим звеном и кинематическим люфтом.	8

#### 4.4 Перечень практических занятий

Практических занятий не предусмотрено

#### 4.5 Самостоятельная работа

#### Семестр № 5

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	40

#### Семестр № 6

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Выполнение компьютерных экспериментов и компьютерных лабораторных работ в дистанционном режиме	4

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: групповая дискуссия, презентация

#### 5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

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

##### 5.1.1 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Новожилов М. А. Электрический привод : лабораторный практикум / М. А. Новожилов, В. А. Пионкевич, 2014. - 64.

### **5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:**

1. Блум Д. Изучаем ARDUINO : инструменты и методы технического волшебства : [пер. с англ.] / Джереми Блум, 2015. - 336.
2. Иго Т. Arduino, датчики и сети для связи устройств : обучение на практике: 33 проекта соединения гаджетов между собой и с внешней средой / Том Иго, 2015. - 543.
3. Соммер У. Программирование микроконтроллерных плат Arduino/Freduino : монография / У. Соммер, 2015. - 244.
4. Петин В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин, 2016. - 461.

## **6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине**

### **6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля**

#### **6.1.1 семестр 5 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

Обучающийся, используя материалы лабораторных работ, основную и дополнительную литературу, прорабатывая теоретический материал, выполняет задание преподавателя и отвечает на вопросы.

##### **Критерии оценивания.**

Оценка формируется исходя из пятибалльной шкалы. Оценивается правильность и полнота ответов на вопросы, активность в групповых дискуссиях, выполнение в полном объеме выданных заданий.

#### **6.1.2 семестр 6 | Устный опрос**

##### **Описание процедуры.**

Обучающийся, используя материалы лабораторных работ, основную и дополнительную литературу, прорабатывая теоретический материал, выполняет задание преподавателя и отвечает на вопросы.

##### **Критерии оценивания.**

Оценка формируется исходя из пятибалльной шкалы. Оценивается правильность и полнота ответов на вопросы, активность в групповых дискуссиях, выполнение в полном объеме выданных заданий.

### **6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

#### **6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации**

<b>Индикатор достижения компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Средства (методы) оценивания промежуточной</b>
---	----------------------------	---

		<b>аттестации</b>
ПКС-5.3	<p>Оценка отлично выставляется студенту, правильно ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы.</p> <p>Оценка хорошо выставляется студенту, правильно ответившему на 2 вопроса билета и допустившего неточности в ответе на остальные и ответившего на дополнительные вопросы. Оценка удовлетворительно выставляется студенту, правильно ответившему на 2 вопроса билета и допустившего неточности и ошибки в ответах на остальные вопросы, а также неполно ответившего на дополнительные вопросы.</p> <p>Оценка неудовлетворительно выставляется студенту, неправильно ответившему на 2 и более вопроса билета.</p>	Устный опрос.

## **6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации**

### **6.2.2.1 Семестр 6, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине**

#### **6.2.2.1.1 Описание процедуры**

Для текущего контроля успеваемости применяется поэтапное оценивание выполнения лабораторных работ, предусмотренных компетенциями и программой изучаемого курса. Возможно получить экзамен автоматически. Автоматически экзамен выставляется студенту, выполнившему не менее 75% всех заданий из каждого раздела дисциплины, изученного в семестре и набравшему среднюю оценку по текущей успеваемости в семестре не ниже 4. При невыполнении этого требования проводится экзамен по предложенным вопросам. Экзамен проводится письменно и на персональном компьютере по экзаменационным билетам и включает 2 вопроса.

#### Пример задания:

1. Виды входов и выходов контроллера и варианты их использования.
2. Принципа работы ЦАП и АЦП.
3. Программа для ПЛК при работе с датчиком угловой скорости (энкодером) и его калибровка.
4. Программа для ПЛК при работе с широтно-импульсным преобразователем.
5. Программа для ПЛК при работе с датчиком тока и его калибровка.
6. Принцип работы энкодера и варианты его конструкций.
7. Принцип работы датчика тока и варианты его конструкции.
8. Гальваническая развязка в системах управления электрическим приводом.
9. Способы измерения крутящего момента на валу двигателя.
10. Программа для организации пульта управления электрическим приводом. Построитель

графиков скорости и тока.

11. Программа для организации пульта управления электрическим приводом. Организация связи между ПЛК и СКАДА.

12. Программа для организации пульта управления электрическим приводом. Стрелочные приборы для отображения величины тока в электрической цепи, положения объекта, скорости угловой скорости.

13. Программа для организации пульта управления электрическим приводом. Элементы управления. Кнопки.

14. Программа для организации пульта управления электрическим приводом. Элементы управления. Слайдер.

15. Передаточные функции и структурные схемы П и ПИ-регуляторов.

16. П-регулятор, реакция на единичное ступенчатое воздействие.

17. ПИ-регулятор, реакция на единичное ступенчатое воздействие.

18. Критерии оценивания переходных процессов в электромеханических системах.

19. Параметры блока «PID controller» в программной среде Matlab Simulink или Simintech.

20. Модель двигателя постоянного тока в программной среде Matlab Simulink или Simintech.

#### 6.2.2.1.2 Критерии оценивания

<b>Отлично</b>	<b>Хорошо</b>	<b>Удовлетворительно</b>	<b>Неудовлетворительно</b>
Оценка отлично выставляется студенту, правильно ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы.	Оценка хорошо выставляется студенту, правильно ответившему на 2 вопроса билета и допустившего неточности в ответе на остальные и ответившего на дополнительные вопросы.	Оценка удовлетворительно выставляется студенту, правильно ответившему на 2 вопроса билета и допустившего неточности и ошибки в ответах на остальные вопросы, а также неполно ответившего на дополнительные вопросы.	Оценка неудовлетворительно выставляется студенту, неправильно ответившему на 2 и более вопроса билета.

#### 7 Основная учебная литература

1. Хабаров С. П. Основы моделирования технических систем. Среда Simintech : учебное пособие / С. П. Хабаров, М. Л. Шилкина, 2022. - 120.

2. Гайдук А. Р. Применение программного пакета simintech для изучения теории автоматического управления : учебное пособие / А. Р. Гайдук, Т. А. Пьявченко, 2021. - 131.

3. Новожилов М. А. Электрический привод : лабораторный практикум / М. А. Новожилов, В. А. Пионкевич, 2014. - 64.

#### 8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Среда динамического моделирования технических систем SimInTech : практикум по моделированию систем автоматического регулирования / Б. А. Карташов [и др.], 2017. - 424.
2. Герман-Галкин С. Г. Модельное проектирование электромеханических мехатронных модулей движения в среде SimInTech / С. Г. Герман-Галкин, Б. А. Карташов, С. Н. Литвинов ; ред. А. Н. Петухов, 2021. - 494.
3. Калачев Ю. Н. Преобразователи автономных источников электроэнергии (и их модели) SimInTech / Ю. Н. Калачев, А. Г. Александров, 2021. - 80.
4. Карташов Б. А. SimInTech: Применение информационных технологий в автоматическому управлению : учебное пособие / Б. А. Карташов, Е. А. Шабаев, 2025. - 580.
5. Электрический привод : методические указания для аудиторных занятий (лабораторные работы): направление 13.03.02 "Электроэнергетика и электротехника": профиль "Электропривод и автоматика": квалификация бакалавр / Иркут. нац. исслед. техн. ун-т, Ин-т энергетики, Каф. электропривода и электр. трансп., 2018. - 49.

## **9 Ресурсы сети Интернет**

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

## **10 Профессиональные базы данных**

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

## **11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем**

1. SiminTech Academic Classroom

## **12 Материально-техническое обеспечение дисциплины**

1. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
2. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
3. Комп. ASUS P5QPL-AM/мон.LG"19/Intel Core 2Duo/DDRII DIMM 2Gb x2/500Gb/DVD-RW/MidiTower ATX/1024MbPCI-E/ИБП800/кл/мышь
4. Высокопроизводительная система с общей памятью T-Платформы T-Edge SMP 12
5. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb\*2шт./DVDRW/ATX 450

6. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb\*2шт./DVDRW/ATX 450
7. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb\*2шт./DVDRW/ATX 450
8. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb\*2шт./DVDRW/ATX 450
9. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb\*2шт./DVDRW/ATX 450
10. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb\*2шт./DVDRW/ATX 450
11. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb\*2шт./DVDRW/ATX 450
12. Компьютер в сборе Asus P5Q--LD/Intel Core2Duo/DDRII 4Gb/320Gb\*2шт./DVDRW/ATX 450
13. Компьютер i7-3820/iX79/16Gb/2Gb/Quadro 4000 2048Mb/LCD 24"/DVD/ИБП 1000WA/
14. Проектор мультимедиа BenQ MW621ST(с экраном 3\*3 + колонки)