

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Курганский государственный университет»  
(КГУ)

Кафедра «Цифровая энергетика»



УТВЕРЖДАЮ:

Первый проректор

/Т.Р. Змызгова/

«10» октября 2022 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

**Моделирование в электроэнергетике**

(наименование дисциплины)

образовательной программы высшего образования –  
программы магистратуры  
**13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:

**Цифровые технологии в электроэнергетике**

Формы обучения: очная, заочная

Курган 2022

Рабочая программа дисциплины «Моделирование в электроэнергетике» составлена в соответствии с учебными планами по программе магистратуры Электроэнергетика и электротехника (Цифровые технологии в электроэнергетике), утвержденными:

- для очной формы обучения «30» августа 2022 года;
- для заочной формы обучения «30» августа 2022 года.

Рабочая программа дисциплины одобрена на заседании кафедры «Цифровая энергетика» «07» октября 2022 года, протокол № 2.

Рабочую программу составил  
доцент



С.В. Титов

Согласовано:

Заведующий кафедрой  
«Цифровая энергетика»



В.И. Мошкин

Руководитель программы магистратуры



В.И. Мошкин

Специалист по учебно-методической  
работе учебно-методического отдела



Г.В. Казанкова

Начальник управления образовательной  
деятельности



И.В. Григоренко

## 1. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Всего: 5 зачетных единицы трудоемкости (180 академических часа)

### Очная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		1
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции		
Лабораторные работы		
Практические занятия	16	16
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>132</b>	<b>132</b>
<b>в том числе:</b>		
Подготовка к экзамену		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>180</b>	<b>180</b>

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	На всю дисциплину	Семестр
		1
<b>Аудиторные занятия (контактная работа с преподавателем), всего часов</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>в том числе:</b>		
Лекции		
Лабораторные работы		
Практические занятия	4	4
<b>Самостоятельная работа, всего часов</b>	<b>170</b>	<b>170</b>
<b>в том числе:</b>		
Подготовка к экзамену		
Другие виды самостоятельной работы (самостоятельное изучение тем (разделов) дисциплины)		
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>Экзамен</b>	<b>Экзамен</b>
<b>Общая трудоемкость дисциплины и трудоемкость по семестрам, часов</b>	<b>180</b>	<b>180</b>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Моделирование в электроэнергетике» относится к учебным дисциплинам Блока 1. Часть, формируемая участниками образовательных отношений.

Для успешного освоения дисциплины обучающиеся должны обладать базовыми знаниями по электроэнергетике.

Результаты обучения по дисциплине необходимы для выполнения разделов выпускной квалификационной работы.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Целью освоения дисциплины «Моделирование в электроэнергетике» является знакомство с основными понятиями теории компьютерного моделирования, использованию математического аппарата для проектирования моделей различного характера, а также работы в современных системах моделирования с целью разработки инновационных компьютерных моделей.

Задачами освоения дисциплины являются:

- сформировать систему основных понятий компьютерного моделирования;
- научить обучающихся оценивать преимущества и недостатки различных видов компьютерного моделирования с помощью того или иного программного обеспечения;
- практическое применение в работе конкретного математического аппарата при исследованиях, проектировании и эксплуатации электроэнергетических систем.

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины:

- способен использовать программное обеспечение для моделирования, анализа, расчета и обработки информации, в том числе – с системами искусственного интеллекта (ПК-2).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

*знать:*

- способы и средства моделирования объектов электроэнергетики. (для ПК-2);

*уметь:*

- обоснованно выбирать оптимальные способы и средства моделирования объектов электроэнергетики. (для ПК-2);

*владеть:*

- навыками проведения экспериментальных исследований; методами сбора, анализа, расчета и обработки информации, в том числе – с системами искусственного интеллекта. (для ПК-2).

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Учебно-тематический план Очная форма обучения (1 семестр)

Рубеж	Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
			Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
Рубеж 1	1	Введение в компьютерное моделирование	2	-	-
	2	Моделирование систем электроснабжения	2	2	4
	3	Основы моделирования систем	2	-	-
	4	Изолированные однокомпонентные системы	2	2	4
		Рубежный контроль № 1	-	2	-
Рубеж 2	5	Расчеты режимов систем электроснабжения	2	2	4
	6	Компонентные модели	2	-	-
	7	Расчет электрических систем с помощью программы ANSYS	2	6	4
	8	Численное моделирование	2	-	-
		Рубежный контроль № 2	-	2	-
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>

### Заочная форма обучения (1 семестр)

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Количество часов контактной работы с преподавателем		
		Лекции	Практич. занятия	Лабораторные работы
1	Введение в компьютерное моделирование	0,5	-	-
2	Моделирование систем электроснабжения	0,5	-	4
3	Основы моделирования систем	0,5	-	-
4	Изолированные однокомпонентные системы	0,5	2	-
5	Расчеты режимов систем электроснабжения	-	2	-
6	Компонентные модели	-	-	-
7	Расчет электрических систем с помощью программы ANSYS	-	-	-
8	Численное моделирование	-	-	-
<b>Всего:</b>		<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

## 4.2. Содержание лекционных занятий

### ***Тема 1. Введение в компьютерное моделирование.***

Основные понятия. Реальный объект и модель. Компьютерное моделирование и вычислительный эксперимент. Программные средства моделирования. Языки моделирования. Классификация компьютерных моделей. Объект и его окружение. Изолированные и открытые модели. Динамические и статические модели. Детерминированные и вероятностные модели.

### ***Тема 2. Моделирование систем электроснабжения.***

Моделирование элементов системы электроснабжения. Общая структура физических (электродинамических) моделей электроэнергетических систем. Способы реализации моделей нагрузки и проверки идентичности характеристик модели и оригинала.

### ***Тема 3. Основы моделирования систем.***

Симуляция движения. Поточная модель управления. Обзор и классификация моделирующих программ. Понятие о структурном и мультидоменном физическом моделировании. Решатели моделирующих программ.

### ***Тема 4. Изолированные однокомпонентные системы.***

Непрерывные модели, непрерывно-дискретные модели, гибридные системы, модели, сводящиеся к динамическим и гибридным системам.

### ***Тема 5. Расчет режимов систем электроснабжения.***

Общая структура алгоритмов расчета установившихся режимов. Способы задания исходных данных. Формирование уравнений установившегося режима с учетом матрицы обобщенных параметров. Матрица узловых проводимостей. Методы решения уравнения состояния сети. Узловые уравнения. Расчеты переходных режимов. Прикладное программное обеспечение для расчета режимов систем электроснабжения.

### ***Тема 6. Компонентные модели.***

Композиция параллельных компонентов. Параллельно объединение непрерывных компонентов. Ориентированные блоки, неориентированные блоки, параллельное объединение гибридных компонентов, композиция параллельно работающих блоков с контактами.

### ***Тема 7. Расчет электрических систем с помощью программы ANSYS.***

Примеры, не содержащие электромагнитные расчёты. Примеры, содержащие только электромагнитные расчеты. Анализ осесимметричного

электромагнита постоянного тока. Обмотка напряжения на переменном токе. Процесс включения осесимметричного электромагнита с обмоткой напряжения постоянного тока. Проводник с током в пазу массивного ферромагнетика. Сила взаимодействия двух шин. Трехмерный анализ стационарного поля электромагнита постоянного тока. Обмотка постоянного тока с замкнутым магнитопроводом. Примеры, одновременно содержащие расчеты как электромагнитных, так и других полей. Анализ на прочность длинной толстой круглой однородной обмотки с постоянным током. Примеры Руководства по анализу электромагнитного поля. Примеры ANSYS Verification Manual.

### **Тема 8. Численное моделирование.**

Системы линейных алгебраических уравнений, проблема собственных значений, системы нелинейных алгебраических уравнений, системы обыкновенных дифференциальных уравнений, системы алгебро-дифференциальных уравнений.

#### **4.3. Практические занятия**

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы дисциплины	Наименование и содержание практического занятия	Норматив времени, час.	
			Очная форма	Заочная форма
2	Моделирование систем электроснабжения	MATLAB/SIMULINK Моделирование переходных процессов в разветвленных электрических цепях.	2	-
4	Изолированные однокомпонентные системы	Расчет цепей Маркова. Уравнения частных производных.	2	2
	Рубежный контроль 1		2	-
5	Расчеты режимов систем электроснабжения	Расчет параметров установившихся режимов сетей	2	2
7	Расчет электрических систем с помощью программы ANSYS	Расчет магнитных систем электрических аппаратов с помощью программы ANSYS	6	-
	Рубежный контроль 2		2	-
		<b>Всего</b>	<b>16</b>	<b>4</b>

#### 4.4. Лабораторные занятия

Номер раздела, темы	Наименование раздела, темы	Наименование лабораторной работы	Норматив времени, час.	
			Очная форма обучения (1 семестр)	Заочная форма обучения (1 семестр)
2	Моделирование систем электроснабжения	Моделирование схемы электроснабжения для расчёта токов короткого замыкания в сети до 1000 В в среде Electronics Workbench	4	4
4	Изолированные однокомпонентные системы	Исследование и регулирование уровня напряжений напряжения в электросетях	4	-
5	Расчеты режимов систем электроснабжения	Передача и распределение электроэнергии	4	-
7	Расчет электрических систем с помощью программы ANSYS	Моделирование электромагнитных полей в программе ANSYS	4	-
<b>Всего:</b>			<b>16</b>	<b>4</b>

#### 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

При прослушивании лекций рекомендуется в конспекте отмечать все важные моменты, на которых заостряет внимание преподаватель, в частности те, которые направлены на качественное выполнение соответствующей практической работы.

Преподавателем запланировано использование при чтении лекций технологии учебной дискуссии. Поэтому рекомендуется фиксировать для себя интересные моменты с целью их активного обсуждения на дискуссии в конце лекции.

Практические занятия по дисциплине посвящены решению задач.

Для текущего контроля успеваемости по очной форме обучения преподавателем используется балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности. Поэтому настоятельно рекомендуется тщательно прорабатывать материал дисциплины при самостоятельной работе, участвовать во всех формах обсуждения и взаимодействия, как на лекциях, так и на практических занятиях в целях лучшего освоения материала и получения высокой оценки по результатам освоения дисциплины.

Выполнение самостоятельной работы подразумевает самостоятельное изучение разделов дисциплины, подготовку к практическим занятиям, к ру-

бежным контролям (для обучающихся очной формы обучения), подготовку к зачету.

Рекомендуемая трудоемкость самостоятельной работы представлена в таблице:

### Рекомендуемый режим самостоятельной работы

Наименование вида самостоятельной работы	Рекомендуемая трудоемкость, акад. час.	
	Очная форма обучения	Заочная форма обучения
<b>Самостоятельное изучение тем дисциплины:</b>	<b>93</b>	<b>140</b>
Математические модели ЛЭП. Исследование режима холостого хода ЛЭП . Исследование режимов передачи мощности по ЛЭП	10	10
Расчет установившегося режима ЭЭС на основе линейных математических моделей	7	10
Расчет установившегося режима ЭЭС на основе нелинейных математических моделей	7	10
Математические методы анализа статической устойчивости установившихся режимов ЭЭС	7	11
Математические методы анализа динамической устойчивости установившихся режимов ЭЭС	7	11
Математические модели метауровня. Синтез и анализ логических схем	7	11
Нормальная система дифференциальных уравнений Приведение систем дифференцированных уравнений к нормальной форме. Решения системы дифференцированных уравнений.	6	10
Матричная форма записи системы линейных дифференцированных уравнений и её решение. Характеристическое уравнение системы дифференцированных уравнений. Операторная форма записи линейных дифференцированных уравнений.	6	11
Электромагнитные и тепловые процессы в трехфазной подземной кабельной линии электропередачи	8	11
Расчет нагрева контактного соединения шин	6	11
Расчет сопротивлений заземлителей	6	11

Моделирование трансформаторов тока в режимах с глубоким насыщением магнитопроводов	6	11
Моделирование электромеханических систем	6	11
<b>Подготовка к лабораторным занятиям</b> (по 1 часу на каждое занятие)	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Подготовка к практическим занятиям</b> (по 1 часу на каждое занятие)	<b>4</b>	<b>2</b>
<b>Подготовка к рубежным контролям</b> (по 2 часа на каждый рубеж)	<b>4</b>	<b>-</b>
<b>Подготовка к экзамену</b>	<b>27</b>	<b>27</b>
<b>Всего:</b>	<b>132</b>	<b>170</b>

## 6. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 6.1. Перечень оценочных средств

1. Балльно-рейтинговая система контроля и оценки академической активности обучающихся в КГУ (для очной формы обучения).
2. Банк задач для практических занятий.
3. Отчеты студентов по лабораторным работам.
4. Банк тестовых заданий к рубежным контролям № 1, № 2 (для очной формы обучения).
5. Перечень вопросов к зачету.

### 6.2. Система балльно-рейтинговой оценки работы обучающихся по дисциплине Очная форма обучения 1 семестр

№	Наименование	Содержание					
		Распределение баллов за 1 семестр					
	Вид УР:	Посещение лекций	Практические занятия	Выполнение и защита отчетов по лабораторным работам	Рубежный контроль №1	Рубежный контроль №2	Экзамен
	Балльная оценка:	До 16	До 12	До 16	До 13	До 13	До 30
	Примечания:	8 лекции по 2 балла	6 практических занятий	до 4-х баллов за лаб. работу	На 3 практическом занятии	На 8 практическом занятии	

2	Критерий пересчета баллов в традиционную оценку по итогам работы в семестре и экзамена		60 и менее баллов – неудовлетворительно; 61...73 – удовлетворительно; 74... 90 – хорошо; 91...100 – отлично
3	Критерии допуска к промежуточной аттестации, возможности получения автоматического зачета по дисциплине, возможность получения бонусных баллов		<p>Для допуска к промежуточной аттестации по дисциплине за семестр обучающийся должен набрать по итогам текущего и рубежного контролей не менее 51 балла. В случае если обучающийся набрал менее 51 балла, то к аттестационным испытаниям он не допускается.</p> <p>Для получения экзамена без проведения процедуры промежуточной аттестации обучающемуся необходимо набрать в ходе текущего и рубежных контролей не менее 61 балла. В этом случае итог балльной оценки, получаемой обучающимся, определяется по количеству баллов, набранных им в ходе текущего и рубежных контролей. При этом, на усмотрение преподавателя, балльная оценка обучающегося может быть повышена за счет получения дополнительных баллов за академическую активность.</p> <p>Обучающийся, имеющий право на получение оценки без проведения процедуры промежуточной аттестации, может повысить ее путем сдачи аттестационного испытания. В случае получения обучающимся на аттестационном испытании 0 баллов итог балльной оценки по дисциплине не снижается.</p> <p>За академическую активность в ходе освоения дисциплины, участие в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности обучающемуся могут быть начислены дополнительные баллы. Максимальное количество дополнительных баллов за академическую активность составляет 30.</p> <p>Основанием для получения дополнительных баллов являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение дополнительных заданий по дисциплине; дополнительные баллы начисляются преподавателем;</li> <li>- участие в течение семестра в учебной, научно-исследовательской, спортивной, культурно-творческой и общественной деятельности КГУ.</li> </ul>

4	<p>Формы и виды учебной работы для неуспевающих (восстановившихся на курсе обучения) обучающихся для получения недостающих баллов в конце семестра</p>	<p>В случае если к промежуточной аттестации (экзамену) набрана сумма менее 51 баллов, обучающемуся необходимо выполнить дополнительные задания, до конца последней (зачетной) недели семестра. При этом необходимо проработать материал всех пропущенных лабораторных работ.</p> <p>Формы дополнительных заданий (назначаются преподавателем):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- выполнение и защита пропущенной лабораторной работы (при невозможности дополнительного проведения лабораторной работы преподаватель устанавливает форму дополнительного задания по тематике пропущенной лабораторной работы самостоятельно) – до 4 баллов;</li> <li>- прохождение рубежного контроля (баллы в зависимости от рубежа);</li> <li>- реферат (до 15 баллов).</li> </ul> <p>Ликвидация академических задолженностей, возникших из-за разности в учебных планах при переводе или восстановлении, проводится путем выполнения дополнительных заданий, форма и объем которых определяется преподавателем.</p>
---	--	---

### 6.3. Процедура оценивания результатов освоения дисциплины

Рубежный контроль проводится в форме письменного тестирования.

Перед проведением каждого рубежного контроля преподаватель прорабатывает с обучающимися основной материал соответствующих разделов дисциплины в форме краткой лекции-дискуссии.

Варианты тестовых заданий для рубежных контролей № 1, 2 состоят из 13 вопросов.

На каждое тестирование при рубежном контроле обучающемуся отводится время не менее 30 минут.

Преподаватель оценивает в баллах результаты тестирования каждого обучающегося по количеству правильных ответов и заносит в ведомость учета текущей успеваемости.

Экзамен проводится по билетам. Билет состоит из 2 вопросов, на которые обучающийся дает развернутый ответ. За правильный ответ на каждый вопрос обучающийся максимально может получить 15 баллов. Время, отводимое обучающемуся на экзаменационный билет, составляет 1 астрономический час.

Результаты текущего контроля успеваемости экзамена заносятся преподавателем в экзаменационную ведомость, которая сдается в организационный отдел института в день экзамена, а также выставляются в зачетную книжку обучающегося.

#### 6.4. Примеры оценочных средств для рубежных контролей и экзамена.

##### Примеры тестовых заданий для рубежного контроля № 1

1. Фильтр, позволяющий отсеять из всей информации об объекте несущественную информацию – это:
  - а) Формализация
  - б) Пример
  - в) Задача
2. Замена реального объекта или процесса каким-либо представлением – это:
  - а) Формализация
  - б) Пример
  - в) Задача
3. Моделирование проводится с целью:
  - а) предсказания назначения вспомогательного характера.
  - б) предсказания поведения объекта-оригинала в определенных условиях
  - в) соединения между собой сборочных изделий.
4. Искусственно созданный материальный или теоретический образ изучаемого объекта, сохраняющий в разрезе проводимого исследования его наиболее важные свойства – это:
  - а) Пример
  - б) Модель
  - в) Элемент некоторого множества
5. Основными целями моделирования являются:
  - а) нормализация эксплуатации объекта
  - б) прогнозирование поведения объекта-оригинала в реальных условиях
  - в) проведение фундаментальных разработок.
6. Модели классифицируются:
  - а) по отраслям знаний;
  - б) по степени оптимизации
  - в) по определенным характеристикам оригинала
7. Программа Matlab комплектуется библиотекой для физического моделирования электросиловых систем:
  - а) SIM POWER SYSTEMS
  - б) ACCESS
  - в) TRACE MODE
8. Какие модели строятся на основе теории подобия, при котором некоторые аспекты функционирования реального объекта не моделируются:
  - а) полные
  - б) неполные
  - в) приближенные
9. При каком моделировании учитываются вероятностные процессы и события:
  - а) функциональном
  - б) детерминированном
  - в) стохастическом

10. Моделирование часто является единственным способом представления объектов, которые либо практически не реализуемы в заданном интервале времени, либо существуют вне условий, возможных для их физического воплощения – это:

- а) Идеальное моделирование
- б) Наглядное моделирование
- в) Символическое моделирование

11. Структура математической модели – это совокупность переменных и параметров, записанных в математическом выражении, например

$$z = ax^2 + bx + cy^2 + dy + exy$$

Здесь  $x$ ,  $y$  и  $z$  являются:

- а) параметрами
- б) коэффициентами
- в) переменными

12. Что есть Объект?

- а) семантическая категория со значением производителя действия или носителя состояния.
- б) предмет познания и практической деятельности человека
- в) процесс, управление поведением которого является целью создания модели.

13. Структура математической модели – это совокупность переменных и параметров, записанных в математическом выражении, например

$$z = ax^2 + bx + cy^2 + dy + exy$$

Здесь  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ ,  $e$  являются:

- а) параметры
- б) коэффициенты
- в) переменные

14. Свойство объекта моделирования принимать несчетное множество сколь угодно близких значений, является свойством:

- а) прерывания функции;
- б) восстановления состояния;
- в) непрерывности переменных.

15. Интервал времени, в пределах которого прошлые состояния объекта оказывают влияние на текущее значение  $x(t_i)$  называется

- а) Внутренняя память объекта
- б) Внешняя память объекта
- в) Адаптированная память объекта

### Примеры тестовых заданий для рубежного контроля № 2

1. Когда на вход объекта подаются специально сформированные тестовые воздействия, характер и последовательность которых определяется заранее разработанным планом – это:

- а) активный эксперимент

- б) пассивный эксперимент
  - в) принципиальный эксперимент
2. Объект исследования не подвергается искусственным возмущениям и функционирует в своем естественном режиме, но при этом организуются систематические измерения и регистрации значений его входных и выходных переменных - это:
- а) активный эксперимент
  - б) пассивный эксперимент
  - в) принципиальный эксперимент
3. Существует общий подход к подбору вида математической модели без использования каких либо теоретических представлений о внутренней структуре моделируемого объекта. В математике такая задача носит название:
- а) задачи об отклонении функций
  - б) задачи о составлении функций
  - в) задачи о приближении функций
4. Детерминированные процессы бывают:
- а) Эргодические
  - б) Гармонические
  - в) Нестационарные
5. Процессы, которые могут быть описаны функцией  $x(t) = X m \sin(2\pi f_0 t + \theta)$ , называются:
- а) Эргодические
  - б) Гармонические
  - в) Нестационарные
6. Если математическое ожидание и ковариационная функция не зависят от времени  $t$ , то процесс является:
- а) стационарным
  - б) гармоническим
  - в) случайным
7. Научно обоснованное суждение о возможных состояниях объекта в будущем и/или об альтернативных путях и сроках их осуществления называют:
- а) мониторингом
  - б) прогнозом
  - в) перспективой
8. Переменная, значение которой в течение небольшого интервала времени не зависит от времени, прошедшего с начала наблюдения - это:
- а) Переменная интенсивности
  - б) Переменная инерции
  - в) Переменная состояния
9. Переменная, значение которой пропорционально времени, прошедшего с момента предыдущего наблюдения - это:
- а) Переменная интенсивности
  - б) Переменная инерции
  - в) Переменная состояния

10. Методы прогнозирования бывают:

- а) процессуальные;
- б) медийные
- в) статистические.

11. Модели прогноза, учитывающие влияние окружающей среды - это:

- а) системно-следственные модели;
- б) графо-аналитические модели
- в) причинно-следственные модели.

12. Прирост показателя в единицу времени пропорционален уже имеющемуся количеству (достигнутому уровню) с неизменным коэффициентом пропорциональности. Такая модель прогнозирования называется:

- а) нелинейной
- б) экспоненциальной.
- в) логистической.

13. Для описания целого ряда массовых явлений, где одна группа факторов способствует развитию процесса, а другая, напротив, тормозит развитие, причем тем значительнее, чем дальше продвинулся процесс, используется так называемая

- а) нелинейная модель
- б) экспоненциальная модель.
- в) логистическая модель.

14. Данная функция  $W(t) = W_0 e^{\alpha(t-t_0)}$  описывает:

- а) нелинейную модель
- б) экспоненциальную модель.
- в) логистическую модель.

15. Данная функция

$$W(t) = W_0 e^{\frac{-\alpha_0}{\gamma} (e^{-\gamma(t-t_0)} - 1)}$$

описывает:

- а) нелинейную модель
- б) экспоненциальную модель.
- в) логистическую модель.

### Примерный список вопросов для экзамена.

1. Понятие моделирования. Общие сведения.
2. Математические модели и их особенности.
3. Классификация математических моделей.
4. Требования, предъявляемые к математическим моделям.
5. Методы моделирования электрических схем.
6. САПР моделирования электрических схем.
7. Стандарты моделирования электрических схем.

8. Основы моделирования в системе Multisim. Основные элементы интерфейса системы Multisim.
9. Создание электрических схем в системе Multisim из отдельных компонентов. Размещение и соединение элементов.
10. Библиотеки базовых компонентов в системе Multisim.
11. Приборы для исследования схем в системе Multisim: измерители.
12. Приборы для исследования схем в системе Multisim: генераторы.
13. Приборы для исследования схем в системе Multisim: анализаторы,
14. Приборы для исследования схем в системе Multisim: преобразователи.
15. Методы анализа схем в системе Multisim.
16. Система Multisim. Анализ схем по постоянному и переменному току.
17. Система Multisim. Анализ переходных процессов.
18. Система Multisim. Анализ Фурье.
19. Система Multisim. Анализ шумов. Оценка коэффициента шума.
20. Система Multisim. Анализ искажений.
21. Система Multisim. Анализ чувствительности.
22. Система Multisim. Температурный анализ.
23. Основы работы в системе Simulink. Основные элементы интерфейса системы Simulink.
24. Библиотека основных элементов Simulink.
25. Библиотека блоков SimPowerSystems. Блоки Electrical Sources.
26. Библиотека блоков SimPowerSystems. Измерительные и контрольные устройства.
27. Библиотека блоков SimPowerSystems. Блоки Elements.
28. Библиотека блоков SimPowerSystems. Блоки Power Electronics.
29. Библиотека блоков SimPowerSystems. Блоки Machines.
30. Графический интерфейс пользователя PowerGUI в системе Simulink.
31. Создание пользовательских блоков в системе Simulink.
32. Библиотека нелинейных моделей в системе Simulink.
33. Основные команды MATLAB для управления SPS-моделью.
34. Инструменты анализа системы Simulink.
35. Особенности моделирования схем силовой электроники в системе Simulink.

### **6.5. Фонд оценочных средств**

Полный банк заданий для текущего, рубежных контролей и промежуточной аттестации по дисциплине, показатели, критерии, шкалы оценивания компетенций, методические материалы, определяющие процедуры оценива-

ния образовательных результатов, приведены в учебно-методическом комплексе дисциплины.

## **7. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ УЧЕБНАЯ ЛИТЕРАТУРА**

### **7.1. Основная учебная литература**

1. Лыкин А. В. Математическое моделирование электрических систем и их элементов: Учеб. пособие / Новосиб. гос. техн. ун-т. - Новосибирск, 2003. - 134 с. - Доступ из ЭБС «znanium.com»
2. Лабораторный практикум. Математическое моделирование электрических систем и их элементов / Сост А.В. Лыкин. - Изд-во Новосиб. госуд. техн. ун-та. - Новосибирск, 2003. - 63 с. - Доступ из ЭБС «znanium.com»
3. Лыкин А. В., Русина Н. О. Математическое моделирование электрических систем и их элементов: Учебное пособие / Новосиб. госуд. техн. ун-т. - Новосибирск, 1993. - 93 с. - Доступ из ЭБС «znanium.com»
4. Лыкин А. В. Mathcad в задачах электроэнергетики: Учебное пособие / Новосиб. госуд. техн. ун-т. - Новосибирск, 1998. - Доступ из ЭБС «znanium.com»

### **7.2. Дополнительная учебная литература**

1. Ечмаева, Г.А. Разработка баз данных и приложений. Лабораторный практикум [Текст]: учебно-методическое пособие / Г. А. Ечмаева. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2011. – 240 с. - Доступ из ЭБС «znanium.com».
2. Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс] / Н. В. Голубева. - Москва : Лань, 2016. - 191 с. - Доступ из ЭБС «znanium.com».

## **8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

1. Лабораторный практикум по применению ПО MATLAB/SIMULINK для моделирования процессов в электроэнергетике. – Курган, 2021. – 47 с. [Электронный ресурс / Титов С.В. , Ягнин Д.В. – Курган: Издательство Курганского государственного университета, 2021. – 47 с.

## **9. РЕСУРСЫ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>№</b>	<b>Интернет-ресурс</b>	<b>Краткое описание</b>
1	<a href="https://www.ansys.com/">https://www.ansys.com/</a>	Программный продукт
2	<a href="https://www.mathworks.com/">https://www.mathworks.com/</a>	Программный продукт
3	<a href="https://www.solidworks.com/ru">https://www.solidworks.com/ru</a>	Программный продукт

## **10. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

При чтении лекций используются слайдовые презентации.  
Учебная версия NI Multisim (<https://www.ni.com>).

## **11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя учебные лаборатории, оснащенные необходимым оборудованием (стенды, плакаты, жидкокристаллический проектор для отображения фильмов по тематике дисциплины, мультимедийный проектор, мультимедийный экран).

## **12. ДЛЯ МАГИСТРАНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИ- ЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

При использовании электронного обучения и дистанционных образовательных технологий (далее ЭО и ДОТ) занятия полностью или частично проводятся в режиме онлайн. Объем дисциплины и распределение нагрузки по видам работ соответствует п. 4.1. Распределение баллов соответствует п. 6.2 либо может быть изменено в соответствии с решением кафедры, в случае перехода на ЭО и ДОТ в процессе обучения. Решение кафедры об используемых технологиях и системе оценивания достижений обучающихся принимается с учетом мнения ведущего преподавателя и доводится до сведения обучающихся.

Аннотация к рабочей программе дисциплины  
**«Моделирование в электроэнергетике»**

образовательной программы высшего образования –  
программы магистратуры  
**13.04.02 - Электроэнергетика и электротехника**

Направленность:  
**Цифровые технологии в электроэнергетике**

Трудоемкость дисциплины: 5 ЗЕ (180 академических часа)  
Семестр: 1 (очная форма обучения), 1 (заочная форма обучения)  
Форма промежуточной аттестации: экзамен

Содержание дисциплины

Сущность, цель и виды моделирования, роль компьютеров в процессах моделирования систем электроснабжения, виды систем программных продуктов и их компонентов, расчет электроэнергетических систем с помощью различных ПО (ANSYS, Simulink).