МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ:
Первый проректор-проректор по учебной работе
_____ / Д.Е. Овчинников
"_____" _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Б1.О.04.06 «Моделирование и методы планирования экспериментов»

Код и направление подготовки (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль)	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2026
Институт / факультет	Электротехнический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Электрические станции"
Кафедра-разработчик	кафедра "Электромеханика и автомобильное электрооборудование"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	144 / 4
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Зачет с оценкой

Самара 2026

Б1.О.04.06 «Моделирование и методы планирования экспериментов»

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) **13.03.02 Электроэнергетика и электротехника**, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от № 144 от 28.02.2018 и соответствующего учебного плана.

Разработчик РПД:

Заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор	Ю.А Макаричев
(должность, степень, ученое звание)	(ФИО)
Заведующий кафедрой	Ю.А. Макаричев, доктор технических наук, профессор
	(ФИО, степень, ученое звание)

СОГЛАСОВАНО:

Председатель методического совета факультета / института (или учебно-методической комиссии)	Ю.В Зубков, доктор технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Руководитель образовательной программы	А.С. Ведерников, кандидат технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)
Заведующий выпускающей кафедрой	А.С. Ведерников, кандидат технических наук, доцент
	(ФИО, степень, ученое звание)

Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы 4
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы 5
3. 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 5
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий 5
4.1 Содержание лекционных занятий 6
4.2 Содержание лабораторных занятий 7
4.3 Содержание практических занятий 9
4.4. Содержание самостоятельной работы 10
5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю) 11
6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения 12
7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем 12
8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) 12
9. Методические материалы 13
10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) 15

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции			
Фундаментальная подготовка	ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	Владеть методами моделирования, теоретического и экспериментального исследования
			Владеть методами моделирования, теоретического и экспериментального исследования
			Знать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
			Знать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
			Уметь применять методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования
			Уметь применять методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы: **базовая часть**

Код компетенции	Предшествующие дисциплины	Параллельно осваиваемые дисциплины	Последующие дисциплины
ОПК-3	Инженерная и компьютерная графика; Математика; Общая энергетика; Прикладная механика; Физика; Химия; Электроника	Производство и распределение электроэнергии; Теоретические основы систем автоматизированного проектирования; Теория автоматического управления; Электрооборудование электрических станций; Электроснабжение	Математическое моделирование в электроэнергетике и электротехнике; Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. 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

Вид учебной работы	Всего часов / часов в электронной форме	4 семестр часов / часов в электронной форме	5 семестр часов / часов в электронной форме
Аудиторная контактная работа (всего), в том числе:	80	32	48
Лабораторные работы	32	16	16
Лекции	16	16	0
Практические занятия	32	0	32
Внеаудиторная контактная работа, КСР	5	2	3
Самостоятельная работа (всего), в том числе:	59	38	21
подготовка к зачету	8	4	4
подготовка к лабораторным работам	20	10	10
подготовка к лекциям	16	16	0
подготовка к практическим занятиям	15	8	7
Итого: час	144	72	72
Итого: з.е.	4	2	2

4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам), с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Виды учебной нагрузки и их трудоемкость, часы				
		ЛЗ	ЛР	ПЗ	СРС	Всего часов
1	Планирование эксперимента	8	16	16	30	70
2	Моделирование ЭМП	8	16	16	29	69
	КСР	0	0	0	0	5
	Итого	16	32	32	59	144

4.1 Содержание лекционных занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема лекции	Содержание лекции (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
4 семестр				
1	Планирование эксперимента	Постановка задачи планирования оптимизационного эксперимента.	Определение оптимизационного эксперимента. Цели и задачи.	2
2	Планирование эксперимента	Методы обработки экспериментальных данных	Метод наименьших квадратов. Интерполяция результатов опыта. Экстраполяция результатов эксперимента.	2
3	Планирование эксперимента	Полный и дробный факторный эксперимент.	Факторы и параметр оптимизации. Частные и обобщенные параметры. Функция Харрингтона. Требования к факторам и их совокупности. Классификация факторов. Матрица ПФЭ. Выбор интервалов варьирования факторов. Матрица ДФЭ.	2
4	Планирование эксперимента	Крутое восхождение по поверхности отклика. Принятие решения по результатам крутого восхождения. Выбор шагов крутого восхождения.	Движение по градиенту функции отклика. Анализ результатов крутого восхождения. Построение плана второго порядка.	2
5	Моделирование ЭМП	Моделирование электромеханических преобразователей	Моделирование при помощи схем замещения	2
6	Моделирование ЭМП	Численное моделирование магнитных полей	Моделирование немагнитных сред. Моделирование ферромагнитных участков	2
7	Моделирование ЭМП	Магнитостатическая задача численного моделирования поля	Задание геометрической модели и ее физических свойств. Граничные условия.	2

8	Моделирование ЭМП	Нестационарная задача электромагнитного поля.	Физические свойства блоков. Функция задания источников поля.	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**16**

4.2 Содержание лабораторных занятий

№ занятия	**Наименование раздела**	**Тема лабораторного занятия**	**Содержание лабораторного занятия** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов / часов в электронной форме**
4 семестр				
1	Планирование эксперимента	Методы обработки результатов физического эксперимента	Расчет и обработка результатов эксперимента; отображение результатов в виде графиков, диаграмм и т. д. на ПК.	2
2	Планирование эксперимента	Планирование расчетного эксперимента по поиску оптимальных условий методом ПФЭ	Построение матрицы ПФЭ; выбор интервалов варьирования факторов	2
3	Планирование эксперимента	Планирование расчетного эксперимента по поиску оптимальных условий методом ПФЭ	Крутое восхождение по поверхности отклика	2
4	Планирование эксперимента	Планирование расчетного эксперимента по поиску оптимальных условий методом ДФЭ	Построение матрицы ДФЭ; выбор интервалов варьирования факторов	2
5	Планирование эксперимента	Планирование расчетного эксперимента по поиску оптимальных условий методом ДФЭ	Крутое восхождение по поверхности отклика	2
6	Планирование эксперимента	Расчет и построение характеристики намагничивания МПТ в программе MATCAD	Расчет и построение характеристики намагничивания МПТ в программе MATCAD	2

7	Планирование эксперимента	Оцифровка графиков. Автоматизация поиска значений величины.	Линейные математические модели; нелинейные математические модели.	2
8	Планирование эксперимента	Оценка адекватности ММ результатам эксперимента	Методы оценки адекватности ММ	2
			Итого за семестр:	**16**
5 семестр				
9	Моделирование ЭМП	Моделирование электромагнитного поля методом конечных элементов	Постановка задачи. Виды задач	2
10	Моделирование ЭМП	Моделирование электромагнитного поля методом конечных элементов	Геометрическая модель. Физические свойства блоков	2
11	Моделирование ЭМП	Моделирование электромагнитного поля методом конечных элементов	Статическое магнитное поле. Геометрическая модель электромагнита	2
12	Моделирование ЭМП	Моделирование нестационарного электромагнитного поля методом конечных элементов	Геометрическая модель. Физические свойства блоков	2
13	Моделирование ЭМП	Моделирование нестационарного электромагнитного поля методом конечных элементов	Создание расчетной сетки МКЭ. Решение задачи и анализ результатов	2
14	Моделирование ЭМП	Моделирование электромагнитного поля переменного тока методом конечных элементов	Определение активных блоков и задание их физических свойств.	2
15	Моделирование ЭМП	Моделирование электромагнитного поля переменного тока методом конечных элементов	Создание расчетной сетки МКЭ. Решение задачи и анализ результатов	2
16	Моделирование ЭМП	Моделирование теплового поля ЭМП	Выбор типа задачи. Задача статического теплового поля	2
			Итого за семестр:	**16**
			Итого:	**32**

4.3 Содержание практических занятий

№ занятия	Наименование раздела	Тема практического занятия	Содержание практического занятия (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	Количество часов / часов в электронной форме
5 семестр				
1	Планирование эксперимента	Выбор факторов и диапазона их изменения в задаче ПФЭ	Выбор факторов. Расчет диапазона варьирования факторов.	2
2	Планирование эксперимента	Расчет обобщенного параметра оптимизации	Частные параметры оптимизации; функция желательности; дискретные параметры.	2
3	Планирование эксперимента	Расчет обобщенного параметра оптимизации.	Расчет функции Харрингтона	2
4	Планирование эксперимента	Построение матрицы дробного факторного эксперимента	Дробная полуреплика 24-1; дробные реплики высшего порядка.	2
5	Планирование эксперимента	Расчет коэффициентов регрессии .	Методы расчета коэффициентов регрессии; выбор масштаба шагов перед крутым восхождением	2
6	Планирование эксперимента	Интерполяция результатов МНК	Основные уравнения МНК; решение примера.	2
7	Планирование эксперимента	Графическое отображение результатов эксперимента	Виды графических зависимостей для отображения результатов эксперимента; интерполяция и экстраполяция	2
8	Планирование эксперимента	Обработка результатов эксперимента и их графическое отображение на ПК	Построение таблиц Excel для расчета параметров; построение графиков и диаграмм.	2
9	Моделирование ЭМП	Виды задач при численном моделировании полей	Выбор типа задачи. Постановка цели работы	2
10	Моделирование ЭМП	Выбор блоков моделей	Виды блоков моделей. Задание физических свойств.	2

11	Моделирование ЭМП	Построение модели для численного моделирования магнитного поля	Виды геометрических моделей	2
12	Моделирование ЭМП	Построение расчетной сетки	Выбор числа узлов и построение расчетной сетки.	2
13	Моделирование ЭМП	Решение задачи численного моделирования	Интегральный калькулятор. Расчет точечных значений параметров.	2
14	Моделирование ЭМП	Расчет индуктивностей	Расчет индуктивностей через потокосцепление и через значение энергии поля.	2
15	Моделирование ЭМП	Анализ результатов численного моделирования	Построение графиков и диаграмм по результатам расчета. Выводы	2
16	Моделирование ЭМП	Численная оптимизация в задачах моделирования	Варьирование параметров и анализ результатов	2
			Итого за семестр:	**32**
			Итого:	**32**

4.4. Содержание самостоятельной работы

Наименование раздела	**Вид самостоятельной работы**	**Содержание самостоятельной работы** (перечень дидактических единиц: рассматриваемых подтем, вопросов)	**Количество часов**
4 семестр			
Планирование эксперимента	Подготовка к лабораторным работам,	Выполнение соответствующих заданий. Метод наименьших квадратов	10
Планирование эксперимента	Подготовка к зачету	Все темы	4
Планирование эксперимента	Подготовка к лекциям	Все темы раздела 1	8
Планирование эксперимента	Подготовка к практическим занятиям	Методы планирования эксперимента	8
Моделирование ЭМП	Подготовка к лекциям	Все темы раздела 2	8
		Итого за семестр:	**38**
5 семестр			

Моделирование ЭМП	Подготовка к зачету	Все темы	4
Моделирование ЭМП	Подготовка к лабораторным работам	Моделирование МКЭ	10
Моделирование ЭМП	Подготовка к практическим занятиям	МКЭ и его применение в электромеханике	7
		Итого за семестр:	**21**
		Итого:	**59**

5. Перечень учебной литературы и учебно-методического обеспечения по дисциплине (модулю)

№ п/п	**Библиографическое описание**	**Ресурс НТБ СамГТУ** (ЭБС СамГТУ, IPRbooks и т.д.)
Основная литература		
1	Батищев, В.И. Оптимизационные методы принятия решения : учеб. пособие / В. И. Батищев, Б. Э. Забержинский; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2014.- 131 с.	Книжный фонд
2	Батищев, В.И. Оптимизационные методы принятия решения : учеб. пособие / В. И. Батищев, Б. Э. Забержинский; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2014.- 131 с.	Книжный фонд
3	Батищев, В.И. Оптимизационные методы принятия решения : учеб. пособие / В. И. Батищев, Б. Э. Забержинский; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2014.- 131 с.	Книжный фонд
4	Макаричев, Ю.А. Методы планирования эксперимента и обработки данных : учеб.пособие / Ю. А. Макаричев, Ю. Н. Иванников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2016.- 121 с.	Книжный фонд
5	Макаричев, Ю.А. Методы планирования эксперимента и обработки данных : учеб.пособие / Ю. А. Макаричев, Ю. Н. Иванников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2016.- 121 с.	Книжный фонд
6	Макаричев, Ю.А. Методы планирования эксперимента и обработки данных : учеб.пособие / Ю. А. Макаричев, Ю. Н. Иванников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2016.- 121 с.	Книжный фонд
7	Макаричев, Ю.А. Численное моделирование в электротехнике с использованием программной среды ELCUT : учеб. пособие / Ю. А. Макаричев, Ю. Н. Иванников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2020.- 91 с.	Книжный фонд
8	Макаричев, Ю.А. Численное моделирование в электротехнике с использованием программной среды ELCUT : учеб. пособие / Ю. А. Макаричев, Ю. Н. Иванников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2020.- 91 с.	Книжный фонд
9	Макаричев, Ю.А. Численное моделирование в электротехнике с использованием программной среды ELCUT : учеб. пособие / Ю. А. Макаричев, Ю. Н. Иванников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2020.- 91 с.	Книжный фонд
Дополнительная литература		

10	Макаричев, Ю.А. Синхронные машины : учеб.пособие / Ю. А. Макаричев, В. Н. Овсянников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2011.- 152 с.	Книжный фонд
11	Макаричев, Ю.А. Синхронные машины : учеб.пособие / Ю. А. Макаричев, В. Н. Овсянников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2011.- 152 с.	Книжный фонд
12	Макаричев, Ю.А. Синхронные машины : учеб.пособие / Ю. А. Макаричев, В. Н. Овсянников; Самар.гос.техн.ун-т.- Самара, 2011.- 152 с.	Книжный фонд

Доступ обучающихся к ЭР НТБ СамГТУ (elib.samgtu.ru) осуществляется посредством электронной информационной образовательной среды университета и сайта НТБ СамГТУ по логину и паролю.

6. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения

При проведении лекционных занятий используется мультимедийное оборудование.

Организовано взаимодействие обучающегося и преподавателя с использованием электронной ин-формационной образовательной среды университета.

№ п/п	Наименование	Производитель	Способ распространения
1	ELCUT Student	ООО ТОР (Отечественный)	Свободно распространяемое
2	ELCUT Student	ООО ТОР (Отечественный)	Свободно распространяемое
3	ELCUT Student	ООО ТОР (Отечественный)	Свободно распространяемое

7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных, информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование	Краткое описание	Режим доступа
1	Клуб пользователей ANSYS	http://www.cae-club.ru/	Ресурсы открытого доступа
2	Клуб пользователей ANSYS	http://www.cae-club.ru/	Ресурсы открытого доступа
3	Клуб пользователей ANSYS	http://www.cae-club.ru/	Ресурсы открытого доступа

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Лекционные занятия

Аудитория для лекционных занятий, укомплектованная необходимым оборудованием и техническими средствами (проектор, экран, компьютер и т.д.) Учебные наглядные и

методические пособия.

Практические занятия

Аудитория для практических занятий, укомплектованная необходимым оборудованием и техническими средствами (проектор, экран, компьютер и т.д.) Учебные наглядные и методические пособия.

Лабораторные занятия

Компьютерный класс с соответствующем оборудованием. Интернет.

Самостоятельная работа

Компьютерный класс с соответствующем оборудованием. Интернет.

9. Методические материалы

Методические рекомендации при работе на лекции

До лекции студент должен просмотреть учебно-методическую и научную литературу по теме лекции с тем, чтобы иметь представление о проблемах, которые будут разбираться в лекции.

Перед началом лекции обучающимся сообщается тема лекции, план, вопросы, подлежащие рассмотрению, доводятся основные литературные источники. Весь учебный материал, сообщаемый преподавателем, должен не просто прослушиваться. Он должен быть активно воспринят, т.е. услышан, осмыслен, понят, зафиксирован на бумаге и закреплен в памяти. Приступая к слушанию нового учебного материала, полезно мысленно установить его связь с ранее изученным. Следя за техникой чтения лекции (акцент на существенном, повышение тона, изменение ритма, пауза и т.п.), необходимо вслед за преподавателем уметь выделять основные категории, законы и определять их содержание, проблемы, предполагать их возможные решения, доказательства и выводы. Осуществляя такую работу, можно значительно облегчить себе понимание учебного материала, его конспектирование и дальнейшее изучение.

Конспектирование лекции позволяет обработать, систематизировать и лучше сохранить полученную информацию с тем, чтобы в будущем можно было восстановить в памяти основные, содержательные моменты. Типичная ошибка, совершаемая обучающимся, дословное конспектирование речи преподавателя. Как правило, при записи «слово в слово» не остается времени на обдумывание, анализ и синтез информации. Отбирая нужную информацию, главные мысли, проблемы, решения и выводы, необходимо сокращать текст, строить его таким образом, чтобы потом можно было легко в нем разобраться. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых можно будет делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. С окончанием лекции работа над конспектом не может считаться завершенной. Нужно еще восстановить отдельные места, проверить, все ли понятно, уточнить что-то на консультации и т.п. с тем, чтобы конспект мог быть использован в процессе подготовки к практическим занятиям, зачету, экзамену. Конспект лекции – незаменимый учебный документ, необходимый для самостоятельной работы.

Методические рекомендации при подготовке и работе на практическом занятии

Практические занятия по дисциплине проводятся в целях выработки практических умений и приобретения навыков в решении профессиональных задач.

Рекомендуется следующая схема подготовки к практическому занятию:

1. ознакомление с планом практического занятия, который отражает содержание предложенной темы;
2. проработка конспекта лекции;
3. чтение рекомендованной литературы;
4. подготовка ответов на вопросы плана практического занятия;
5. выполнение тестовых заданий, задач и др.

Подготовка обучающегося к практическому занятию производится по вопросам, разработанным для каждой темы практических занятий и (или) лекций. В процессе подготовки к практическим занятиям, необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной литературы.

Работа студентов во время практического занятия осуществляется на основе заданий, которые выдаются обучающимся в начале или во время занятия. На практических занятиях приветствуется активное участие в обсуждении конкретных ситуаций, способность на основе полученных знаний находить наиболее эффективные решения поставленных проблем, уметь находить полезный дополнительный материал по тематике занятий. Обучающимся необходимо обращать внимание на основные понятия, алгоритмы, определять практическую значимость рассматриваемых вопросов. На практических занятиях обучающиеся должны уметь выполнить расчет по заданным параметрам или выработать определенные решения по обозначенной проблеме. Задания могут быть групповые и индивидуальные. В зависимости от сложности предлагаемых заданий, целей занятия, общей подготовки обучающихся преподаватель может подсказать обучающимся алгоритм решения или первое действие, или указать общее направление рассуждений. Полученные результаты обсуждаются с позиций их адекватности или эффективности в рассмотренной ситуации.

Методические рекомендации при работе на лабораторном занятии

Проведение лабораторной работы делится на две условные части: теоретическую и практическую.

Необходимыми структурными элементами занятия являются проведение лабораторной работы, проверка усвоенного материала, включающая обсуждение теоретических основ выполняемой работы.

Перед лабораторной работой, как правило, проводится технико-теоретический инструктаж по использованию необходимого оборудования. Преподаватель корректирует деятельность обучающегося в процессе выполнения работы (при необходимости). После завершения лабораторной работы подводятся итоги, обсуждаются результаты деятельности.

Возможны следующие формы организации лабораторных работ: фронтальная, групповая и индивидуальная. При фронтальной форме выполняется одна и та же работа (при этом возможны различные варианты заданий). При групповой форме работа выполняется группой (командой). При индивидуальной форме обучающимися выполняются индивидуальные работы.

По каждой лабораторной работе имеются методические указания по их выполнению, включающие необходимый теоретический и практический материал, содержащие элементы и последовательную инструкцию по проведению выбранной работы, индивидуальные варианты заданий, требования и форму отчётности по данной работе.

Методические рекомендации по выполнению самостоятельной работы

Организация самостоятельной работы обучающихся ориентируется на активные методы овладения знаниями, развитие творческих способностей, переход от поточного к индивидуализированному обучению с учетом потребностей и возможностей обучающегося.

Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной литературой, материалами периодических изданий и Интернета является наиболее эффективным методом получения дополнительных знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией,

способствует более глубокому усвоению изучаемого материала. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо выучить наизусть и внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса.

Самостоятельная работа реализуется:

- непосредственно в процессе аудиторных занятий;
- на лекциях, практических занятиях;
- в контакте с преподавателем вне рамок расписания;
- на консультациях по учебным вопросам, в ходе творческих контактов, при ликвидации задолженностей, при выполнении индивидуальных заданий и т.д.;
- в библиотеке, дома, на кафедре при выполнении обучающимся учебных и практических задач.

Эффективным средством осуществления обучающимся самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), практик, к изданиям электронных библиотечных систем.

10. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении № 1.

Приложение 1 к рабочей программе дисциплины
Б1.О.04.06 «Моделирование и методы планирования экспериментов»

Фонд оценочных средств
по дисциплине
Б1.О.04.06 «Моделирование и методы планирования экспериментов»

Код и направление подготовки (специальность)	13.03.02 Электроэнергетика и электротехника
Направленность (профиль)	Релейная защита и автоматизация электроэнергетических систем
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная
Год начала подготовки	2026
Институт / факультет	Электротехнический факультет
Выпускающая кафедра	кафедра "Электрические станции"
Кафедра-разработчик	кафедра "Электромеханика и автомобильное электрооборудование"
Объем дисциплины, ч. / з.е.	144 / 4
Форма контроля (промежуточная аттестация)	Зачет, Зачет с оценкой

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения (знать, уметь, владеть, соотнесенные с индикаторами достижения компетенции)
Общепрофессиональные компетенции			
Фундаментальная подготовка	ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	Владеть методами моделирования, теоретического и экспериментального исследования
			Владеть методами моделирования, теоретического и экспериментального исследования
			Знать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
			Знать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
			Уметь применять методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования
			Уметь применять методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования

Матрица соответствия оценочных средств запланированным результатам обучения

Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	Текущий контроль успеваемости	Промежуточная аттестация
Планирование эксперимента				
ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	**Уметь** применять методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Тестовые задания	Нет	Да
	Знать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Беседа с преподавателем	Нет	Да
	Владеть методами моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Тестовые задания	Да	Да
	Уметь применять методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Тестовые задания	Нет	Да
	Владеть методами моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Тестовые задания	Да	Да
	Знать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Беседа с преподавателем	Нет	Да
Моделирование ЭМП				
ОПК-3.6 Демонстрирует базовые знания в профессиональной деятельности, применяет методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	**Знать** физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Беседа с преподавателем	Да	Нет
	Уметь применять методы моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Тестовые задания	Нет	Да
		Тестовые задания	Да	Нет
	Знать физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	Беседа с преподавателем	Да	Нет

	Владеть методами моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Тестовые задания	Нет	Да
		Беседа с преподавателем	Нет	Да
		Беседа с преподавателем	Нет	Да
		Тестовые задания	Нет	Да

Моделирование и методы планирования экспериментов.
Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

Весенний семестр.

http://em.samgtu.ru/node/7

1. Приведите примеры практических задач планирования эксперимента и методологии решения исследовательских задач.
2. Исторические концепции проведения научного эксперимента до XIX века. Новый подход к проведению научных исследований в XX веке.
3. Возможные технологии составления плана оптимизационного эксперимента. Пояснить на примере.
4. Планирование экстремального эксперимента. Кибернетическое понятие «Чёрный ящик». Функция цели, математические модели объекта оптимизационного эксперимента.
5. Параметры оптимизации. Их виды. Требования к параметрам оптимизации.
6. Задачи с несколькими параметрами оптимизации.
7. Факторы, варьируемые переменные. Требования к факторам и их совокупности.
8. Матрица планирования полного факторного эксперимента. Привести пример составления матрицы.
9. Полный факторный эксперимент (ПФЭ). Принципы составления планов ПФЭ. Составление матрицы плана эксперимента при кодовом представлении факторов.
10. ПФЭ для трёх переменных. Составление таблицы плана и расположение экспериментальных точек в факторном пространстве кодовых факторов.
11. Дробные планы или дробные реплики от полного факторного эксперимента (ДФЭ). Виды дробных планов: полуреплика, четвертьреплика, 1/8 – реплика, 1/16 – реплика.
12. Дробные планы 2^{k-1} , 2^{k-2} для k=5, k=6, и т.д. Достоинства и недостатки применения плана дробного факторного эксперимента.
13. Разрешающая способность дробных реплик в зависимости от выбора вида генерирующего соотношения.
14. Дрейфующие и неконтролируемые факторы эксперимента. Рандомизация опытов в плане эксперимента. Выполнение рандомизации опытов при исследовании технологических процессов.
15. Основные свойства планов ПФЭ и ДФЭ. Вычисление коэффициентов регрессии.
16. Вычисление коэффициентов неполного квадратного многочлена. Составление таблицы для вычисления коэффициентов регрессии.
17. Значимость коэффициентов регрессии.
18. Вычисление коэффициентов регрессии и статистические оценки.
19. Выбор масштаба шагов крутого восхождения.
20. Крутое восхождение по поверхности отклика.
21. Принятие решения по результатам крутого восхождения.
22. Оценка результатов оптимизационного эксперимента.
23. Примеры применения метода планирования эксперимента в задачах электроэнергетики и электротехники. Привести примеры физических (технологических) и численных (математических) задач исследования из предметной области.
24. Метод наименьших квадратов при обработке экспериментальных данных. Построение линии тренда.

Осенний семестр

1. В чем заключаются преимущества и недостатки аналитических методов исследования электротехнических объектов по сравнению с численными?
2. Назовите основные принципы численного моделирования электромагнитных и тепловых полей.
3. В чем суть метода конечных элементов при решении полевых задач?
4. Какие типы задач позволяет решать программный комплекс ELCUT?
5. Какие классы моделей и в каких координатах можно решать в ELCUT?
6. Что такое геометрическая модель объекта и как она может создаваться в ELCUT?
7. Блоки в ELCUT. Их виды. Элементы блоков.
8. Физические свойства блоков. Способы задания физических свойств блоков.
9. Источники поля. Способы задания источников поля в различных задачах.

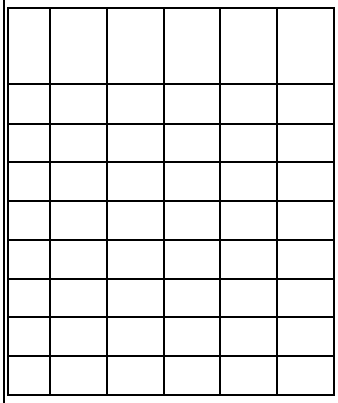
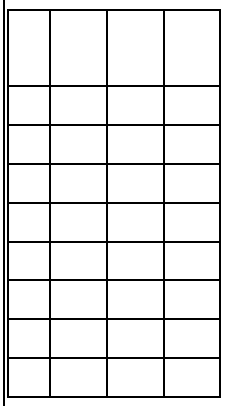
10. Граничные условия в задачах магнитостатики.
11. Как задаются свойства метки ребра?
12. Граничные условия Дирихле и Неймана.
13. Сетка конечных элементов. На что влияет количество элементов сетки и их размер?
14. В каких частях объекта должна быть самая «густая» сетка конечных элементов?
15. Что получается в результате решения магнитостатической задачи?
16. Какие параметры можно получить при использовании интегрального калькулятора ELCUT?
17. Как рассчитываются собственные и взаимные индуктивности обмоток?
18. Для чего служит сервис LableMover, и какие возможности исследователю он представляет?
19. Какие задачи термодинамики позволяет решать ELCUT?
20. Что в электрических машинах и аппаратах является источниками тепла?
21. От чего зависят магнитные и электрические потери в электромеханических преобразователях?
22. Какие пути тепловых потоков есть в электрических машинах?
23. От чего зависит нагрев элементов машин?
24. Что такое коэффициент теплопроводности, и от каких факторов он зависит?
25. Что такое коэффициент теплоотдачи, и от каких факторов он зависит?
26. Как моделируется коэффициент теплопроводности всыпных обмоток?
27. Какие граничные условия могут задаваться в задачах стационарной теплопередачи?
28. Как можно повысить коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности машины и аппарата?

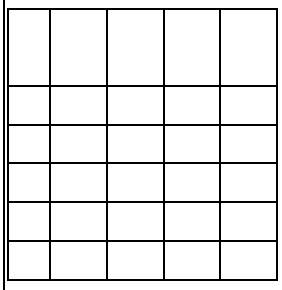
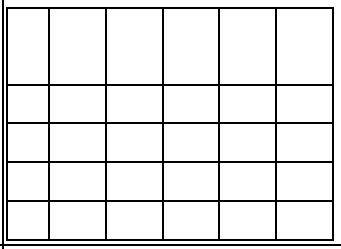
Тесты по компетенциям

Дисциплина _ Б1.О.04.06_Моделирование и методы планирования экспериментов

(шифр и наименование дисциплины**)**

№ задания	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы РПД	Семестр
ОПК-3 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач				
	Какие требования предъявляются к параметру оптимизации? 1. Параметр должен быть измеряемым или вычисляемым. 2. Параметр не может выражаться целым числом. 3. Параметров оптимизации желательно иметь как можно больше. 4. Параметр должен быть выражен количественно.	1,4	Планирование эксперимента	4
	Какие требования предъявляются к совокупности факторов? 1. Количество факторов должно быть минимальным и достаточным. 2. Количество факторов должно быть максимально возможным. 3. Число факторов не может быть менее трех. 4. Число факторов не может быть более пяти.	1	Планирование эксперимента	4
	Как может определяться обобщенный параметр оптимизации? 1. По выражению Эйлера. 2. В виде произведения частных параметров, выраженных в относительных величинах. 3. На основе качественной оценки экспертами. 4. В виде суммы частных параметров, выраженных в относительных величинах	2,4	Планирование эксперимента	4
	Линейная математическая модель поверхности отклика для четырех факторов имеет вид: 1. $y = b0+b1x1+b2x2+b3x3+b4x4$ 2. $y = b0+b1x1+b2x2+b3x2^3 +b4x2^4$ 3. $y = b0+b1x1+b2x2$ 4. $y = b1x1+b2x2$	1	Планирование эксперимента	4
	Матрица полного факторного эксперимента для четырех факторов содержит: 1. 4 строки. 2. 8 строк. 3. 12 строк. 4. 16 строк	4	Планирование эксперимента	4
	Какое из генерирующих соотношений является предпочтительным для ДФЭ 2^{4-1}? 1. $x4= x1x2$. 2. $x4= x1^2x2$. 3. $x4= x1x2x3$	3	Планирование эксперимента	4

№ задания	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы РПД	Семестр
	4. x4= -x2x3.			
	В чем заключается основной недостаток метода упорядоченного перебора (сетчатого метода)? 1. Большое число опытов (вычислений). 2. Малая вероятность отыскания глобального экстремума. 3. Плохая сходимость. 4. Склонность к «зацикливанию».	1	Моделирование ЭМП	5
	Что определяет коэффициент b0 уравнения линейной регрессии? 1. Скорость нарастания параметра оптимизации. 2. Среднее значение параметра оптимизации в серии опытов. 3. Направление градиента функции. 4. Минимальное значение параметра оптимизации в серии опытов.	2	Моделирование ЭМП	5
	Какая из матриц соответствует дробному факторному эксперименту 2^{5-2}? 1.  2. 	1	Моделирование ЭМП	5

№ задания	Содержание задания	Ключ к ответу	Наименование темы РПД	Семестр
	3.  4. 			
	Метод Бокса-Уилсона основывается на: 1. последовательном переборе всех уровней факторов. 2. переборе всех возможных состояний объекта оптимизации. 3. движении по направлению градиента (антиградиента) поверхности уровня. 4. определении симплекса.	3	Моделирование ЭМП	5

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

Описание шкал оценивания

Учебная дисциплина формирует компетенции в соответствии с табл. 2, процедура оценивания представлена в табл. 3 и реализуется поэтапно:

1-й этап процедуры оценивания: оценивание уровня достижения каждого из запланированных результатов обучения – дескрипторов (знаний, умений, владений) в соответствии со шкалами и критериями, установленными картами компетенций ОПОП (Приложение 1 ОПОП). Экспертной оценке преподавателя подлежит сформированность отдельных дескрипторов, для оценивания которых предназначена данная оценочная процедура текущего контроля и промежуточной аттестации согласно матрице соответствия оценочных средств результатам обучения (табл.2).

2-й этап процедуры оценивания: интегральная оценка достижения обучающимся запланированных результатов обучения по итогам отдельных видов текущего контроля и промежуточной аттестации.

Таблица 3

Характеристика процедуры промежуточной аттестации по дисциплине

№	Наименование оценочного средства	Периодичность и способ проведения процедуры оценивания (*систематически на занятиях определенного типа," n" раз в семестр, по окончании изучения раздела и т.п./устно, письменно)*	Методы оценивания (*экспертный, самооценка, групповая оценка, взаимооценка, внешняя оценка*)	Виды выставляемых оценок *(по пятибалльной шкале, зачет /незачет, баллы, рейтинг)*	Способ учета индивидуальных достижений, обучающихся (*журнал учета успеваемости, рабочая книжка преподавателя, ведомость, зачетная книжка и учебная карточка, индивидуальный план, портфолио)*
1	Вопросы к лабораторным занятиям	систематически на лабораторных занятиях (устно)	групповая оценка	зачет/незачет	рабочая книжка преподавателя
2	Промежуточная аттестация (зачет)	по окончании изучения курса (письменно-устно)	экспертный	Зачет/незачет	ведомость
3	Реферат	раз в семестр, по окончании изучения курса	экспертный	Зачет/незачет	рабочая книжка преподавателя

Шкала и процедура оценивания сформированности компетенций

На этапе промежуточной аттестации используется система оценки успеваемости обучающихся, которая позволяет преподавателю оценить уровень освоения материала обучающимися. Критерии оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) представлены в карте компетенции ОПОП.

Форма оценки знаний: оценка - 5 «отлично»; 4 «хорошо»; 3 «удовлетворительно»; 2 «неудовлетворительно». Практические занятия оцениваются: «зачет», «незачет». Возможно использование балльно-рейтинговой оценки.

Шкала оценивания:

«Зачет» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на 50% и более оценивается не ниже «удовлетворительно» при условии отсутствия критерия «неудовлетворительно». Выставляется, когда обучающийся показывает хорошие знания изученного учебного материала; самостоятельно, логично и последовательно излагает и интерпретирует материалы учебного курса; полностью раскрывает смысл предлагаемого вопроса; владеет основными терминами и понятиями изученного курса; показывает умение переложить теоретические знания на предполагаемый практический опыт.

«Отлично» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций 80% более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно»: студент показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи повышенной сложности, свободно использовать справочную литературу, делать обоснованные выводы из результатов анализа конкретных ситуаций;

«Хорошо» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций на 60% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «хорошо» и «отлично», при условии отсутствия оценки «неудовлетворительно», допускается оценка «удовлетворительно»: обучающийся показал прочные знания основных положений фактического материала, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты анализа конкретных ситуаций;

«Удовлетворительно» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций 45% и более (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: обучающийся показал знание основных положений фактического материала, умение получить с помощью преподавателя правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой, знакомство с рекомендованной справочной литературой;

«Неудовлетворительно» «Незачет» – выставляется, если сформированность заявленных дескрипторов компетенций менее чем 45% (в соответствии с картами компетенций ОПОП) оценивается критериями «удовлетворительно», «хорошо» и «отлично»: при ответе обучающегося выявились существенные пробелы в знаниях основных положений фактического материала, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.

Ответы и решения обучающихся оцениваются по следующим общим критериям: распознавание проблем; определение значимой информации; анализ проблем; аргументированность; использование стратегий; творческий подход; выводы; общая грамотность.

Соответствие критериев оценивания сформированности планируемых результатов обучения (дескрипторов) системам оценок представлено в табл. 4

Таблица 4

Интегральная оценка

Критерии	Традиционная оценка	Балльно-рейтинговая оценка
5	5	86 - 100
4	4	61-85
3	3	51-60
2 и 1	2, Незачет	0-50
5, 4, 3	Зачет	51-100

Обучающиеся обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем. Оценка «Удовлетворительно» по дисциплине, может выставляться и при неполной сформированности компетенций в ходе освоения отдельной учебной дисциплины, если их формирование предполагается продолжить на более поздних этапах обучения, в ходе изучения других

Моделирование и методы планирования экспериментов.

Перечень вопросов для подготовки к зачету с оценкой

*Весенний семестр***.**

http://em.samgtu.ru/node/7

1. Приведите примеры практических задач планирования эксперимента и методологии решения исследовательских задач.
2. Исторические концепции проведения научного эксперимента до XIX века. Новый подход к проведению научных исследований в XX веке.
3. Возможные технологии составления плана оптимизационного эксперимента. Пояснить на примере.
4. Планирование экстремального эксперимента. Кибернетическое понятие «Чёрный ящик». Функция цели, математические модели объекта оптимизационного эксперимента.
5. Параметры оптимизации. Их виды. Требования к параметрам оптимизации.
6. Задачи с несколькими параметрами оптимизации.
7. Факторы, варьируемые переменные. Требования к факторам и их совокупности.
8. Матрица планирования полного факторного эксперимента. Привести пример составления матрицы.
9. Полный факторный эксперимент (ПФЭ). Принципы составления планов ПФЭ. Составление матрицы плана эксперимента при кодовом представлении факторов.
10. ПФЭ для трёх переменных. Составление таблицы плана и расположение экспериментальных точек в факторном пространстве кодовых факторов.
11. Дробные планы или дробные реплики от полного факторного эксперимента (ДФЭ). Виды дробных планов: полуреплика, четвертьреплика, 1/8 – реплика, 1/16 – реплика.
12. Дробные планы 2^{k-1}, 2^{k-2} для k=5, k=6, и т.д. Достоинства и недостатки применения плана дробного факторного эксперимента.
13. Разрешающая способность дробных реплик в зависимости от выбора вида генерирующего соотношения.
14. Дрейфующие и неконтролируемые факторы эксперимента. Рандомизация опытов в плане эксперимента. Выполнение рандомизации опытов при исследовании технологических процессов.
15. Основные свойства планов ПФЭ и ДФЭ. Вычисление коэффициентов регрессии.
16. Вычисление коэффициентов неполного квадратного многочлена. Составление таблицы для вычисления коэффициентов регрессии.
17. Значимость коэффициентов регрессии.
18. Вычисление коэффициентов регрессии и статистические оценки.
19. Выбор масштаба шагов крутого восхождения.
20. Крутое восхождение по поверхности отклика.
21. Принятие решения по результатам крутого восхождения.
22. Оценка результатов оптимизационного эксперимента.
23. Примеры применения метода планирования эксперимента в задачах электроэнергетики и электротехники. Привести примеры физических (технологических) и численных (математических) задач исследования из предметной области.
24. Метод наименьших квадратов при обработке экспериментальных данных. Построение линии тренда.

Осенний семестр

1. В чем заключаются преимущества и недостатки аналитических методов исследования электротехнических объектов по сравнению с численными?
2. Назовите основные принципы численного моделирования электромагнитных и тепловых полей.
3. В чем суть метода конечных элементов при решении полевых задач?
4. Какие типы задач позволяет решать программный комплекс ELCUT?
5. Какие классы моделей и в каких координатах можно решать в ELCUT?
6. Что такое геометрическая модель объекта и как она может создаваться в ELCUT?
7. Блоки в ELCUT. Их виды. Элементы блоков.
8. Физические свойства блоков. Способы задания физических свойств блоков.
9. Источники поля. Способы задания источников поля в различных задачах.
10. Граничные условия в задачах магнитостатики.
11. Как задаются свойства метки ребра?
12. Граничные условия Дирихле и Неймана.
13. Сетка конечных элементов. На что влияет количество элементов сетки и их размер?
14. В каких частях объекта должна быть самая «густая» сетка конечных элементов?
15. Что получается в результате решения магнитостатической задачи?
16. Какие параметры можно получить при использовании интегрального калькулятора ELCUT?
17. Как рассчитываются собственные и взаимные индуктивности обмоток?
18. Для чего служит сервис LableMover, и какие возможности исследователю он представляет?
19. Какие задачи термодинамики позволяет решать ELCUT?
20. Что в электрических машинах и аппаратах является источниками тепла?
21. От чего зависят магнитные и электрические потери в электромеханических преобразователях?
22. Какие пути тепловых потоков есть в электрических машинах?
23. От чего зависит нагрев элементов машин?
24. Что такое коэффициент теплопроводности, и от каких факторов он зависит?
25. Что такое коэффициент теплоотдачи, и от каких факторов он зависит?
26. Как моделируется коэффициент теплопроводности всыпных обмоток?
27. Какие граничные условия могут задаваться в задачах стационарной теплопередачи?
28. Как можно повысить коэффициент теплоотдачи с наружной поверхности машины и аппарата?