

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 17 » февраля 20 \_\_\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Дискретно-полевые модели электрических машин  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 108 (3)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 13.04.02 Электроэнергетика и электротехника  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Электромеханика  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины – формирование комплекса знаний по дискретно-полевым моделям электрических машин, а также умений и навыков электромагнитных расчётов в специализированных программных продуктах.

Задачи учебной дисциплины:

Изучение основных информационных технологий дискретно-полевого моделирования; основных численных методов решения краевых задач, применяемых при дискретно-полевым моделировании; основ физико-математического аппарата, применяемого при дискретно-полевым моделировании электрических машин.

Формирование умения применять информационные технологии дискретно-полевого моделирования; анализировать естественно-научную сущность поставленной задачи и применять к ней основные численные методы решения краевых задач при дискретно-полевым моделировании; анализировать естественно-научную сущность формирование поставленной краевой задачи и применять к ней основы физико-математического аппарата, применяемого при дискретно-полевым моделировании.

Формирование навыков практического использования информационных технологий дискретно-полевого моделирования; применения основных численных методов решения краевых задач при дискретно-полевым моделировании; применения основ физико-математического аппарата, применяемого при дискретно-полевым моделировании.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- математическое описание дискретно-полевых моделей электрических машин;
- способы представления дискретно-полевых моделей электрических машин;
- алгоритмы и методы реализации дискретно-полевых моделей электрических машин;
- оценка правильности исследования дискретно-полевых моделей электрических машин и точности получаемых при моделировании результатов.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.4	ИД-1ПК-2.4	Знает: – основные методы создания и анализа вариантов дискретно-полевых моделей электрических машин; – методы разработки и поиска компромиссных решений при дискретно-полевым моделировании электрических машин.	Знает основные этапы, методы, инструменты и действия инжиниринга, необходимые для анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-2.4	ИД-2ПК-2.4	Умеет: – применять методы создания и анализа вариантов дискретно-полевых моделей электрических машин; – использовать методы разработки и поиска компромиссных решений при дискретно-полевом моделировании электрических машин.	Умеет формулировать требования и критерии анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.4	ИД-3ПК-2.4	Владеет: – навыками практического применения методов создания и анализа вариантов дискретно-полевых моделей электрических машин; – навыками использования методов разработки и поиска компромиссных решений при дискретно-полевом моделировании электрических машин.	Владеет навыками анализа вариантов, разработки и поиска компромиссных решений с использованием базовых средств моделирования	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.5	ИД-1ПК-2.5	Знает: – методы создания и анализа дискретно-полевых моделей электрических машин; – методы, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности при исследовании дискретно-полевых моделей электрических машин.	Знает основные методы создания и анализа моделей, позволяющих прогнозировать свойства и поведение объектов в области профессиональной деятельности	Зачет
ПК-2.5	ИД-2ПК-2.5	Умеет: – применять методы создания и анализа дискретно-полевых моделей электрических машин; – применять методы, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов профессиональной деятельности при	Умеет создавать и анализировать модели, позволяющие прогнозировать свойства и поведение объектов в области профессиональной деятельности	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		исследовании дискретно-полевых моделей электрических машин.		
ПК-2.5	ИД-3ПК-2.5	Владеет: – практическими навыками создания и анализа дискретно-полевых моделей электрических машин; – навыками практического прогнозирования свойств и поведения объектов профессиональной деятельности при исследовании дискретно-полевых моделей электрических машин.	Владеет навыками прогнозирования свойств и поведения объектов в области профессиональной деятельности с использованием современных программно-технических средств	Отчёт по практическом у занятию
ПК-2.6	ИД-1ПК-2.6	Знает: – основные принципы выбора серийных объектов профессиональной деятельности по результатам исследования дискретно-полевых моделей электрических машин; – методы и способы проектирования новых объекты профессиональной деятельности по результатам исследования дискретно-полевых моделей электрических машин.	Знает методы решения задач инженерной сложности по выбору серийных объектов, основы междисциплинарного подхода и документирования требований при проектировании новых объектов в области профессиональной деятельности	Зачет
ПК-2.6	ИД-2ПК-2.6	Умеет: – осуществлять выбор серийных объектов профессиональной деятельности по результатам исследования дискретно-полевых моделей электрических машин; – проектировать новые объекты профессиональной деятельности по результатам исследования дискретно-	Умеет решать основные задачи инженерной сложности по выбору серийных объектов, документировать требования при проектировании новых объектов в области профессиональной деятельности	Отчёт по практическом у занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		полевых моделей электрических машин.		
ПК-2.6	ИД-3ПК-2.6	Владеет: – практическими навыками подбора серийных объектов профессиональной деятельности по результатам исследования дискретно-полевых моделей электрических машин; – навыками проектирования новых объекты профессиональной деятельности по результатам исследования дискретно-полевых моделей электрических машин.	Владеет навыками выбора серийных объектов и проектирования отдельных частей новых объектов в области профессиональной деятельности	Отчёт по практическом у занятию

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	45	45	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	25	25	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	63	63	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

#### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
3-й семестр				
Построение дискретно-полевых моделей электрических машин.	5	0	4	11
<p>Введение.</p> <p>Содержание дисциплины. Физическое и математическое моделирование электрических машин (ЭМ). Этапы дискретно-полевого моделирования. Достоинства и недостатки традиционных математических моделей. Направления совершенствования математических моделей. Учебная литература.</p> <p>Тема 1. Постановка задачи, определение начальных условий.</p> <p>Составление алгоритма решения дискретно-полевых моделей электрических машин (уравнений в частных производных). Основные способы построения геометрических поверхностей. Изменение масштаба, смещение фигур в пространстве, поворот фигур вокруг осей. Построение исследуемой области электрических машин. Задание граничных условий для решения задач дискретно-полевого моделирования. Задание коэффициентов дифференциальных уравнений и его правой части.</p> <p>Тема 2. Решение поставленной задачи и анализ полученных результатов.</p> <p>Триангуляция исследуемой области. Решение задач дискретно-полевого моделирования. Обработка и анализ результатов решения задач дискретно-полевого моделирования. Графическое построение результатов решения задач дискретно-полевого моделирования.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Методы решения многомерных уравнений.	5	0	8	15
Тема 3. Методы решения многомерных уравнений параболического и эллиптического типов. Явные и неявные схемы. Метод переменных направлений. Методы суммарной аппроксимации. Прямые и итерационные методы. Метод разделения переменных. Методы решения многомерных уравнений с переменными коэффициентами. Итерационные методы. Тема 4. Вариационные методы решения дифференциальных уравнений математических моделей. Понятие о вариационных методах решения уравнений в частных производных. Метод конечных элементов, метод Рунге, метод Бунднова-Галёркина.				
Использование узко специализированного прикладного программного обеспечения при дискретно-полевым моделировании электрических машин.	5	0	7	22
Тема 5. Пакет прикладных программ ELCUT. Создание новой задачи. Ввод параметров задачи. Задание геометрии, меток объектов и построение сетки. Ввод данных о материалах, нагрузках и граничных условиях. Решение задачи. Просмотр решения и вычисление интегральных величин. Тема 6. Пакет прикладных программ PDETOOL (MATLAB). Создание геометрической модели задачи (режим рисования). Задание граничных условий (режим граничных условий). Задание коэффициентов дифференциального уравнения (режим pde). Дискретизация исследуемой области (режим сетки). Решение уравнения (режим решения). Обработка результатов решения (режим графики).				
Использование специализированного прикладного программного обеспечения высокого уровня при дискретно-полевым моделировании электрических машин.	3	0	6	15
Тема 7. Пакет прикладных программ ANSYS. Построение геометрических фигур. Выполнение операций (сложение, вычитание, разделение). Построение геометрии исследуемой области объекта. Задание параметров сред элементов исследуемой области. Решение задачи. Обработка результатов решения. Заключение.				
ИТОГО по 3-му семестру	18	0	25	63
ИТОГО по дисциплине	18	0	25	63

## Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Основные способы построения геометрических поверхностей. Изменение масштаба, смещение фигур в пространстве, поворот фигур вокруг осей. Построение исследуемой области электрических машин.
2	Задание граничных условий для решения задач дискретно-полевого моделирования. Задание коэффициентов дифференциальных уравнений и его правой части.
3	Триангуляция исследуемой области. Решение задач дискретно-полевого моделирования.
4	Обработка и анализ результатов решения задач дискретно-полевого моделирования. Графическое построение результатов решения задач дискретно-полевого моделирования.
5	Применение методов решения многомерных дифференциальных уравнений при дискретном-полевым моделировании электрических машин.
6	Применение методов Рунге, Бунднова-Галёркина, конечных элементов.
7	Применение пакета прикладных программ ELCUT для решения одномерных задач дискретно-полевого моделирования.
8	Применение пакета прикладных программ PDETOOL (MATLAB) для решения одномерных задач дискретно-полевого моделирования.
9	Применение пакета прикладных программ ANSYS для решения одномерных задач дискретно-полевого моделирования.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

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

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Беляев Е. Ф. Дискретно-полевые модели электрических машин : ч. I, II : учебное пособие для вузов / Е. Ф. Беляев, Н. В. Шулаков. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	48
2	Численные методы расчёта магнитных полей. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2006. - (Дискретно-полевые модели электрических машин : учебное пособие : в 2 ч.; Ч. 1).	49
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Бахвалов Н. С. Численные методы : учебное пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Г. М. Кобельков, Н. П. Жидков. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.	20
2	Мартинсон Л. К. Дифференциальные уравнения математической физики : учебник для втузов / Л. К. Мартинсон, Ю. И. Малов. - Москва: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2006.	2
3	Марчук Г.И. Методы вычислительной математики : учебное пособие для вузов / Г. И. Марчук. - Москва: Наука, 1989.	12
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Электричество : теоретический и научно-практический журнал / Российская академия наук. Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления; Российское научно-техническое общество энергетиков и электротехников. - Москва: Знак, 1880 - .	
2	Электротехника : научно-технический журнал / Академия электротехнических наук Российской Федерации; Министерство промышленности Российской Федерации. Департамент машиностроения ; Электровыпрямитель; Электроника; Всесоюзный научно-исследовательский институт электровозостроения; Ассоциация инженеров силовой электроники; Автоматизированный электропривод; Прогрессэлектро ; Росэлпром. - Москва: Знак, 1930 - .	

<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
1	ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-технической работе. Структура и правила оформления.-Минск: Межгос. Совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2001.	1
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Беляев Е. Ф. Дискретно-полевые модели электрических машин : ч. I, II : учебное пособие для вузов / Е. Ф. Беляев, Н. В. Шулаков. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2009.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2978">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2978</a>	локальная сеть; свободный доступ
Основная литература	Численные методы расчёта магнитных полей. - Пермь: , Изд-во ПГТУ, 2006. - (Дискретно-полевые модели электрических машин : учебное пособие : в 2 ч.; Ч. 1).	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2545">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2545</a>	локальная сеть; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ANSYS (лиц. 1062978 )

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

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Компьютер, проектор, маркерная (меловая) доска	1
Практическое занятие	Компьютер	10

#### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------