

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Методы исследования и моделирования процессов в
электроμηχανических преобразователях энергии»
РПД Б1.В.04 «Универсальный метод расчета полей и процессов
в электромеханике»



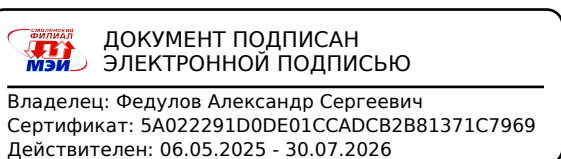
Филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в г. Смоленске

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора филиала ФГБОУ ВО
«ИИУ «МЭИ» в г. Смоленске
канд. техн. наук, доцент

В.В. Рожков

«06» 03 2026 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Универсальный метод расчета полей и процессов в электромеханике

(НАИМЕНОВАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

Направление подготовки (специальность): 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Магистерская программа: «Методы исследования и моделирования процессов в
электроμηχανических преобразователях энергии»

Уровень высшего образования: магистратура

Нормативный срок обучения: 2 года

Форма обучения: очная

Год набора: 2026

Смоленск

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Методы исследования и моделирования процессов в
электромеханических преобразователях энергии»
РПД Б1.В.04 «Универсальный метод расчета полей и процессов
в электромеханике»



Программа составлена с учетом ОС ВО по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного ректором ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» Н.Д. Рогалевым 20.12.2023.

Программу составил:

подпись

к.т.н., доцент Д.И. Баловнев
ФИО

« 24 » февраля 2026 г.

Программа обсуждена и одобрена на заседании кафедры «Электромеханических систем»
« 25 » февраля 2026 г., протокол № 2

Заведующий кафедрой «Электромеханических систем»:

подпись

к.т.н., доцент В.В. Рожков
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

РПД адаптирована для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

**Ответственный в филиале по работе
с ЛОВЗ и инвалидами**

подпись

зам. начальника УУ Е.В. Зуева
ФИО

« 05 » марта 2026 г.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является подготовка обучающихся к научно-исследовательской деятельности путем формирования знаний, умений и навыков в области электромеханических преобразователей энергии, современных методов исследований электромеханических преобразователей энергии, анализа и практического применения результатов таких исследований.

Задачи: изучение понятийного аппарата дисциплины «Универсальный метод расчета полей и процессов в электромеханике», основных теоретических положений и методов, привитие навыков применения теоретических знаний для решения практических задач.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Универсальный метод расчета полей и процессов в электромеханике» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений.

Перечень последующих дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной дисциплиной:

- Теория инженерного эксперимента;
- Научно-исследовательская работа;
- Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины направлено на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОС ВО и ОП ВО по данному направлению подготовки:

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы достижения компетенций	Результаты обучения
ПК-1 Способен планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты исследований электромеханических преобразователей энергии	ПК-1.1 Планирует и ставит задачи исследования, выбирает методы экспериментальной работы с электромеханическими преобразователями энергии	Знает: методы экспериментальной работы с электромеханическими преобразователями энергии Умеет: спланировать и поставить задачи исследования работы с электромеханическими преобразователями энергии Владеет: навыками экспериментальной работы с электромеханическими преобразователями энергии
	ПК-1.2 Интерпретирует и представляет результаты исследований электромеханических преобразователей энергии	Знает: методы проведения исследований электромеханических преобразователей энергии Умеет: интерпретировать результаты исследований электромеханических преобразователей энергии

Направление подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника»
Магистерская программа «Методы исследования и моделирования процессов в
электромеханических преобразователях энергии»
РПД Б1.В.04 «Универсальный метод расчета полей и процессов
в электромеханике»



		ских преобразователей энергии Владеет: навыками получения ре- зультатов исследований электrome- ханических преобразователей энер- гии
--	--	---

Содержание дисциплины:

№	Наименование видов занятий и тематик, содержание
1	<p>Лекционные занятия:</p> <p>1.1. Объекты исследования в электромеханике. Процессы в электромеханических преобразователях энергии. Цели и задачи исследований процессов. Основные методы расчета электромагнитных полей.</p> <p>1.2. Предпосылки создания метода. Теоретическая основа универсального численного метода моделирования ЭМ. Этапы расчета. Допущения. Область расчёта. Расчет схемы замещения магнитной цепи.</p> <p>1.3. Классификация методов расчета полей.</p> <p>1.4. Теоретические методы расчета. Практические методы расчета.</p> <p>1.5. Численные методы. Полевые методы.</p> <p>1.6. Концепция формирования дискретизированной схемы замещения магнитного пространства ЭМ. Формирования схемы замещения.</p> <p>1.7. Участки разбиения. Расчёт магнитных проводимостей.</p> <p>1.8. Схема замещения. Элементы магнитной схемы замещения.</p> <p>1.9. Нелинейные проводимости зазора. Проводимости ферромагнитных участков ярма статора. Проводимость зубцов статора, потоков пазового рассеяния.</p> <p>1.10. Проводимость ярма ротора, межполюсное рассеяние. Коронки зубцов, полюс ротора, края полюсного наконечника.</p> <p>1.11. Выбор метода расчета магнитной цепи. Классификация методов расчета полей. Практические методы расчета. Теоретические методы расчета. Полевые методы расчета.</p> <p>1.12. Электромагнитная схема замещения электромеханического преобразователя. Проблемы моделирования.</p> <p>1.13. Схемы обмотки. Расположение источников МДС в магнитной схеме замещения от магнитных оболочек. Матрица перехода от ветвей электрической цепи к ветвям магнитной цепи.</p> <p>1.14. Топологические методы расчета. Узловые уравнения.</p> <p>1.15. Уравнения механического равновесия. Электромагнитный момент.</p> <p>1.16. Общая система уравнений для описания магнитного состояния и электрических процессов.</p> <p>1.17. Современные методы моделирования электромагнитного поля. Программа на основе универсального метода расчёта полей и процессов. Инженерные системы моделирования двумерных физических полей. Программные комплексы</p>
2	<p>Лабораторные работы:</p> <p>2.1. Магнитное поле магнитопровода с односторонней зубчатостью</p> <p>2.2. Исследование магнитного поля в гладком зазоре</p> <p>2.3 Исследование магнитных систем трансформатора</p> <p>2.4. Защита лабораторных работ 1-3</p> <p>2.5. Исследование электрической машины с постоянными магнитами</p> <p>2.6. Исследование явнополюсной синхронной машины</p> <p>2.7. Исследование магнитного подвеса</p> <p>2.8. Защита лабораторных работ 4-6</p>
3	<p>Практические занятия:</p> <p>3.1. Методы моделирования электромеханических систем. Формулировка задачи расчёта полей и процессов (объект исследования, допущения, точность).</p> <p>3.2. Методы и алгоритмы расчета магнитной цепи.</p>

	3.3. Расчет магнитной цепи в линейном приближении. 3.4. Схема магнитной цепи электромеханического преобразователя энергии. 3.5 Формирование матрицы проводимости магнитной цепи. 3.6. Матричные преобразования токов пазов в токи зубцовых контуров. 3.7. Определение потокоцеплений ветвей электрической цепи. 3.8. Расчет движения электромеханических систем
4	Расчетно-графическая работа по дисциплине «Универсальный метод расчета полей и процессов в электромеханике» на тему «Решение полевых задач в электромеханике»
5	Самостоятельная работа студентов: Тема 1. Цели и задачи исследований процессов в электромеханике. Классификация методов. Тема 2. Методы моделирования электромагнитного поля Тема 3. Схемы замещения магнитного пространства электрической машины. Тема 4. Концепция формирования электромагнитной схемы замещения электромеханического преобразователя. Тема 5. Общая система уравнений для описания магнитного состояния и электрических процессов электромеханических преобразователей. Тема 6. Программные продукты для моделирования электромагнитных полей

Текущий контроль: опрос на практических занятиях, защита лабораторных работ, защита расчетно-графической работы.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Таблица - Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной занятий по дисциплине

№ п/п	Виды учебных занятий	Образовательные технологии
1	Лекции	Классическая (традиционная, информационная) лекция Интерактивная лекция (лекция-визуализация) Интерактивная лекция (проблемная лекция) Интерактивная лекция (лекция с заранее запланированными ошибками) Лекция, составленная на основе результатов научных исследований Индивидуальные и групповые консультации по дисциплине
2	Практические занятия	Технология обучения на основе решения задач и выполнения упражнений Технологии проведения практических занятий в форме семинара: тематический семинар, проблемный семинар, семинар с подготовленными докладами, семинар в форме диспута с привлечением специалиста в сфере профессиональной деятельности выпускников и т.п. Технология проблемного обучения на основе анализа ситуаций и имитационных моделей: групповая дискуссия, метод

		«круглого стола», работа малыми группами, командная работа, анализ-презентация Технология обучения в сотрудничестве (командная, групповая работа) Проектная технология
3	Лабораторная работа	Технология выполнения лабораторных заданий индивидуально Технология выполнения лабораторных заданий в малой группе (в бригаде) Допуск к лабораторной работе Компьютерное входное тестирование
4	Самостоятельная работа студентов (внеаудиторная)	Информационно-коммуникационные технологии (доступ к ЭИОС филиала, к ЭБС филиала, доступ к информационно-методическим материалам по дисциплине)
5	Контроль (промежуточная аттестация: экзамен)	Технология устного опроса Технология письменного контроля, в том числе тестирование

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ – ДЛЯ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

К промежуточной аттестации студентов по дисциплине могут привлекаться представители работодателей, преподаватели последующих дисциплин, заведующие кафедрами.

Оценка качества освоения дисциплины включает как текущий контроль успеваемости, так и промежуточную аттестацию.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости:

Вопросы по приобретению и развитие практических умений, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примеры вопросов к практическим занятиям, лабораторным работам):

1. Дать определение векторного магнитного потенциала.
2. Нарисуйте простые фигуры, магнитная проводимость которых рассчитывается строго аналитически.
3. Что такое удельная проводимость плоскопараллельного поля?
4. Как определить магнитная проводимость с помощью численного расчета поля?
5. Как определить магнитную проводимость с насыщением стали магнитопровода.
6. Пояснить особенности расчета магнитной проводимости вихревого магнитного поля.
7. Как определяют магнитные проводимости электрической машины для метода зубцовых контуров?
8. Что такое граничные условия для расчета магнитных полей?

9. Изобразите какое - либо сложное плоскопараллельное поле с помощью простых плоских фигур
10. Как рассчитать значение источника поля при известной геометрии и магнитном потоке?
11. Как определить геометрию и свойства магнита, чтобы получить магнитный поток заданной величины при известной геометрии магнитопровода?
12. Напишите уравнения электромагнитного поля.

Оценочные средства промежуточной аттестации:

Вопросы по формированию и развитию теоретических знаний, предусмотренных компетенциями, закрепленными за дисциплиной (примерные вопросы по лекционному материалу дисциплины):

1. Методы исследования электромеханических систем.
2. Какие виды электромагнитных полей существуют в электрических машинах?
3. Какие процессы происходят в электромеханических преобразователях энергии?
4. Какие частные виды электромагнитного поля вы знаете?
5. Что такое плоскопараллельное электромагнитное поле?
6. Что такое стационарное и квазистационарное электромагнитное поле?
7. Нарисуйте схему классификации методов расчета электромагнитных полей.
8. Численные методы расчёта электромагнитного поля.
9. Что такое граничные условия?
10. Какие типы граничных условий вы знаете?
11. Преимущества и недостатки метода конечных элементов.
12. Какие численные методы расчета электромагнитных полей вы знаете?
13. Как влияют параметры источника на свойства магнитного поля?
14. Область применения и принцип действия магнитного подвеса.
15. Предпосылки создания метода зубцовых контуров.
16. Область использования метода зубцовых контуров,
17. Основные положения метода зубцовых контуров,
18. Этапы расчёта метода зубцовых контуров
19. Общая система уравнений для описания магнитного состояния и электрических процессов электромеханического преобразователя.
20. Универсальный численный метод моделирования электромеханических преобразователей и систем.

В филиале используется система с традиционной шкалой оценок – "отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно", "зачтено", "не зачтено" (далее - пятибалльная система).

Форма промежуточной аттестации по настоящей дисциплине – **экзамен**.

Применяемые критерии оценивания по дисциплинам (в соответствии с инструктивным письмом НИУ МЭИ от 14 мая 2012 года № И-23):

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«отлично»/ «зачтено (отлично)»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему всестороннее, систематическое и глубокое знание материалов изученной дисциплины, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с до-

Оценка по дисциплине	Критерии оценки результатов обучения по дисциплине
«зачтено»	полнительной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании материалов изученной дисциплины, безусловно ответившему не только на вопросы билета, но и на дополнительные вопросы в рамках рабочей программы дисциплины, правильно выполнившему практическое задание. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «эталонный».
«хорошо»/ «зачтено (хорошо)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему полное знание материала изученной дисциплины, успешно выполняющему предусмотренные задания, усвоившему основную литературу, рекомендованную рабочей программой дисциплины; показавшему систематический характер знаний по дисциплине, ответившему на все вопросы билета, правильно выполнивший практическое задание, но допустивший при этом принципиальные ошибки. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «продвинутый».
«удовлетворительно»/ «зачтено (удовлетворительно)»/ «зачтено»	Выставляется обучающемуся, обнаружившему знание материала изученной дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющемуся с выполнением заданий, знакомому с основной литературой, рекомендованной рабочей программой дисциплины; допустившему погрешность в ответе на теоретические вопросы и/или при выполнении практических заданий, но обладающему необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя, либо неправильно выполнившему практическое задание, но по указанию преподавателя выполнившему другие практические задания из того же раздела дисциплины.. Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «пороговый».
«неудовлетворительно»/ не зачтено	Выставляется обучающемуся, обнаружившему серьезные пробелы в знаниях основного материала изученной дисциплины, допустившему принципиальные ошибки в выполнении заданий, не ответившему на все вопросы билета и дополнительные вопросы и неправильно выполнившему практическое задание (неправильное выполнение только практического задания не является однозначной причиной для выставления оценки «неудовлетворительно»). Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение по образовательной программе без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущего контроля. Компетенции на уровне «пороговый», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебное и учебно-лабораторное оборудование

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного, семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; демонстрационным оборудованием: персональным компьютером (ноутбуком); переносным (стационарным) проектором

Учебная аудитория для лабораторных работ, выполняемых в компьютерном классе, оснащенная:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами.

Для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине используется помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное:

- специализированной мебелью; доской аудиторной; персональными компьютерами с подключением к сети "Интернет" и доступом в ЭИОС филиала.

Программное обеспечение

КОМПАС-3D (чертежная система)

8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

для слепых и слабовидящих:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением, или могут быть заменены устным ответом;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство; возможно также использование собственных увеличивающих устройств;

- письменные задания оформляются увеличенным шрифтом;

- экзамен и зачет проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере.

для глухих и слабослышащих:

- лекции оформляются в виде электронного документа;

- письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;

- экзамен и зачет проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования.

для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- лекции оформляются в виде электронного документа, доступного с помощью компьютера со специализированным программным обеспечением;

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением;

- экзамен и зачёт проводятся в устной форме или выполняются в письменной форме на компьютере;

- используется специальная учебная аудитория для лиц с ЛОВЗ – ауд. 106 главного учебного корпуса по адресу 214013, г. Смоленск, Энергетический пр-д, д.1, здание энергетического института (основной корпус).

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены филиалом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

для слепых и слабовидящих:

- в печатной форме увеличенным шрифтом;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

для глухих и слабослышащих:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа.

для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме;
- в форме электронного документа;
- в форме аудиофайла.

9. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература.

1. Буль, О.Б. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов: Магнитные цепи, поля и программа FEMM [Текст]: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений — М.: Издательский центр «Академия», 2005. — 336 с.

2. Вяльцев Г.Б. Расчет магнитных полей методом конечных элементов в программе FEMM для решения задач электромеханики: учебное пособие / Г.Б. Вяльцев, Д.М. Топорков, Т.В. Честюнина. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2018. — 115 с. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36560995> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

Дополнительная литература.

1. Жарков, Н.В. Компас-3d. Полное руководство. От новичка до профессионала: руководство / Н.В. Жарков, М.А. Минеев, М.В. Финков. — 2-е изд. — Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2019. — 656 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139144> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Гречихин В.В. Натурно-модельный эксперимент: учебно-методическое пособие к лабораторным работам / В.В. Гречихин; Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова. – Новочеркасск: Лик, 2016. – 49 — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26847198> с. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Приступ А.Г. Моделирование магнитных полей в программе FEMM: учебно-методическое пособие / Приступ А.Г., Червяков А.В. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2012. — 92 с. — ISBN 978-5-7782-1936-6. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/45400.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей

Список авторских методических разработок.

1. Баловнев Д.И. Методические указания к расчетно-графической работе по дисциплине «Универсальный метод расчета полей и процессов в электромеханике» [Текст] – Смоленск: РИО филиала ФГБОУ ВО "НИУ МЭИ" в городе Смоленске, 2017. – 16 с.



ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Но- мер из- ме- не- ния	Номера страниц				Всего стра- ниц в доку- менте	Наименование и № документа, вводящего изменения	Подпись, Ф.И.О. внесшего измене- ния в данный эк- земпляр	Дата внесения из- менения в данный эк- земпляр	Дата введения из- менения
	из- ме- нен- ных	за- ме- нен- ных	но- вых	ан- ну- ли- ро- ванн ых					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10