

Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной работе
ГГТУ им. П.О.Сухого


А.А. Бойко
«27» 08 2018

Регистрационный № УРДост - 44/уз

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ

Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности магистратуры

1-40 80 04 «Математическое моделирование, численные
методы и комплексы программ»

Учебная программа составлена на основе:

– образовательного стандарта второй ступени высшего образования специальности 1-40 80 04 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», рег. № ОСВО 1-40 80 04-2012;

– учебных планов второй ступени высшего образования специальности 1-40 80 04 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», № 1 40-2-03/уч. от 20.06.2017, № 1 40-2-04/уч. от 20.06.2017.

СОСТАВИТЕЛЬ:

В.И. Токочаков, доцент кафедры «Информационные технологии» УО "Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого", канд. технических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

А.И. Семенюта, заведующий кафедрой «Информационно-вычислительные системы» УО «Белорусский торгово-экономический университет потребительской кооперации», доктор технических наук, профессор.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой «Информационные технологии»
(протокол № 15 от 28.05, 2018);

Научно-методическим советом Факультета автоматизированных и информационных систем учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 11 от 4.06, 2018); *УО Р-04-54/182*

Научно-методическим советом учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого»
(протокол № 5 от 26.06, 2018).

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Учебная программа «Компьютерное моделирование электромагнитных полей» разработана для магистрантов высших учебных заведений специальности 1–40 80 04 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». В основу программы положена программа-минимум кандидатского экзамена по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (Приказ Высшей аттестационной комиссии Республики Беларусь от 11 февраля 2011 г. № 35).

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью изучения дисциплины является формирование знаний в области теории и практики моделирования электромагнитных полей, изучение методов создания моделей и проведения вычислительных экспериментов.

В результате изучения дисциплины магистрант должен знать:

- область применения моделей электромагнитных полей;
- особенности моделирования электромагнитных полей;
- технологию применения моделей электромагнитных полей для моделирования технических систем;

уметь:

- выбирать адекватную схему моделирования для конкретной задачи;
- разрабатывать архитектуру системы моделирования электромагнитных полей;

владеть:

- исследовательскими навыками;
- междисциплинарным подходом при решении задач;
- основными методами создания математических моделей.

Освоение учебной дисциплины согласно стандарту специальности должно обеспечить формирование следующих компетенций:

- АК-1 – способность самостоятельной научно-исследовательской деятельности, готовность генерировать и использовать новые идеи;
- АК-2 – методологические знания и исследовательские умения, обеспечивающие решение задач научно-исследовательской, научно-педагогической, организационно-управленческой и инновационной деятельности;
- ПК-НИ-1 – осуществлять сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;
- ПК-НИ-2 – разрабатывать методики проектирования и построения математических моделей процессов и объектов;

– ПК-НИ-3 – выполнять моделирование процессов и объектов на базе пакетов автоматизированного проектирования и исследований.

Общее количество часов, отводимое на изучение учебной дисциплины «Компьютерное моделирование электромагнитных полей», в соответствии с учебным планом по специальности 1-40 80 04 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» составляет – 130 часов.

Трудоёмкость учебной дисциплины составляет 3,5 зачетные единицы.

	ДО	ЗО
Курс	2	2
Семестр	4	3,4
Лекции (часов)	26	8
Лабораторные занятия (часов)	26	8
Всего	52	16
аудиторных (часов)		
Формы текущей аттестации по учебной дисциплине		
Зачет	4	4

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Краевые задачи электродинамики

Тема 1.1. Уравнения Максвелла.

Дифференциальная форма уравнений Максвелла. Интегральная форма уравнений Максвелла. Комплексная формулировка уравнений Максвелла. Условия на границе раздела сред с различными физическими свойствами.

Тема 1.2. Краевые задачи электростатики.

Уравнения электростатики. Электрический потенциал. Формулировки краевых задач в электростатике. Теорема единственности. Потенциал от источников поля специального типа. Плоскопараллельные и плоскомеридианные поля.

Тема 1.3. Краевые задачи магнитного поля постоянных токов

Уравнения магнитного поля постоянных токов. Векторный магнитный потенциал. Граничные условия для векторного потенциала. Краевые задачи относительно векторного потенциала. Теорема единственности. Краевые задачи для скалярного магнитного потенциала.

Раздел 2. Моделирование электромагнитных полей методом граничных интегральных уравнений

Тема 2.1. Решение задач электростатики в линейных однородных средах

Решение задач электростатики в линейных однородных средах. Решение краевых задач для уравнения Лапласа методом граничных интегральных уравнений. Решение первой и второй задач электростатики в однородной области, ограниченной проводящим телом. Решение первой и второй задач электростатики в однородном пространстве вне проводящего тела. Решение задачи Дирихле для многосвязной области в пространственном случае. Решение задач Дирихле для многосвязной области в плоском случае. Решение задач электростатики в многосвязных областях, заполненных однородным диэлектриком.

Тема 2.2. Расчет магнитных полей постоянного тока в однородных средах вне ферромагнитных сред с большой магнитной проницаемостью

Расчет магнитных полей постоянного тока в однородных средах вне ферромагнитных сред с большой магнитной проницаемостью.

Тема 2.3. Расчет электростатических и магнитных полей в линейных, кусочно-однородных средах

Расчет электростатических и магнитных полей в линейных, кусочно-однородных средах.

Раздел 3. Расчет плоскопараллельных магнитных полей методом конечных элементов

Тема 3.1. Конечные элементы и аппроксимация потенциалов плоскопараллельного поля

Конечные элементы и аппроксимация потенциалов плоскопараллельного поля.

Тема 3.2. Вариационная формулировка метода конечных элементов при расчете поля в линейных однородных и кусочно-однородных средах.

Вариационная формулировка метода конечных элементов при расчете поля в линейных однородных и кусочно-однородных средах.

Тема 3.3. Решение краевых задач относительно скалярных магнитных и электрических потенциалов в нелинейных однородных средах.

Решение краевых задач относительно скалярных магнитных и электрических потенциалов в нелинейных однородных средах.

Тема 3.4. Расчет полей в неограниченных областях методом конечных элементов

Расчет полей в неограниченных областях методом конечных элементов.

Раздел 4. Моделирование электромагнитных полей с использованием конечно-элементных пакетов прикладных программ

Тема 4.1. Обзор пакетов конечно-элементного моделирования электромагнитных полей

Пакеты моделирования: Ansys, FemLab, Elcut, FreeFem, Maxwell, Elmer.

Тема 4.2. Решение задач моделирование электромагнитных полей в среде пакета FreeFem.

Моделирование электромагнитного поля переменного тока для прямоугольной шины в лаге статора. Моделирование электромагнитного поля переменного тока в коаксиальном кабеле. Моделирование электромагнитного поля переменного тока в силовом трехфазном кабеле.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 для специальности 1-40 80 04 (дневная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Иное	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Краевые задачи электродинамики	6						
1.1.	Уравнения Максвелла	2						З
1.2.	Краевые задачи электростатики	2						З
1.3.	Краевые задачи магнитного поля постоянных токов	2						З
2.	Моделирование электромагнитных полей методом граничных интегральных уравнений	6			12			
2.1.	Решение задач электростатики в линейных однородных средах	2			4			ЗЛР,З
2.2.	Расчет магнитных полей постоянного тока в однородных средах вне ферромагнитных сред с большой магнитной проницаемостью	2			4			ЗЛР,З
2.3.	Расчет электростатических и магнитных полей в линейных, кусочно-однородных средах	2			4			ЗЛР,З
3.	Расчет плоскопараллельных магнитных полей методом конечных элементов	8			6			
3.1.	Конечные элементы и аппроксимация потенциалов плоскопараллельного поля	2						ЗЛР,З
3.2.	Вариационная формулировка метода конечных элементов при расчете поля в линейных однородных и кусочно-однородных средах	2						З
3.3.	Решение краевых задач относительно скалярных магнитных и электрических потенциалов в нелинейных неоднородных средах	2			4			ЗЛР,З
3.4.	Расчет полей в неограниченных областях методом конечных элементов	2			2			ЗЛР,З
4.	Моделирование электромагнитных полей с использованием конечно-элементных пакетов прикладных программ	6			8			
4.1.	Обзор пакетов конечно-элементного моделирования электромагнитных полей	2						З
4.2.	Решение задач моделирование электромагнитных полей в среде пакета FreeFem	4			8			ЗЛР,З
	Итого:	26			26			

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ
 для специальности 1-49 80 04 (заочная форма получения образования)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов						Форма контроля
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа	Иные	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Краевые задачи электродинамики	2						
1.1.	Уравнения Максвелла	1						З
1.2.	Краевые задачи электростатики							З
1.3.	Краевые задачи магнитного поля плоских токов	1						З
2.	Моделирование электромагнитных полей методом граничных интегральных уравнений	2			2			
2.1.	Решение задач электростатики в линейных однородных средах	1			2			ЗЛР, З
2.2.	Расчет магнитных полей постоянного тока в однородных средах вне ферромагнитных сред с большой магнитной проницаемостью							З
2.3.	Расчет электростатических и магнитных полей в линейных, кусочно-однородных средах	1						З
3.	Расчет плоскостепенных магнитных полей методом конечных элементов	2			2			
3.1.	Конечные элементы и аппроксимации потенциалов плоскопараллельного поля	1						З
3.2.	Вариационная формулировка метода конечных элементов при расчете поля в линейных однородных и кусочно-однородных средах	1						З
3.3.	Решение краевых задач относительно скалярных магнитных и электрических потенциалов в нелинейных неоднородных средах				2			ЗЛР, З
3.4.	Расчет полей в неограниченных областях методом конечных элементов							З
4.	Моделирование электромагнитных полей с использованием конечно-элементных пакетов прикладных программ	2			4			
4.1.	Обзор пакетов конечно-элементного моделирования электромагнитных полей							З
4.2.	Решение задач моделирование электромагнитных полей в среде пакета FekoFem	2			4			ЗЛР, З
	Итого:	8			8			

Примечание обозначения: З – зачет, ЗЛР – защита лабораторной работы

Основная литература

1. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В., Рудченко Е.А. Scilab. Решение инженерных и математических задач. – М.: АЛТ Linux : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 257 с. + CD. – (Библиотека АЛТ Linux)
2. Бессонов, Л. А. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле : учебник для студ. электротехн., энергет. и приборостроит. спец. вузов / Л. А. Бессонов. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1978. – 231 с.
3. Говорков, В. А. Теория электромагнитного поля в уравнениях и задачах : [учеб. пособие для студ. энергет., электротехн. и радиотехн. спец. вузов] / В. А. Говорков, С. Д. Купалян. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1970. – 302 с.
4. Советов, Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем: учебник для вузов специальности АСУ. – М.: Высшая Школа, 2007. – 343 с.

Дополнительная литература

5. Королев, А.Л. Компьютерное моделирование: лабораторный практикум / А.Л. Королев. – М.: Бином. Лаборатория знаний, 2015. – 396 с.
6. Курбагов П. А. Численный расчет электромагнитных полей. / П. А. Курбагов – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 167 с.
7. Кухаренко, А. А. Компьютерное моделирование распределения электромагнитного поля в ближней зоне сферических частиц с помощью векторного метода конечных элементов : дис. на соиск. академ. степен. маг. техн. наук / Кухаренко Андрей Александрович ; Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2014. – 127 с. + 1 электрон. опт. диск.
8. Максимей И.В. Математическое моделирование больших сетей: [Уч. пособие для спец. «Прикладная математика»]. – М.: Выш. шк., 1985.
9. Овечкин Г.В. Компьютерное моделирование : учебник / Г.В. Овечкин, П.В. Овечкин. – М.: Академия, 2015. – 217 с.
10. Расчет электрических цепей и электромагнитных полей на ЭВМ / Под ред. Л.В. Данилова, Е.С. Филиппова. – М.: Радио и связь, 1983. – 349 с.
11. Сидоракина, Ю. А. Моделирование распределения электромагнитных полей в ближней зоне сферической частицы методом конечных разностей во временной области : дис. на соиск. академ. степен. магистр. техн. наук / Сидоракина Юлия Александровна ; Гомел. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2018. – 73 с. + 1 электрон. опт. диск.
12. Татур Т. А. Основы теории электромагнитного поля : справ. пособие. / Т. А. Татур. – М.: Высшая школа, 1989. – 270 с.

13. Шульга, М. А. Моделирование распространения электромагнитных полей трехмерными векторными конечными элементами : дис. на соискание канд. степ. маг. техн. наук / Шульга Максим Викторович ; Гомель. гос. техн. ун-т им. П. О. Сухого. – Гомель, 2012. – 104 с.
14. Щербиниц, А. Г. Численные исследования электромагнитных процессов в сплошном цилиндрическом экране / А. Г. Щербиниц, А. С. Мандуров // Электротехника. – 2016. – № 11. – С. 37–40.

Список литературы *сверен Мад (Киселева М.В.)*

Примерный перечень тем лабораторных занятий

1. Моделирование электромагнитного поля при внесении диэлектрического шара.
2. Моделирование электромагнитного поля при внесении многослойного диэлектрического шара.
3. Моделирование электромагнитного поля при внесении диэлектрического цилиндра.
4. Моделирование электромагнитного поля при внесении многослойного диэлектрического цилиндра.
5. Моделирование электромагнитного поля переменного тока – прямоугольная шина в пазах статора.
6. Моделирование электромагнитного поля переменного тока – коаксиальный кабель.
7. Моделирование электромагнитного поля переменного тока – симметричный трехфазный кабель.
8. Моделирование магнитного поля проводников в однородном пространстве.
9. Моделирование магнитного поля системы токонесущих шин.
10. Моделирование магнитного поля прямолинейного проводника конечной длины.
11. Моделирование магнитного поля на оси кругового витка.
12. Моделирование магнитного поля проводника вблизи плоской границы раздела двух сред.

Технологии обучения

Для организации процесса изучения учебной дисциплины привлечены традиционные и инновационные образовательные технологии, ориентированные на формирование навыков самостоятельного и группового решения поставленных задач.

Лабораторные занятия проводятся с использованием персональных компьютеров и специальных программных средств. Контроль знаний проводится в ходе защиты лабораторной работы.

В качестве технических средств обучения при проведении лекционных занятий следует использовать видеопроекторную аппаратуру, а лабораторных занятий – персональные компьютеры.

Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов организована в соответствии с Положением о самостоятельной работе студентов учреждения образования «Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого» № 33, утвержденного ректором университета 14.10.2014.

Основными целями ее осуществления являются: активизация учебно-познавательной деятельности и формирование у студентов умений и навыков самостоятельного приобретения и практического применения знаний в области информационных технологий.

С учетом специфики и содержания учебной дисциплины предполагается использование следующих форм самостоятельной работы студентов:

– собственно самостоятельная работа (подготовка к рубежному контролю знаний и текущей аттестации (экзамену), организованная студентом самостоятельно).

Средства диагностики результатов учебной деятельности

Процедура диагностики результатов учебной деятельности студентов разработана и организована в соответствии с образовательным стандартом ОСВО 1-41 80 02-2012. Ее компоненты представлены:

– инструментариум диагностики – выполнение и защита лабораторных работ (АК-1, АК-2).

Итоговая диагностика компетенций студента проводится в письменной форме (зачет) – АК-1, АК-2, ПК-НП-1, ПК-НП-2, ПК-НП-3.

13. ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры:	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждений высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
<i>Работа с магистерскими диссертациями</i>	<i>ИТ</i>	Согласование не требуется 	<i>28.05.2018 №15</i> 

Библиотека ГГТУ им. П.О.Степанова