


Документ подписан простой электронной подписью
 Информация о владельце:
 ФИО: Клочков Юрий Сергеевич
 Должность: и.о. ректора
 Дата подписания: 2021.08.30
 Уникальный программный ключ:
 4e7c4ea90328ec8e65c5d8058549a2538d7400d1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«ТЮМЕНСКИЙ ИНДУСТРИАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Председатель КСН

 О.А. Степанов
 « 30 » 08 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины: Численное моделирование физических полей
 направление подготовки: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 направленность (профиль): Промышленная теплоэнергетика
 форма обучения: очная, заочная

Рабочая программа разработана в соответствии с утвержденным учебным планом от 30.08.2021 г. и требованиями ОПОП 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, направленность Промышленная теплоэнергетика к результатам освоения дисциплины

Рабочая программа рассмотрена
на заседании кафедры физики, методов контроля и диагностики
Протокол № 1 от «30» 08 2021 г.

И.о. заведующего кафедрой  К.Р. Муратов

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ПТ  О.А. Степанов

«30» 08 2021 г.

Рабочую программу разработал:

К.Р. Муратов, доцент, к.т.н.



1. Цели и задачи освоения дисциплины/модуля

Цель дисциплины: развить компетенции численного моделирования физических полей.

Задачи дисциплины:

- изучить базовые дифференциальные и интегральные уравнения, лежащие в основе описания электрических, магнитных, электромагнитных, тепловых и упругих полей;
- изучить и освоить основы методов конечных элементов и конечных разностей;
- овладеть методами разложения дифференциальных уравнений в вычислительный алгоритм
- освоить программные среды численного моделирования физических полей.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина относится к дисциплинам общеуниверситетского блока элективных дисциплин по тематике "Цифровая инженерия" обязательной части учебного плана.

Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются:

знание основ теории упругости, термодинамики и электродинамики, интегрального и дифференциального исчисления, принципов работы вычислительных алгоритмов.

умения оперировать физическими законами, решать простые интегральные и дифференциальные уравнения

владение навыками работы с компьютерными программами численного моделирования, методами анализа полученных результатов и их представления.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин физика, теоретическая механика, математика, цифровая культура и служит основой для освоения дисциплины проектная деятельность.

3. Результаты обучения по дисциплине

Таблица 3.1

| Код и наименование компетенции | Код и наименование индикатора достижения компетенции (ИДК) ¹ | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю) |
|---|--|--|
| УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач | УК-1.2. Систематизирует и критически анализирует информацию, полученную из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи | Знать: З1 основы численных методов моделирования поля и их виды |
| | | Уметь: У1 выполнять преобразование дифференциальных уравнений, описывающих физическое поле, в разностные соотношения для построения последующих алгоритмов |
| | | Владеть: В1 навыками построения блок-схем алгоритмов расчета физических полей |
| УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений | УК-2.1. Проводит анализ поставленной цели и формулирует совокупность взаимосвязанных задач, которые необходимо решить для ее достижения. | Знать: З2 принципы формирования модели задачи и корректного задания начальных и граничных условий |
| | | Уметь: У2 формировать модель в программной среде численного моделирования, в том числе систему взаимосвязанных моделей |
| | | Владеть: В2 навыками построения численной модели физического поля, представления и анализа результатов, способами верификации результатов |

4. Объем дисциплины

Общий объем дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

Таблица 4.1.

| Форма обучения | Курс/ семестр | Аудиторные занятия/контактная работа, час. | | | Самостоятельная работа, час. | Форма промежуточной аттестации |
|----------------|------------------|--|----------------------|----------------------|------------------------------|--------------------------------|
| | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные занятия | | |
| очная | 2/4 | 16 | - | 32 | 60 | Зачет |
| заочная | 3/6 | 6 | - | 10 | 92 | Зачет |

5. Структура и содержание дисциплины

5.1. Структура дисциплины.

очная форма обучения (ОФО)

Таблица 5.1.1

| № п/п | Структура дисциплины | | Аудиторные занятия, час. | | | СРС, час. | Всего, час. | Код ИДК | Оценочные средства ¹ |
|--------|----------------------|--|--------------------------|-----|------|-----------|-------------|--|---------------------------------|
| | Номер раздела | Наименование раздела | Л. | Пр. | Лаб. | | | | |
| 1 | 1 | Введение | 1 | - | - | 2 | 3 | УК-1.2-31 | Реферат |
| 2 | 2 | Элементы теории поля | 2 | - | 2 | 5 | 9 | УК-1.2-31 УК-1.2-У1 | Типовой расчет, тест |
| 3 | 3 | Уравнения теории упругости | 2 | - | 2 | 5 | 9 | УК-1.2-У1 | Тест |
| 4 | 4 | Уравнения Максвелла в интегральном и дифференциальном виде | 2 | - | 2 | 5 | 9 | УК-1.2-У1 | Тест |
| 5 | 5 | Теплоперенос | 2 | - | 2 | 5 | 9 | УК-1.2-У1 | Тест |
| 6 | 6 | Численные методы | 4 | - | 6 | 15 | 25 | УК-1.2-31 УК-1.2-У1 УК-1.2-В1 УК-2.1-32 | Отчет по лабораторной работе |
| 7 | 7 | Моделирование физических полей в программе Elcut | 2 | - | 18 | 18 | 38 | УК-2.1-32 УК-2.1-У2 УК-2.1-В2 | Отчет по лабораторной работе |
| 8 | 8 | Альтернативные программные пакеты | 1 | - | - | 5 | 6 | УК-2.1-32 УК-2.1-У2 УК-2.1-В2 | Реферат |
| ... | Зачет/экзамен | | - | - | - | 00 | 00 | - | - |
| Итого: | | | 16 | - | 32 | 60 | 108 | - | - |

заочная форма обучения (ЗФО)

Таблица 5.1.2

| № п/п | Структура дисциплины/модуля | | Аудиторные занятия, час. | | | СРС, час. | Всего, час. | Код ИДК | Оценочные средства |
|-------|-----------------------------|--|--------------------------|-----|------|-----------|-------------|------------------------|--------------------|
| | Номер раздела | Наименование раздела | Л. | Пр. | Лаб. | | | | |
| 1 | 1 | Введение | - | - | - | 5 | 5 | УК-1.2-31 | Реферат |
| 2 | 2 | Элементы теории поля | 0,5 | - | - | 10 | 10,5 | УК-1.2-31 УК-1.2-У1 | Тест |
| 3 | 3 | Уравнения теории упругости | 0,5 | - | - | 10 | 10,5 | УК-1.2-У1 | Тест |
| 4 | 4 | Уравнения Максвелла в интегральном и дифференциальном виде | 0,5 | - | - | 10 | 10,5 | УК-1.2-У1 | Тест |

| | | | | | | | | | |
|--------|-------|--|-----|---|----|----|------|--|------------------------------|
| 5 | 5 | Теплоперенос | 0,5 | - | - | 10 | 10,5 | УК-1.2-У1 | Тест |
| 6 | 6 | Численные методы | 2 | - | 2 | 15 | 19 | УК-1.2-31 УК-1.2-У1 УК-1.2-В1 УК-2.1-32 | Отчет по лабораторной работе |
| 7 | 7 | Моделирование физических полей в программе Elcut | 2 | - | 8 | 27 | 37 | УК-2.1-32 УК-2.1-У2 УК-2.1-В2 | Отчет по лабораторной работе |
| 8 | 8 | Альтернативные программные пакеты | - | - | - | 5 | 5 | УК-2.1-32 УК-2.1-У2 УК-2.1-В2 | Реферат |
| ... | Зачет | | - | - | - | 00 | 00 | | |
| Итого: | | | 6 | - | 10 | 92 | 108 | | |

очно-заочная форма обучения (ОЗФО)

Не реализуется.

5.2. Содержание дисциплины/модуля.

5.2.1. Содержание разделов дисциплины/модуля (дидактические единицы).

Раздел 1. «*Введение*». Роль и место моделирования физических процессов в проектировании изделий и процессов в производстве.

Раздел 2. «*Элементы теории поля*». Понятие поля как математического объекта. Скалярное поле. Векторное поле. Тензорное поле. Поверхностные интегралы. Операторы Гамильтона и Лапласа. Градиент, ротор, дивергенция. Циркуляция векторного поля, формула Стокса. Поток векторного поля, формула Остроградского-Гаусса. Частные случаи вырождения трехмерной модели в плоскую или осесимметричную.

Раздел 3. «*Уравнения теории упругости*». Тензоры деформаций и напряжений. Закон Гука. Модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, параметры Ламе.

Раздел 4. «*Уравнения Максвелла в интегральном и дифференциальном виде*». Физические величины, описывающие электромагнитное поле. Теоремы о циркуляции и Остроградского-Гаусса для электрического и магнитного полей. Материальные уравнения. Электростатическое взаимодействие, магнитостатическое взаимодействие, закон Ома, электромагнитная индукция и ток смещения в структуре уравнений Максвелла.

Раздел 5. «*Теплоперенос*». Температурное поле. Уравнение теплового баланса. Градиент температуры, тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплоемкость, температуропроводность.

Раздел 6. «*Численные методы*». Основные сведения о методах конечных элементов, разностей и объемов. Сетки и сеточные функции. Граничные и начальные условия. Методы аппроксимации операторов. Полиномиальная аппроксимация и интерполяция. Сходимость и устойчивость алгоритма. Граничные и начальные условия. Верификация результатов численного моделирования.

Раздел 7. «*Моделирование физических полей в программе Elcut*». Интерфейс программы Elcut. Обзор основных типов задач. Описание задачи. Структура базы данных задачи. Создание задачи. Описание геометрии задачи. Создание геометрической модели. Привязка меток к геометрическим объектам. Дискретизация области. Обмен данными с другими программами. Ввод параметров задачи. Ввод свойств материалов и граничных условий. Ввод свойств метки. Схемы электрических цепей. Анализ результатов решения. Формирование картины поля на экране. Локальный и интегральный калькулятор. Анализ присоединенной электрической цепи. Мастер вычисления параметров. Вывод результатов расчета поля. Надстройки. LabelMover. Гармонический анализ. Импорт эскизов SolidWorks. Вычисление частичных емкостей. Программирование надстроек. Решение мультифизических задач и задач оптимизации.

Раздел 8. «Альтернативные программные пакеты моделирования физических задач». Ansys, COMSOL Multiphysics, Solidworks Simulation, OPERA, CST Studio Suite, JMag, Altair Flux, Simcenter MAGNET. Решаемые задачи. Сравнение.

5.2.2. Содержание дисциплины/модуля по видам учебных занятий.

Лекционные занятия

Таблица 5.2.1

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | | | Тема лекции |
|--------|--------------------------|-------------|-----|------|---|
| | | ОФО | ЗФО | ОЗФО | |
| 1 | 1, 8 | 2 | - | - | Роль и место моделирования физических процессов в проектировании изделий и процессов в производстве Ansys, COMSOL Multiphysics, Solidworks Simulation, OPERA, CST Studio Suite, JMag, Altair Flux, Simcenter MAGNET. Решаемые задачи. Сравнение. |
| 2 | 2 | 2 | 0,5 | - | Понятие поля как математического объекта. Скалярное поле. Векторное поле. Тензорное поле. Поверхностные интегралы. Операторы Гамильтона и Лапласа. Градиент, ротор, дивергенция. Циркуляция векторного поля, формула Стокса. Поток векторного поля, формула Остроградского-Гаусса. Частные случаи вырождения трехмерной модели в плоскую или осесимметричную. |
| 3 | 3 | 2 | 0,5 | - | Тензоры деформаций и напряжений. Закон Гука. Модуль Юнга, модуль сдвига, коэффициент Пуассона, параметры Ламе. |
| 4 | 4 | 2 | 0,5 | - | Физические величины, описывающие электромагнитное поле. Теоремы о циркуляции и Остроградского-Гаусса для электрического и магнитного полей. Материальные уравнения. Электростатическое взаимодействие, магнитостатическое взаимодействие, закон Ома, электромагнитная индукция и ток смещения в структуре уравнений Максвелла. |
| 5 | 5 | 2 | 0,5 | - | Температурное поле. Уравнение теплового баланса. Градиент температуры, тепловой поток. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Теплоемкость, температуропроводность. |
| 6 | 6 | 2 | 1 | - | Основные сведения о методах конечных элементов, разностей и объемов. Сетки и сеточные функции. Граничные и начальные условия. Методы аппроксимации операторов. Полиномиальная аппроксимация и интерполяция. |
| 7 | 6 | 2 | 1 | - | Сходимость и устойчивость алгоритма. Граничные и начальные условия. Верификация результатов численного моделирования. |
| 8 | 7 | 2 | 2 | - | Интерфейс программы Elcut. Обзор основных типов задач. Описание задачи. Структура базы данных задачи. Создание задачи. Описание геометрии задачи. Создание геометрической модели. Привязка меток к геометрическим объектам. Дискретизация области. Обмен данными с другими программами. Ввод параметров задачи. Ввод свойств материалов и граничных условий. Ввод свойств метки. Схемы электрических цепей. Анализ результатов решения. Формирование картины поля на экране. Локальный и интегральный калькулятор. Анализ присоединенной электрической цепи. Мастер вычисления параметров. Вывод результатов расчета поля. Настройки. LabelMover. Гармонический анализ. Импорт эскизов SolidWorks. Вычисление частичных емкостей. Программирование надстроек. Решение мультифизических задач и задач оптимизации. |
| Итого: | | 16 | 6 | - | |

Практические занятия

«Практические занятия учебным планом не предусмотрены»

Лабораторные работы

Таблица 5.2.2

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | | | Наименование лабораторной работы |
|--------|--------------------------|-------------|-----|------|---|
| | | О Ф О | ЗФО | ОЗФО | |
| 1 | 2 | 2 | - | - | Элементы теории поля |
| 2 | 3 | 2 | - | - | Уравнения теории упругости |
| 3 | 4 | 2 | - | - | Уравнения Максвелла |
| 4 | 5 | 2 | - | - | Уравнения теплопереноса |
| 5 | 6 | 6 | 2 | - | Составление численных алгоритмов расчета интегральных выражений |
| 6 | 7 | 2 | 1 | - | Изучение интерфейса программы Elcut |
| 7 | 7 | 2 | 1 | - | Распределение упругих напряжений тела простой формы |
| 8 | 7 | 2 | 1 | - | Конденсатор переменной емкости |
| 9 | 7 | 2 | 1 | - | Распределение электрического тока в проводнике |
| 10 | 7 | 2 | 1 | - | Расчет магнитного поля постоянных, гармонических и нестационарных токов |
| 11 | 7 | 2 | 1 | - | Расчет теплового поля тела простой формы |
| 12 | 7 | 2 | - | - | Нагрев цилиндра и механические напряжения |
| 13 | 7 | 4 | 2 | - | Защита отчетов |
| Итого: | | 32 | 10 | - | |

Самостоятельная работа студента

Таблица 5.2.3

| № п/п | Номер раздела дисциплины | Объем, час. | | | Тема | Вид СРС |
|--------|--------------------------|-------------|-----|------|---|--|
| | | ОФО | ЗФО | ОЗФО | | |
| 1 | 1 | 2 | 5 | - | Роль и место численных методов в науке и технике (по областям) | Написание реферата |
| 2 | 2 | 3 | 5 | - | Решение задач по теории поля | Выполнение типового расчета |
| 3 | 2 | 2 | 5 | - | Тест «Теория поля» | Тестирование |
| 4 | 3 | 5 | 10 | - | Уравнения теории упругости | Подготовка к тестированию/ Тестирование |
| 5 | 4 | 5 | 10 | - | Уравнения Максвелла | Подготовка к тестированию/ Тестирование |
| 6 | 5 | 5 | 10 | - | Уравнения теплопереноса | Подготовка к тестированию/ Тестирование |
| 7 | 6 | 5 | 5 | - | Составление численных алгоритмов расчета интегральных выражений | Подготовка к лабораторной работе |
| 8 | 6 | 10 | 10 | - | | Оформление отчета по лабораторной работе |
| 9 | 7 | 6 | 9 | - | Моделирование физических полей в программе Elcut | Подготовка к лабораторным работам |
| 10 | 7 | 12 | 18 | - | | Оформление отчета по лабораторным работам |
| 11 | 8 | 5 | 5 | - | Пакеты численного моделирования физических полей | Написание реферата |
| Итого: | | 60 | 92 | - | | |

5.2.3. Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- визуализация учебного материала в Power Point в диалоговом режиме (лекционные занятия);
- практическая работа в малых группах (лабораторные работы).

6. Тематика курсовых работ/проектов

Курсовые работы/проекты учебным планом не предусмотрены

7. Контрольные работы

Контрольные работы учебным планом не предусмотрены

8. Оценка результатов освоения дисциплины/модуля

8.1. Критерии оценивания степени полноты и качества освоения компетенций в соответствии с планируемыми результатами обучения приведены в Приложении 1.

8.2. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся очной, очно-заочной формы обучения представлена в таблице 8.1.

Таблица 8.1

| № п/п | Виды мероприятий в рамках текущего контроля | Количество баллов |
|----------------------|---|-------------------|
| 1 текущая аттестация | | |
| 1 | Реферат «Роль и место численных методов в науке и технике» | 5 |
| 2 | Выполнение типового расчета «Теория поля» | 5 |
| 3 | Тест «Теория поля» | 5 |
| 4 | Тест «Уравнения теории упругости» | 5 |
| | ИТОГО за первую текущую аттестацию | 20 |
| 2 текущая аттестация | | |
| 5 | Тест «Уравнения Максвелла» | 5 |
| 6 | Тест «Уравнения теплопроводности» | 5 |
| 7 | Выполнение и защита лабораторной работы «Численные алгоритмы расчета интегральных выражений» | 10 |
| 8 | Реферат «Пакеты программ численного моделирования» | 5 |
| | ИТОГО за вторую текущую аттестацию | 25 |
| 3 текущая аттестация | | |
| 9 | Выполнение и защита лабораторной работы «Интерфейс Elcut» | 5 |
| 10 | Выполнение и защита лабораторной работы «Распределение упругих напряжений тела простой формы» | 5 |
| 11 | Выполнение и защита лабораторной работы «Конденсатор переменной емкости» | 10 |
| 12 | Выполнение и защита лабораторной работы «Распределение электрического тока в проводнике» | 5 |
| 13 | Выполнение и защита лабораторной работы «Расчет магнитного поля постоянных, гармонических и нестационарных токов» | 10 |
| 14 | Выполнение и защита лабораторной работы «Расчет теплового поля тела простой формы» | 5 |
| 15 | Выполнение и защита лабораторной работы «Нагрев цилиндра и механические напряжения» | 15 |

| | | |
|--|------------------------------------|------------|
| | ИТОГО за третью текущую аттестацию | 55 |
| | ВСЕГО | 100 |

8.3. Рейтинговая система оценивания степени полноты и качества освоения компетенций обучающихся заочной формы обучения представлена в таблице 8.2.

Таблица 8.2

Для ЗФО

| № п/п | Виды мероприятий в рамках текущего контроля | Количество баллов |
|-------|---|-------------------|
| 1 | Реферат | 10 |
| 2 | Контрольная работа | 15 |
| 3 | Выполнение и защита лабораторной работы «Численные алгоритмы расчета интегральных выражений» | 15 |
| 4 | Выполнение и защита лабораторной работы «Интерфейс Elcut» | 10 |
| 5 | Выполнение и защита лабораторной работы «Распределение упругих напряжений тела простой формы» | 10 |
| 6 | Выполнение и защита лабораторной работы «Конденсатор переменной емкости» | 10 |
| 7 | Выполнение и защита лабораторной работы «Распределение электрического тока в проводнике» | 10 |
| 8 | Выполнение и защита лабораторной работы «Расчет магнитного поля постоянных, гармонических и нестационарных токов» | 10 |
| 9 | Выполнение и защита лабораторной работы «Расчет теплового поля тела простой формы» | 10 |
| | | 100 |

9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины/модуля

9.1. Перечень рекомендуемой литературы представлен в Приложении 2.

9.2. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.

- Собственная полнотекстовая база (ПБД) БИК ТИУ <http://elib.tyuiu.ru/>
- Научно-техническая библиотеки ФГБОУ ВО РГУ Нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина <http://elib.gubkin.ru/>
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО УГНТУ <http://bibl.rusoil.net>
- Научно-техническая библиотека ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет» <http://lib.ugtu.net/books>
- База данных Консультант «Электронная библиотека технического ВУЗа»
- Электронно-библиотечная система IPRbookshop <http://www.iprbookshop.ru/>
- ООО «Издательство ЛАНЬ» <http://e.lanbook.com>
- ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru
- Электронно-библиотечная система elibrary <http://elibrary.ru/>
- Электронно-библиотечная система BOOK.ru <https://www.book.ru>

9.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в т.ч. отечественного производства

Microsoft Windows;

Microsoft Office Professional

ELCUT Профессиональный (1 лицензия на 10 рабочих мест)

ANSYS

MathCad

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля

Помещения для проведения всех видов работы, предусмотренных учебным планом, укомплектованы необходимым оборудованием и техническими средствами обучения.

Таблица 10.1

| № п/п | Перечень оборудования, необходимого для освоения дисциплины | Перечень технических средств обучения, необходимых для освоения дисциплины (демонстрационное оборудование) |
|-------|---|--|
| 1 | Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа; курсового проектирования (выполнения курсовых работ); групповых и индивидуальных консультаций; текущего контроля и промежуточной аттестации г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, д. 38, ауд. 332 | |
| | Учебная мебель: столы, стулья, доска меловая. | Компьютер в комплекте-1шт., экран, проектор, акустическая система |
| 2 | Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторных занятий). Учебная лаборатория физических методов неразрушающего контроля г. Тюмень, ул. 50 лет Октября, д. 38, ауд. 322 | |
| | Учебная мебель: столы ученические, компьютерные столы, маркерная доска | Компьютер в комплекте -11 шт, проектор, экран, телевизор LG, документ-камера, Проектор Epson EB-95 |

11. Методические указания по организации СРС

11.1. Методические указания по подготовке к лабораторным занятиям.

Важной формой самостоятельной работы студента является систематическая и планомерная подготовка к лабораторным работам. После лекции студент должен познакомиться с планом лабораторных работ и списком обязательной и дополнительной литературы, которую необходимо прочитать, изучить и законспектировать. Разъяснение по вопросам новой темы студенты получают у преподавателя.

Подготовка к лабораторной работе требует, прежде всего, чтения рекомендуемых источников и монографических работ. Важным этапом в самостоятельной работе студента является изучение материала по конспекту лекции.

В начале текста лабораторной работы присутствует вступительная часть, в которой формулируются задачи работы и обозначаются способы их решения. Отчет оформляется в машинописном виде согласно принятым нормам (формат, шрифт и т.п.). Он должен содержать: необходимые схемы и уравнения с пояснениями величин; достаточное количество рисунков и диаграмм, отражающих результат работы. Важной составляющей отчета является выводы, по существу которых преподаватель может оценить глубину освоения соответствующей темы дисциплины.

Контроль самостоятельной подготовки учащегося к теме лабораторной работы осуществляется в процессе её защиты преподавателю. Форма контроля – устные вопросы по содержанию работы и процессу решения поставленных задач.

Лабораторные занятия являются одной из важнейших форм обучения студентов: они позволяют применить полученные теоретические знания на практике, дать окончательную оценку усвоения учащимся раздела дисциплины. В процессе подготовки к лабораторным занятиям обучающийся развивает умения и навыки самостоятельного поиска и анализа информации из различных источников, совершенствует свои научно-исследовательские компетенции.

Успешному осуществлению внеаудиторной самостоятельной работы способствуют тестирования. Они обеспечивают непосредственную связь между студентом и преподавателем (по ним преподаватель судит о трудностях, возникающих у студентов в ходе учебного процесса, о

степени усвоения предмета, о необходимых коррективах педагогического процесса). Тесты используются для осуществления контрольных функций.

11.2. Методические указания по организации самостоятельной работы.

Самостоятельная работа является одной из важнейших форм изучения любой дисциплины. Она позволяет систематизировать и углубить теоретические знания, закрепить умения и навыки, способствует развитию умений пользоваться научной и учебно-методической литературой. Познавательная деятельность в процессе самостоятельной работы требует от студента высокого уровня активности и самоорганизованности.

В учебном процессе выделяют два вида самостоятельной работы: аудиторная и внеаудиторная.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа студентов представляет собой логическое продолжение аудиторных занятий. Затраты времени на выполнение этой работы регламентируются рабочим учебным планом. Режим работы выбирает сам обучающийся в зависимости от своих способностей и конкретных условий.

Самостоятельная работа может осуществляться индивидуально или группами студентов в зависимости от цели, объема, конкретной тематики самостоятельной работы, уровня сложности, уровня умений студентов.

Самостоятельная работа включает в себя работу с конспектом лекций, изучение и конспектирование рекомендуемой литературы, проектирование и моделирование разных видов и компонентов профессиональной деятельности, консультации с преподавателем, научно-исследовательскую работу и др.

Контроль результатов внеаудиторной самостоятельной работы студентов может осуществляться в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия по дисциплине и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, может проходить в письменной, устной или смешанной форме.

Планируемые результаты обучения для формирования компетенции и критерии их оценивания

Дисциплина/модуль Численное моделирование физических полей
 Код, направление подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
 Направленность (профиль)/специализация Промышленная теплоэнергетика

| Код компетенции | Код, наименование ИДК | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|-----------------|---|--|--|--|--|--|
| | | | 1-2 | 3 | 4 | 5 |
| УК-1 | УК-1.2. Систематизирует и критически анализирует информацию, полученную из разных источников, в соответствии с требованиями и условиями задачи | Знать: З1 основы численных методов моделирования поля и их виды | Не может назвать математические и физические основания, лежащие в основе численных методов | Частично знает основы численных методов моделирования поля и их виды | Знает базовые основы численных методов моделирования полей | Свободно ориентируется в численных методах, может перечислить и пояснить их суть |
| | | Уметь: У1 выполнять преобразование дифференциальных уравнений, описывающих физическое поле, в разностные соотношения для построения последующих алгоритмов | Не умеет преобразовать дифференциальные уравнения в разностные соотношения | Может выполнить преобразование простейших преобразований дифференциальных уравнений в разностные соотношения | Выполняет базовые преобразования дифференциальных уравнений в разностные соотношения | Выполняет преобразование дифференциальных уравнений в разностные соотношения. Может предложить варианты |
| | | Владеть: В1 навыками построения блок-схем алгоритмов расчета физических полей | Не имеет навыков построения блок-схем алгоритмов расчета физических полей | Может воспроизвести стандартные блок-схемы алгоритмов | Строит блок-схемы алгоритмов расчета полей. | Строит блок-схемы алгоритмов расчета полей. Может выбрать оптимальный вариант относительно заданных критериев. |

| Код компетенции | Код, наименование ИДК | Код и наименование результата обучения по дисциплине (модулю) | Критерии оценивания результатов обучения | | | |
|-----------------|---|---|--|---|--|--|
| | | | 1-2 | 3 | 4 | 5 |
| УК-2 | УК-2.1. Проводит анализ поставленной цели и формулирует совокупность взаимосвязанных задач, которые необходимо решить для ее достижения. | Знать: З1 принципы формирования модели задачи и корректного задания начальных и граничных условий | Не знает принципы формирования модели задачи и корректного задания начальных и граничных условий | Может перечислит принципы формирования модели задачи. Не знает принципы задания начальных и граничных условий | Знает базовые принципы формирования модели задачи и задания начальных и граничных условий | Знает принципы формирования модели задачи и задания начальных и граничных условий. Может показать важность правильного задания начальных и граничных условий для получения корректного решения |
| | | Уметь: У1 формировать модель в программной среде численного моделирования, в том числе систему взаимосвязанных моделей | Не умеет формировать модель в программной среде | Может сформировать геометрию модели, задать свойства | Формирует модель в программной среде численного моделирования для заданного типа задачи | Свободно формирует модель в программной среде численного моделирования, в том числе систему взаимосвязанных моделей |
| | | Владеть: В1 навыками построения численной модели физического поля, представления и анализа результатов, способами верификации результатов | Не владеет навыками построения численной модели физического поля, представления и анализа результатов, способами верификации результатов | Владеет навыками построения простейших моделей физического поля. Не может дать анализ результатов моделирования | Владеет базовыми навыками построения численной модели физического поля, представления и анализа результатов, способами верификации результатов | Свободно строит численные модели физического поля. Анализирует результаты моделирования и способен выполнить их верификацию |

КАРТА

обеспеченности дисциплины учебной и учебно-методической литературой

Дисциплина Численное моделирование физических полей

Код, направление подготовки/специальность 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль) Промышленная теплоэнергетика

| № п/п | Название учебного, учебно-методического издания, автор, издательство, вид издания, год издания | Количество экземпляров в БИК | Контингент обучающихся, использ | Обеспеченность обучающихся литературой, % | Наличие электронного варианта в ЭБС (+/-) |
|-------|---|------------------------------|---------------------------------|---|---|
| 1 | Волков, Е. А. Численные методы : учебное пособие для вузов / Е. А. Волков. — 6-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 252 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/167179 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 2 | Петрищев, И. О. Численные методы : учебно-методическое пособие / И. О. Петрищев, М. Г. Аббязова. — Ульяновск : УлГПУ им. И.Н. Ульянова, 2017. — 60 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/112098 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 3 | Слабнов, В. Д. Численные методы : учебник / В. Д. Слабнов. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 392 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/133925 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 4 | Дубков, М. В. Моделирование физических процессов в электромагнитных полях : учебное пособие / М. В. Дубков, И. Г. Веснов. — Рязань : РГРТУ, 2019. — 60 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168312 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 5 | Янов, С. И. Уравнения математической физики : учебно-методическое пособие / С. И. Янов. — Барнаул : АлтГПУ, 2019. — 81 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/139183 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 6 | Мустейкис, А. И. Численное решение задач теплопроводности : учебное пособие / А. И. Мустейкис, Л. П. Юнаков. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2018. — 41 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/122077 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 7 | Андреев, В. К. Математические модели механики сплошных сред : учебное пособие / В. К. Андреев. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 240 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/168854 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 8 | Белова, И. М. Теория поля. Математический анализ : учебно-методическое пособие / И. М. Белова, Т. А. Манаенкова, В. М. Кессельман. | ЭР | 30 | 100 | + |

| | | | | | |
|----|---|----|----|-----|---|
| | — Москва : РТУ МИРЭА, 2020. — 68 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/171438 | | | | |
| 9 | Охорзин, В. А. Прикладная математика в системе MATHCAD : учебное пособие / В. А. Охорзин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-0814-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/167771 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 10 | Солдаткин, А. В. Введение в метод конечных элементов : учебное пособие / А. В. Солдаткин, Е. С. Баранова. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2020. — 123 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/172238 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 11 | Каледин, В. О. Методы конечных и граничных элементов : учебное пособие / В. О. Каледин. — Новокузнецк : НФИ КемГУ, 2017. — 102 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169598 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 12 | Макаров, Е. Г. Метод конечных элементов в прочностных расчётах : учебное пособие / Е. Г. Макаров. — Санкт-Петербург : БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2017. — 136 с. — ISBN 978-5-906920-49-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/121830 | ЭР | 30 | 100 | + |
| 13 | Григорьев, А. Д. Электродинамика и микроволновая техника : учебник / А. Д. Григорьев. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 704 с. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/167679 | ЭР | 30 | 100 | + |

ЭР – электронный ресурс для автор. пользователей доступен через Электронный каталог/Электронную библиотеку ТИУ <http://webirbis.tsogu.ru/>

И.о. зав. кафедрой ФМД _____ К.Р. Муратов

« _____ » _____ 2021 г.

Директор БИК _____ Д.Х. Каюкова

« _____ » _____ 2021 г.

М.П. _____



Солдаткин А. В.

**Дополнения и изменения
к рабочей программе дисциплины (модуля)**

на 20_ - 20_ учебный год

В рабочую программу вносятся следующие дополнения (изменения):

Дополнения и изменения внес:

_____ (должность, ученое звание, степень) _____ (подпись) _____ (И.О. Фамилия)

Дополнения (изменения) в рабочую программу рассмотрены и одобрены на заседании кафедры

(наименование кафедры)

Протокол от « ____ » _____ 20__ г. № ____.

Заведующий кафедрой _____ И.О. Фамилия. _

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой/
Руководитель образовательной программы _____ И.О. Фамилия. _

« ____ » _____ 20__ г.

