

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Численное моделирование мультифизических процессов в ЭТУ

**Код модуля**  
1160262(1)

**Модуль**  
Научные исследования электротехнологических  
установок

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Смольянов Иван Александрович	к.т.н.	ст.преподаватель	Электротехника

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Ю.Д. Маева

**Авторы:**

- Смольянов Иван Александрович, ст.преподаватель, Электротехника

## 1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Численное моделирование мультифизических процессов в ЭТУ

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	4	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1

## 2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Численное моделирование мультифизических процессов в ЭТУ

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2 -Способен самостоятельно ставить, формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя методы моделирования и математического анализа	Д-1 - Проявлять ответственность и настойчивость в достижении цели З-2 - Характеризовать сферы применения и возможности пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности П-1 - Решать самостоятельно сформулированные практические задачи, относящиеся к профессиональной деятельности методами моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ	Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

	У-2 - Использовать методы моделирования и математического анализа, в том числе с использованием пакетов прикладных программ для решения задач профессиональной деятельности	
УК-6 -Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности, выстраивать траекторию профессионального и личностного развития, в том числе с использованием цифровых средств	Д-2 - Демонстрировать стремление к самосовершенствованию и личностному росту З-1 - Объяснять порядок и принципы планирования собственной профессиональной траектории с учетом тенденций развития рынка труда и общества и цифровых технологий П-1 - Разрабатывать программу своего профессионального и карьерного развития, в том числе с использованием цифровых средств У-1 - Оценивать личностные и профессиональные качества, особенности характера, определять направления личностного роста, прогнозировать развитие в профессиональной деятельности, используя методы самодиагностики и цифровые средства	Контрольная работа Экзамен
УК-1 -Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий, в том числе в цифровой среде	Д-1 - Демонстрировать аналитические способности и критическое мышление З-2 - Определять этапы разработки стратегии действий, в том числе в цифровой среде, и методы решения проблемных ситуаций П-2 - Использовать методы критического анализа и системного подхода в разработке стратегии действий для решения проблемных ситуаций, в том числе в цифровой среде	Контрольная работа Практические/семинарские занятия Экзамен

	У-2 - Обосновывать выбор стратегии для достижения поставленной цели, в том числе в цифровой среде, с учетом ограничений, рисков и моделируемых результатов	
ПК-1 -Способен планировать и ставить задачи исследования, самостоятельно выполнять исследования, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, выбирать методы экспериментальной работы, моделировать работу электрооборудования, электротермические процессы и установки на базе стандартных пакетов прикладных программ (Электротехнологические процессы и установки с системами питания и управления)	З-8 - Изложить методы экспериментальной работы, стандартные пакеты прикладных программ для численного моделирования мультифизических процессов в ЭТУ П-1 - Иметь практический опыт моделирования процессов в ЭТУ с использованием пакетов прикладных программ У-9 - Формулировать задачи для самостоятельно выполняемых исследований с применением численного моделирования мультифизических процессов в ЭТУ	Контрольная работа Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.60</b>		
<b>Текущая аттестация на лекциях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>работа на занятиях</i>	3,17	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		

<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.40</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>работа на занятиях</i>	3,17	40
<i>контрольная работа</i>	3,15	60
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– <b>1.00</b>		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– <b>нет</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– <b>0.00</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям - <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – <b>нет</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – <b>не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям - <b>не предусмотрено</b>		
Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – <b>нет</b> Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – <b>не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– <b>не предусмотрено</b>		
Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – <b>не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

**Критерии оценивания учебных достижений обучающихся**

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

**Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням**

<b>Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)</b>				
<b>№ п/п</b>	<b>Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)</b>	<b>Шкала оценивания</b>		
		<b>Традиционная характеристика уровня</b>		<b>Качественная характеристика уровня</b>
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)

3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Расчет тепловых потерь в проводящей детали сложной формы
2. Расчет линейного двигателя
3. Расчет индукционной установки для сквозного нагрева
4. Расчет электромагнитного перемешивания
5. Численное моделирование конвекции
6. Численное моделирование кондукционного насоса

Примерные задания

Выбрать согласно варианту тип детали и нарисовать его геометрию в программе Comsol.

Провести анализ растекания тока по области детали при заданных электрических потенциалах на поверхностях детали.

Провести тепловой расчет детали.

Изменить частоту питания источника и сделать выводы об изменении поведения токов и распределении температурного поля.

Предложить варианты повышения эффективности технологии нагрева

Создать двухмерную численную модель линейного асинхронного двигателя.

Построить статические характеристики двигателя (механическая характеристика, КПД, коэффициент мощности, токи индуктора, напряжения)

Построить динамическую характеристику двигателя (механическая характеристика, КПД, коэффициент мощности, токи индуктора, напряжения)

Рассчитать тепловые потери в основных частях двигателя

Вычислить температуры основных частей двигателя и исследовать как изменение температуры влияет на статические характеристики.

Рассмотреть возможности реализации подвижной сетки для расчета характеристик



электродвигателей.

Создать трехмерную численную модель ЛАД.

Построить плотность тока во ВЭ. Оценить влияние третьей компоненты на результаты.

Создать численную модель индукционного нагревателя.

Провести анализ распределения температуры в заготовках без системы управления.

Провести анализ влияния типа сплава титана на равномерность нагрева. Сравнить с другими металлами

Создать двухмерную осе-симметричную модель электромагнитного перемешивателя с трехфазным питанием. Оценить влияние ГУ, моделирующего свободную поверхность (Open Boundary и Slip) Провести анализ чувствительности сетки на значения скорости. Провести расчеты на различных моделях турбулентности. Привести картины поля для различных схем питания индуктора. Провести численный анализ поля скорости в трехмерной постановке задачи.

Разработать численную модель переноса тепла за счет конвекции в кювете с заданной разницей температуры между стенок.

Провести расчеты на разной сетке

Провести анализ поля скоростей для различных чисел Прандтля

Создать трехмерную модель кондукционного насоса.

Рассмотреть три способа моделировать кондукционный насос.

Построить поле скорости и давления для каждого из способов.

LMS-платформа – не предусмотрена

## **5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля**

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### **Базовый**

#### **5.2.1. Контрольная работа**

Примерный перечень тем

1. Реализация модели, содержащей температурное и магнитное поля с однонаправленной и двухнаправленной связью между ним.

2. Численная модель взаимодействия гидродинамического поля с электромагнитным.

Примерные задания

Рассчитать процесс нагрева титановой цилиндрической заготовки с помощью индукционного нагревателя.

Вводные данные:

$N = 54$  витка индуктора

$L_{\text{billet}} = 700$

$R_1 = 137.5 \text{ mm}$

$R_2 = 172.5 \text{ mm}$

$R_5 = 152.5$

$R_4 = R_3 = 205 \text{ mm}$

$A = 16 \text{ mm}$

$B = 20 \text{ mm}$

$d = 2 \text{ mm}$

$L_{\text{ind}} = 1050 \text{ mm}$

$f = 100\text{-}300 \text{ Hz}$

$L_s = 20 \text{ mm}$

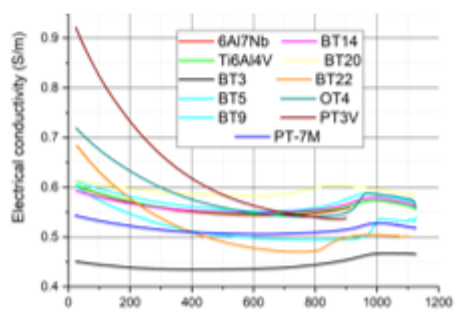
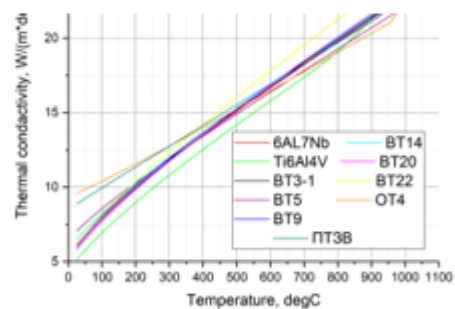
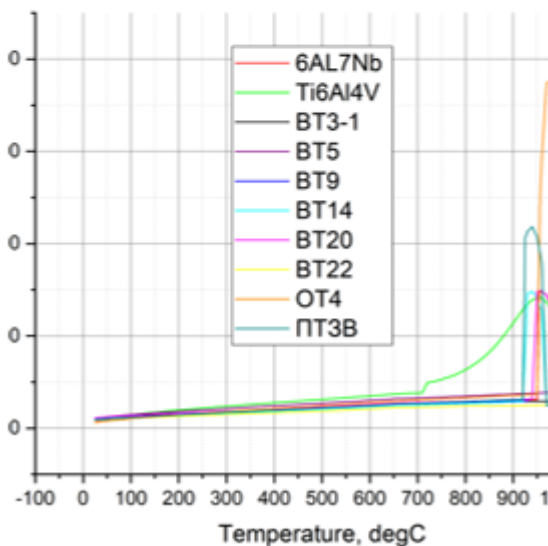
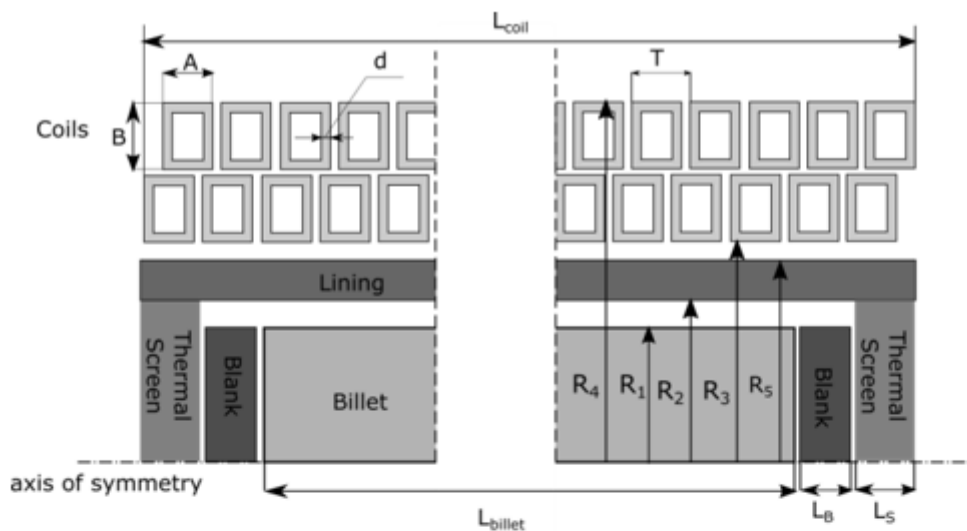
$L_b = 40 \text{ mm}$

$T = (L_{\text{coil}} N \cdot A) / (N - 1)$

Материалы деталей:

- Катушки – медь
- Футеровка – асбеста бетон
- Тепловой экран – каолиновая вата
- Заготовка: Титан разных типов
- Болванка - Титан

Нелинейные свойства изображены на рисунке



LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Определение мультифизических процессов. Приоритет явлений. Критерии оценки численных мультифизических моделей.
2. Особенности мультифизических процессов в ЭТУ.
3. Программные среды разработки мультифизических процессов. Их преимущества и недостатки
4. Основные физические величины и свойства, участвующие в мультифизических процессах в ЭТУ.

5. Физические явления в которых необходимо участвовать взаимодействие физических полей различной природы.
6. Объяснить мультифизическую связь “в одном направлении”. Привести примеры ее реализации для установок ЭТУ.
7. Объяснить мультифизическую связь “в обоих направлениях”. Привести примеры ее реализации для установок ЭТУ.
8. Основные моменты реализации мультифизических связей в Comsol Multiphysics.
9. Подходы к расчету электромагнитных сил в задачах магнитной гидродинамики.
10. Реализация мультифизических задач магнитной гидродинамики в среде Comsol Multiphysics.
11. Особенности ГУ в задачах МГД для ЭТУ приложений.  
LMS-платформа – не предусмотрена

#### **5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.