

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
2022 г.



ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по научной специальности
2.4.4 – «Электротехнология и электрофизика»

Екатеринбург

2022

	Содержание	Стр.
1. Назначение и область применения		3
2. Содержание программы		3
3. Вопросы для вступительного испытания		4
4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру		5
5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная).....		6
6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы		8
Лист согласования.....		9

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по научной специальности 2.4.4 – «Электротехнология и электрофизика».

Предназначена для организации и проведения вступительных испытаний в аспирантуру по научной специальности 2.4.4 – «Электротехнология и электрофизика».

2. Содержание программы

Теория электротехнологических процессов и конструкция электротехнологических установок

Физические явления, лежащие в основе функционирования электротехнологических установок. Основные понятия и закономерности передачи электромагнитной энергии в сложные среды, преобразования электрической и магнитной энергии в веществах. Основы теплопередачи и процессов массопереноса. Классификация электротехнологических установок по видам преобразования энергии: электротермические, электрохимические и электрофизические (электрохимические, электрокинетические, электроимпульсные).

Основные виды электронагрева: индукционные, дуговой, плазменный, прямой нагрев. Понятие о электроннолучевом, ионном и лазерном видах нагрева. Понятие о процессах и оборудовании для электрической сварки.

Основные конструктивные исполнения и характеристики электрических печей сопротивления и установок прямого нагрева, дуговых электропечей, индукционных плавильных установок, установок индукционного и диэлектрического нагрева материалов. Характеристики специальных материалов для электрических печей.

Магнитогидродинамические процессы в металлургии. Основные МГД-установки: кондукционные и индукционные насосы, устройства электромагнитного перемешивания расплава в печах и кристаллизаторах.

Процессы, оборудование и источники питания электролизных установок. Электрофизикохимические методы обработки материалов: электроэрозионные методы размерной обработки материалов, ультразвуковые методы, магнитоимпульсная обработка с целью пластической деформации, электромагнитные методы сепарации материалов.

Электротехнологические методы и установки экологического назначения.

Материалы, применяемые при создании электротехнологических установок: жаропрочные, жаростойкие, теплоизоляционные, электроизоляционные материалы, материалы для нагревательных элементов.

Проектирование и математическое моделирование процессов в электротехнологических установках

Математические модели (эквивалентные схемы замещения, параметры схем замещения, основные уравнения, полевые модели) и методы анализа и синтеза электротехнологических установок. Математическое описание и моделирование взаимосвязанных физических процессов (электромагнитных, тепловых, гидродинамических) в электротермических установках. Методы расчета электромагнитных, тепловых и гидродинамических процессов.

Основные подходы и методы проектирования электротехнологических установок.

Электроснабжение и оборудование электротехнологических установок

Преобразователи параметров электрической энергии для питания электротехнологических установок: системы электропитания промышленной частоты (специальные трансформаторы и трансформаторные агрегаты, устройства симметрирования

мощности при питании мощных однофазных электротехнологических установок), выпрямительные агрегаты, преобразователи частоты.

Двухзвенные преобразователи частоты с автономным инвертором напряжения (АИН) и автономным инвертором тока (АИТ). Анализ электромагнитных процессов. Основные свойства преобразователей, сравнительный анализ. Влияние преобразователей на питающую сеть, способы улучшения электромагнитной совместимости полупроводниковых преобразователей с питающей сетью.

Принципы и системы автоматического управления электротехнологическими установками и комплексами. Понятие о структурном и параметрическом синтезе электротехнологических комплексов и систем.

3. Вопросы для вступительного испытания

1. Электронагрев. Тенденции развития. Основные преимущества. Первичная и вторичная энергия. Полный КПД процесса. Основные виды электронагрева. Области применения.
2. Способы передачи теплоты. Количественные характеристики переноса теплоты. Температурное поле.
3. Теплопередача излучением. Механизм передачи тепла. Лучистый теплообмен. Теплообмен излучением между твёрдыми телами. Взаимная поверхность излучения. Частные случаи.
4. Уравнения теплопроводности и общем виде. Переход к одномерной стационарной задаче. Уравнение теплопроводности для плоской и цилиндрической стенки при стационарном режиме.
5. Уравнение теплопроводности. Численные методы расчета температур в двумерной области.
6. Конвективный теплообмен. Единственная и вынужденная конвекция. Коэффициент теплоотдачи. Термическое сопротивление теплоотдачи.
7. Тепловой расчет электротехнологических установок с помощью эквивалентных тепловых схем.
8. Основные типы электрических печей сопротивления периодического и непрерывного действия. Конструкции, рабочие температуры, применяемые нагревательные элементы, среда в рабочем пространстве, напряжения, мощности. Назначение муфеля.
9. Электropечи с контролируемыми атмосферами. Группы процессов, связанных с нагревом металла, при которых целесообразно применение контролируемых атмосфер (термическая обработка изделий, химико-термическая обработка изделий, специальные технологические процессы); основные контролируемые атмосферы, области их применения.
10. Индукционный нагрев. Принцип действия, процессы при индукционном нагреве стали. Схема замещения индуктора. Электрические и энергетические параметры индуктора для индукционного нагрева. Энергетическая диаграмма индукционной электротехнологической установки.
11. Классификация и область применения индукционных канальных печей (ИКП) и индукционных тигельных печей (ИТП). Принцип действия и назначение. Особенности плавки различных металлов и сплавов.
12. Основные и конструктивные элементы индукционной канальной печи (ИКП) и индукционной тигельной печи (ИТП). Достоинства и недостатки. Циркуляция металла. Расчет тепловой энергии, необходимой для расплавления металла (с использованием теплоемкости, скрытой теплоты плавления, теплосодержания, энтальпии). Производительность. Коэффициент полезного действия. Расчет мощности.
13. Уравнения токов и электрического состояния индукционных канальных печей (ИКП). Схема замещения и векторная диаграмма ИКП.
14. Расчет частоты питающей сети для индукционной тигельной печи (ИТП). Выбор преобразователя частоты и электропечного трансформатора для ИТП.
15. Принципы симметрирования однофазных электротехнологических установок (симметрирующая схема Штейнмеца, симметрирующая схема с реактором-делителем), работа симметрирующих

устройств при переменной нагрузке.

16. Назначение и виды компенсаций реактивной мощности (продольная, поперечная). Особенности компенсации реактивной мощности электротехнологических установок.

17. Устройство электромагнитного воздействия на жидкие металлы (насосы, дозаторы, желоба, устройства электромагнитного перемешивания жидких металлов).

18. Диэлектрический нагрев. Принцип действия. Области применения.

19. Численные методы расчета электромагнитных полей. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов.

20. Вектор Пойтинга в металлическом полупространстве. Активные и реактивные мощности.

21. Сопротивление шины и двухслойного проводника переменного тока.

22. Классификация и назначение дуговых печей. Дуговые сталеплавильные печи (ДСП), область их применения (основной и кислый процессы). Основные конструктивные элементы ДСП. Короткая сеть дуговой сталеплавильной печи.

23. Рудно-термическая печь. Принцип действия. Особенности конструкции. Короткая сеть рудно-термической печи. Особенности печных подстанций и коротких сетей рудно-термической печи. Конструкция вакуумных дуговых печей с расходуемым электродом. Кристаллизаторы. Рабочий процесс.

24. Электрошлаковые процессы: электрошлаковая плавка, наплавка, сварка.

25. Электролиз алюминия и меди.

26. Электрические методы в системах пылегазоочистки.

27. Электрические и магнитные методы для обработки водных систем.

28. Электрические и магнитные методы сепарации сыпучих материалов.

29. Типы регуляторов, используемых в системе управления электрических печей сопротивления. Их влияние на показатели качества процессов.

30. Трехфазные неуправляемые выпрямители с активной и активно-индуктивной нагрузками. Схемы, основные соотношения, временные диаграммы.

31. Управляемые трехфазные выпрямители. Схемы, принцип работы, временные диаграммы.

32. Автономный инвертор напряжения. Схема, принцип работы, временные диаграммы. Согласование параметров нагрузки с инвертором.

33. Автономный инвертор тока. Схема, принцип работы, временные диаграммы. Согласование параметров нагрузочного силового колебательного контура с инвертором.

34. Автономный резонансный инвертор без диодов встречного тока. Схема, принцип работы, временные диаграммы.

35. Автономный резонансный инвертор с диодами встречного тока. Схема, режимы работы, временные диаграммы.

36. Электромагнитная совместимость. Причины возникновения, влияние на работу электроприемников, меры по снижению несинусоидальности напряжения.

4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по научной специальности 2.4.4. Электротехнология и электрофизика

Оценка ответов претендентов на поступление в аспирантуру по данному направлению производится по 100 балльной шкале и выставляется согласно критериям, приведенным в таблице.

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
80-100	1. Ответы на поставленные вопросы излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. 2. Демонстрируются глубокие знания по дисциплине. 3. Делаются обоснованные выводы. 4. Ответ самостоятельный. при ответе использованы знания, приобретённые ранее.
60-79	1. Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. 2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер. 3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия. 4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.
30-59	1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе. 2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины. 3. Имеются затруднения с выводами. 4. Определения и понятия даны не чётко.
0-29	1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине. 2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии. 3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.

5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная)

1. Электрические печи сопротивления. Теплопередача и расчеты / В.С. Чередниченко, А.С. Бородачев, В.Д. Артемьев. - Новосибирск: изд-во НГТУ. 2006. 624 с.
2. Электрические печи сопротивления. Конструкция и эксплуатация / В.С. Чередниченко, А.С. Бородачев, В.Д. Артемьев. - Новосибирск: изд-во НГТУ. 2006. 572 с.
3. Источники питания высокочастотных электротермических установок / А.С. Васильев, Г. Конрад, С.В. Дзалиев. - Новосибирск: изд-во НГТУ. 2006. 426 с.
4. Электроконтактный нагрев / А.И. Алиферов, С. Луки. - Новосибирск: изд-во НГТУ. 2004. 224 с.
5. Чередниченко В.С. Установки электрошлаковой металлургической технологии. - Новосибирск: изд-во НГТУ. 2007. 408 с.
6. Плазменные электротехнологические установки / под ред. В.С. Чередниченко. - Новосибирск: изд-во НГТУ. 2005. 508 с.
7. Коняев А.Ю. Электротехнологические методы и установки природоохранных технологий. - Екатеринбург, УГТУ-УПИ. 2007. 101с.

8. Методы конечных элементов и конечных разностей в электромеханике и электротехнологии / Ф.Н. Сарапулов, С.Ф. Сарапулов, О.Ю. Сидоров. - М.: Энергоатомиздат. 2010. 331 с.
9. Структурное моделирование электротехнологических систем и механизмов / В.А.Иванушкин, Ф.Н. Сарапулов, В.Н. Кржеуров, Д.В. Исаков. - Н.Тагил: НТИ(ф) УГТУ-УПИ. 2007. 393 с.
10. Структурное моделирование тепловых процессов в электротермических установках: учебное пособие / В.В. Гоман, С.М. Мезенин, В.А. Прахт, С. Ф. Сарапулов [и др.]; под общ. ред. Ф.Н. Сарапулова. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2009. 343 с.
11. Моделирование тепловых и электромагнитных процессов в электротехнических установках. Программа Comsol / под ред. Ф.Н. Сарапулова. - М.: изд-во Спутник.2011. 158 с.
12. Математическое моделирование электромеханических установок в среде Comsol Multiphysics: учебно-методическое пособие / И.А. Смольянов, Ф.Н. Сарапулов, С.Ф. Сарапулов [и др.]; под общ. ред. Ф.Н. Сарапулова; М-во науки и высш. образования РФ. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2021. 255 с.
13. Электродинамические сепараторы с бегущим магнитным полем: основы теории и расчета / А.Ю. Коняев, И.А. Коняев, Н.М. Маркин, С.Л. Назаров. - Екатеринбург: УрФУ. 2012. 104 с.
14. Болотов А.В., Шепель Г.А. Электротермические установки. - Алма-Ата.: «Мектеп».1983.335 с.
15. Электротехнологические промышленные установки / Евтюкова И.П. др. - М.: Энергоиздат. 1982. 400 с.
16. Электрические промышленные печи. Дуговые печи и установки специального нагрева. / Свенчанский А.Д., Жердев И.Т., Кручинин А.М. и др. Учебник для вузов. - М. Энергоиздат. 1981.
17. Васильев А.С., Гуревич С.Г., Иоффе И.С. Источники питания электротермических установок. - М.: Энергоатомиздат. 1985.
18. Установки индукционного нагрева / Под ред. А.С. Соухоцкого. - Л.: Энергоиздат. 1981. 328 с.
19. Автоматическое управление электротермическими установками / А.М. Кручинин, А.М. Миронов, К.М. Махмудов, В.П. Рубцов, А.Д. Свенчанский. - М.: Энергоатомиздат. 1986. 416 с.
20. Кувалдин А.Б. Индукционный нагрев ферромагнитной стали. - М.: Энергоатомиздат. 1988. 200 с.
21. Общепромышленные электропечи периодического действия / А.В. Арендарчук, А.С. Бородачев, В.И. Филиппов. - М.: Энергоатомиздат. 1990. 232 с.
22. Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Том 2. / Под ред. В.Е. Фортова. (раздел «Генераторы низкотемпературной плазмы», авт. С.В. Древсин, стр. 280)
23. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. -М.: Энергоатомиздат. 1984. 124 с.
24. Вольдек А.И. Индукционные магнитогидродинамические машины с жидкометаллическим рабочим телом. - Л.: Энергия. 1970. 272 с.
25. Веселовский О.Н., Коняев А.Ю., Сарапулов Ф.Н. Линейные асинхронные двигатели.- М.: Энергоатомиздат. 1991.256 с.

26. Преобразователи числа фаз в электротехнологии: учебное пособие / Назаров С.Л.,
Удинцев В.Н., Бычков С.А. [и др.]; М-во науки и высш. Образования РФ. –
Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2019. 196 с.
27. Обмотки индукционных машин вращательного и поступательного движения / С.А.
Бычков, С.Л. Назаров, Ф.Е. Тарасов, В.Э. Фризен – Екатеринбург: УрФУ, 2017. 80 с.

6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы

www.siemens.ru – сайт ООО Сименс в России

www.abb.ru - сайт АБВ в России

www.schneider-electric.ru – сайт Шнейдер Электрик


Программу вступительного испытания в аспирантуру по научной специальности 2.4.4.
«Электротехнология и электрофизика» разработали:

Зав. кафедрой "Электротехника", доцент, д.т.н. _____ (Фризен В.Э.)
(подпись)

Профессор кафедры "Электротехника", проф, д.т.н. _____ (Сарапулов Ф.Н.)
(подпись)

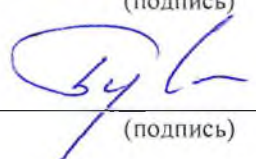
Лист согласования

Директор УралЭНИИ
(название института)


(подпись)

(Сарапулов С.Ф.)

Начальник ОПНПК


(подпись)

(Бутрина Е.А.)