

«УТВЕРЖДАЮ»



Проректор по науке

В.В. Кружаев

03

2014г.

ПРОГРАММА

вступительных испытаний в аспирантуру по направлению подготовки

14.06.01 - Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие

технологии

Содержание	Стр.
1. Назначение и область применения.....	3
2. Содержание программы	3
3. Вопросы для вступительного испытания	10
4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру.....	13
по направлению подготовки 14.06.01 –«Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии»	13
5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная).....	14
Основная литература.....	14
6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы	17

1. Назначение и область применения

Программа определяет требования к содержанию вступительных испытаний в аспирантуру по направлению 14.06.01 «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии».

Программа предназначена для сдачи экзамена по специальности поступающих в аспирантуру по направлению подготовки 14.06.01 «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии».

2. Содержание программы

1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Основные понятия и исходные положения термодинамики. Предмет и метод термодинамики. Термодинамическая система. Основные термодинамические параметры состояния. Уравнение состояния. Термодинамический процесс.

Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Работа расширения. Теплота. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. Теплоемкость газов. Энтальпия.

Второй закон термодинамики. Энтропия. Общая формулировка второго закона. Прямой цикл Карно. Обобщенный регенеративный цикл Карно. Обратный цикл Карно. Изменение энтропии в необратимых процессах. Статистическое толкование второго начала термодинамики. Максимальная работа. Эксергия.

Основные термодинамические процессы в газах, парах и их смесях. Термодинамические процессы идеальных газов в закрытых системах. Термодинамические процессы реальных газов. Смеси идеальных газов. Влажный воздух.

Особенности термодинамики открытых систем. Уравнение первого закона термодинамики для потока. Истечение из суживающегося сопла. Основные закономерности течения газа в соплах и диффузорах. Расчет процесса истечения с помощью h , s -диаграммы. Дросселирование газов и паров. Термодинамический анализ процессов в компрессорах. Эксергия потока рабочего тела.

Циклы теплосиловых установок. Термодинамическая эффективность циклов теплосиловых установок. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Цикл газотурбинной установки. Циклы паротурбинных установок. Парогазовый цикл.

2. ОСНОВЫ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА

Основные понятия и определения. Способы передачи теплоты. Количественные характеристики переноса теплоты. Понятие о массопереносе.

Теплопроводность. Основной закон теплопроводности. Коэффициент теплопроводности. Перенос теплоты теплопроводностью при стационарном режиме.

Конвективный теплообмен (теплоотдача). Основной закон конвективного теплообмена. Понятие о гидродинамическом и тепловом пограничных слоях. Дифференциальные уравнения конвективного теплопереноса. Применение теории подобия при изучении процессов теплоотдачи. Понятие о методе анализа размерностей. Экспериментальный метод получения критериальных уравнений теплоотдачи. Аналогия процессов тепломассопереноса.

Расчетные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя. Теплоотдача при естественной конвекции. Теплоотдача при изменении агрегатного состояния вещества.

Теплообмен при кипении жидкости и при конденсации пара. Механизм парообразования при пузырьковом кипении. Теплоотдача при пленочном кипении. Режимы течения, структура двухфазного потока и теплоотдача при кипении в трубах. Теплообмен при пленочной конденсации пара.

Лучистый теплообмен. Описание процесса и основные определения. Основные законы лучистого теплообмена. Теплообмен излучением системы тел в прозрачной среде. Использование экранов для защиты от излучения. Излучение газов.

Теплопередача. Сложный теплообмен. Теплопередача между двумя жидкостями через разделяющую их стенку. Интенсификация теплопередачи. Тепловая изоляция.

Теплопроводность при нестационарном режиме (нагревание и охлаждение тел). Аналитическое решение нестационарных задач теплопроводности. Численные методы решения задач теплопроводности.

Основы теплового расчета теплообменных аппаратов. Типы теплообменных аппаратов. Расчетные уравнения. Виды теплового расчета теплообменников.

3. ЯДЕРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Физические основы функционирования ядерных энергетических реакторов. Реакция деления ядер. Запаздывающие и мгновенные нейтроны. Коэффициент размножения нейтронов, реактивность. Время жизни нейтронов. Период разгона реактора. Подкритическое, критическое и надкритическое состояния реактора.

Активная зона, отражатель, ядерное горючее. Эффекты и коэффициенты реактивности. Температурный, мощностной, паровой эффекты реактивности. Отравление реактора ксеноном и самарием. Выгорание и воспроизводство ядерного топлива. Способы и органы регулирования реактивности. Кампания топлива, перегрузки.

Принципы обеспечения безопасности ЯЭУ. Пуск реактора, работа на мощности, останов. Автоматическое регулирование мощности. Аварийная защита реактора. Саморегулирование реактора. Системы аварийного охлаждения реакторов. Системы локализации аварий. Стратегия глубоко эшелонированной защиты. Уровни задержки выхода радиоактивности в окружающую среду. Пассивные системы безопасности. Внутренне присущая активной зоне безопасность, основанная на законах природы. Естественная безопасность реакторов и ядерного топливного цикла.

Конструкции и теплофизические особенности ядерных энергетических реакторов. Одноконтурные, двухконтурные и трехконтурные схемы АЭС. Конструкции и теплофизические особенности атомных реакторов PWR, BWR, РБМК, HTGR, AGR, CANDU. Быстрые реакторы. Внутриконтурные устройства ЯЭУ. Математическое моделирование и исследование кинематики, динамики и прочности корпусных конструкций ЯЭУ, агрегатов и их систем. Методы выбора обоснования и контроля качества конструкционных материалов ядерной техники. Образцы-свидетели корпусной стали. Принцип естественной циркуляции теплоносителя в кипящих реакторах. Биологическая защита ЯЭУ. Барьеры безопасности. Коэффициент использования установленной мощности. Конструкции ТВС для различных типов ЯЭР. Картограмма загрузки активной зоны ЯЭУ. Перегрузка топлива. Техническое обслуживание и ремонт оборудования АЭС. Управление ресурсом, продление срока службы корпусных конструкций, машин, агрегатов и их систем. Снятие с эксплуатации. Обращение с РАО и захоронение.

Ионизирующее излучение (ИИ). Виды ионизирующих излучений. Поглощенная, экспозиционная, эквивалентная дозы ИИ. Коэффициент качества ИИ. Биологическое действие ионизирующего излучения. Соматический, соматико-стохастический и генетический эффекты облучения. Методы регистрации и дозиметрии ионизирующих излучений. Методы регистрации нейтронов. Линейный и массовый пробег частицы в веществе. Слой половинного ослабления. Кратность ослабления. Нормы радиационной безопасности. Категории облучаемых лиц. Планируемое повышенное облучение. Расчет защиты от ИИ. Радиоактивные аэрозоли и газы на АЭС. Приборы дозиметрического и специального технологического контроля на АЭС.

4. ТЕПЛОВАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Виды и характеристики топлива. Что такое топливо. Состав и основные характеристики твердого топлива. Состав и основные характеристики газообразного топлива. Теплота сгорания топлива. Условное топливо. Приведенные характеристики. Классификация топлив.

Расчеты процессов горения твердого, жидкого и газообразного топлива. Количество воздуха, необходимого для горения. Теплота «сгорания» воздуха. Объемы и состав продуктов сгорания. Энтальпия продуктов сгорания.

Основы теории горения и организация сжигания топлив в промышленных условиях. Топочные устройства. Основы расчета и основные параметры топочных устройств. Кинетика гомогенных реакций горения газа. Самовоспламенение и зажигание горючей смеси. Нормальное пламя. Турбулентное пламя. Детонация. Диффузионное пламя. Горелки и топочные устройства для сжигания газообразного топлива и газообразных отходов производства. Форсунки и топки для жидкого топлива. Закономерности гетерогенного горения. Способы сжигания твердого топлива и твердых отходов производства.

Котельная установка. Общие сведения. Паровой котел и его основные элементы. Тепловой баланс парового котла. Коэффициент полезного действия. Тепловой и аэродинамический расчеты котла. Гидродинамика пароводяного тракта.

Основные требования к конструированию котельных агрегатов. Особенности топочных устройств котлов. Внутрикотловые процессы. Коррозия поверхностей нагрева. Поверхности нагрева котла и их расчет. Конструкция современных паровых котлов.

Вспомогательное оборудование и вопросы эксплуатации котельной установки. Вспомогательные устройства котельной установки. Автоматизация работы котельных установок и защитные устройства. Особенности эксплуатации котельных установок. Охрана окружающей среды от вредных выбросов котельных агрегатов.

Паровые и газовые турбины. Тепловой процесс в турбинной ступени. Основные соотношения и определения. Мощность и КПД турбины. Паровые турбины. Конденсационные устройства паровых турбин. Газотурбинные установки (ГТУ). Турборасширительные машины.

Двигатели внутреннего сгорания. Общие сведения и классификация двигателей внутреннего сгорания. Смесеобразование в ДВС. Техничко-экономические показатели ДВС. Тепловой баланс двигателя. Токсичность выхлопных газов ДВС.

Электрические станции. Общие сведения. Классификация тепловых электрических станций. Коэффициент полезного действия и тепловая схема паротурбинной конденсационной ТЭС (КЭС). Промышленные ТЭС. Электростанции с комбинированной выработкой теплоты и электрической энергии (ТЭЦ). Нагрузки ТЭС и технико-экономические показатели. Атомные электрические станции. Реакторы и парогенераторы АЭС. Технологические энергоносители АЭС. Водный режим, химический контроль и обработка воды на ТЭС и АЭС. Установки и системы водоподготовки в промышленности.

Основные понятия электроэнергетики. Энергетическая, электроэнергетическая система, электрическая сеть, система электроснабжения (в рамках развития, расширения, оперативного управления, обслуживания).

Электропередача, электромеханические преобразователи энергии (синхронные, асинхронные генераторы и двигатели), преобразователи электрической энергии (трансформаторы, автотрансформаторы, выпрямители, инверторы), неоднородность параметров электрической сети. Накопители энергии. Электрические станции. Коммутирующие узлы (распределительные устройства).

Режимы ЭС: нормальный, аварийный, послеаварийный, установившийся, переходный, квазистационарный, симметричный, несимметричный, несинусоидальный. Установившиеся (симметричные и несимметричные) и неуставившиеся (переходные) режимы. Базовые свойства ЭС – надёжность, экономичность, безопасность, экологичность. Частные свойства – устойчивость (статическая, статическая апериодическая, статическая колебательная, динамическая), неоднородность электрической сети.

Статические и динамические характеристики режимов. Показатели режимов: запас устойчивости, к.п.д., ударный ток, мощность короткого замыкания, пропускная способность линии и сети, натуральная мощность линии, коэффициент несимметрии, коэффициент несинусоидальности.

Физические основы процессов производства, передачи и распределения электроэнергии. Процессы преобразования первичных видов энергии в электрическую. Процессы преобразования энергии в электрических машинах и трансформаторах. Процессы в линиях при передаче эл. энергии.

Нормальные режимы и аварийные процессы эл. станций, ЛЭП, эл. сетей и энергосистем. Балансы активной и реактивной мощности. Регулирование частоты и потоков активной мощности. Регулирование напряжения. Электромагнитные переходные процессы. Электромеханические переходные процессы. Длительные переходные процессы. Режимы длинных линий электропередачи.

Моделирование аварийных процессов, нормальных режимов, основных свойств ЭС
Математические модели и схемы замещения элементов ЭЭС. Уравнения установившихся режимов и переходных процессов электростанций, ЭЭС, электрических сетей, систем

электроснабжения. Методы решения уравнений установившегося режима, переходных процессов, анализа устойчивости. Оптимизация нормальных режимов и переходных процессов. Критерии и методы.

Основные технические решения, конструкции в электроэнергетике. Электрические машины. Электрические аппараты. Воздушные и кабельные линии. Распределительные устройства.

Промышленная теплоэнергетика. Промышленные тепло- и массообменные аппараты и установки. Применение в промышленной теплоэнергетике.

Холодильные и криогенные установки. Промышленные холодильные установки и системы. Применение в промышленной теплоэнергетике

Компрессорные установки. Общие сведения. Особенности процессов в реальном компрессоре. Параметры компрессорной машины. Поршневые компрессоры. Преобразование энергии в ступени турбокомпрессора. Центробежные компрессоры. Осевые компрессоры. Вентиляторы.

Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Отопление. Вентиляция. Кондиционирование воздуха.

Системы теплоэнергоснабжения промышленных предприятий. Системы водоснабжения. Системы воздухообеспечения. Системы газоснабжения. Системы обеспечения продуктами разделения воздуха. Системы теплоснабжения.

Побочные энергоресурсы и основы энерготехнологического комбинирования. Общие положения об утилизации побочных энергоресурсов (ПЭР). Понятие об энерготехнологии. Энергоэффективность промышленных процессов. Основы безотходных и энергосберегающих технологий. Энергосбережение в энергетике, промышленности и металлургии.

5. ВОЗОБНОВЛЯЕМАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Ветроэнергетика. Быстроходность ВЭУ, коэффициент использования ветра, теория идеального ветроколеса. Ветроэнергетический кадастр. Классы ветроэнергетических установок. Основное энергетическое и вспомогательное оборудование ВЭУ. Расчет минимальной высоты башни ВЭУ. Расчет мощности ВЭУ.

Солнечная энергетика. Солнечная постоянная. Теория фотоэлектрических преобразователей. Конструкция ФЭП. Методы получения «солнечного» кремния. Гетероструктуры. Солнечные коллекторы. Солнечные концентраторы. Призмаконы. Солнечные электростанции.

стр. 9 из 19
Малая гидроэнергетика. Классификация малых ГЭС. Классификация гидротурбин. Деривационная и плотинная схемы создания напора; схемы мини ГЭС; понтонная, наплавная и другие типы мини ГЭС; Типы гидросилового оборудования; микро ГЭС в мире и в России. Основное и вспомогательное оборудование малых ГЭС.

Геотермальная энергетика. Типы геотермальных месторождений. Основное и вспомогательное оборудование геотермальных ЭС. Схемы отбора и использования геотермальной энергии. Характеристики оборудования геотермальных ТЭС в России. Типы геотермальных ТЭС; схемы их функционирования; оборудование геотермальных ТЭС.

Биогазовые установки. Роль биомасс в топливном балансе мира, Европы, России. Состояние и тенденции развития биореакторостроения. Схема функционирования БГУ. Основные элементы конструкции БГУ. Оборудование биореакторов для переработки супержидких субстратов: анаэробный контактный реактор с отстойником; анаэробный фильтр или фильтр Мак-Карти; реактор с неподвижно закрепленной пленкой; реактор с неподвижным слоем ила и поступлением сырья снизу (реактор Леттинги). Рециркулярный биореактор Андрухина Т.А.: обработка концентрированных вязких орг.отходов. Биореакторы многостадийной метангенерации. Транспортировка биоудобрений.

Тепловые насосы. Физические основы функционирования тепловых насосов. Источники низкопотенциального тепла для ТН. Устройство и классификация испарителей, конденсаторов и компрессоров ТН. Классификация хладагентов по температурам и давлению; международная классификация обозначений. Коэффициент эффективности теплового насоса. Международные модели применения ТН. Альтернативные однокомпонентные и многокомпонентные хладагенты. Хлорфторуглероды (ХФУ), гидрофторхлоруглероды (ГФХУ), гидрофторуглероды (ГФУ). Потенциал глобального потепления (GWP) и потенциал разрушения озона (ODP) хладагентов.

6. МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Методы экспериментального исследования процессов тепло- и массообмена. Методы моделирования. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, скорости, концентрации. Методы экспериментального исследования конвективного тепло- и массообмена. Оптимизация теплофизического эксперимента. Типовые статистические методы обработки опытных данных. Элементы планирования эксперимента. Системы автоматизации экспериментальных исследований.

3. Вопросы для вступительного испытания

1. Энергетические ресурсы и топливно-энергетический комплекс. Эффективность энергетического производства.
2. Теплотехнические измерения в теплоэнергетике. Контроль, регистрация и регулирование в теплоэнергетических системах.
3. Основные термодинамические параметры состояния, способы и единицы их измерения.
4. Основные газовые законы. Уравнение состояния идеального газа.
5. Уравнения и графики основных термодинамических процессов идеального газа.
6. Как вводится понятие «энтальпия» в термодинамике? Как изменяется энтальпия в процессе дросселирования?
7. Первый закон термодинамики и его записи через внутреннюю энергию и энтальпию.
8. Уравнение первого закона термодинамики для потока.
9. Что такое теплоемкость? Чему равна теплоемкость в адиабатическом процессе?
10. Соотношения между теплоемкостями идеального газа при $P=\text{const}$ и $V=\text{const}$.
11. Дайте одну из формулировок II закона термодинамики. Приведите его математическую запись.
12. Принцип работы вечных двигателей I-го и II-го рода.
13. Изобразить процесс сжатия газов в компрессоре в $P-V$ и $T-S$ координатах.
14. Что такое помпаж и как его избежать?
15. Для чего служат промежуточные и концевые холодильники в компрессоре?
16. В каких случаях и для чего применяется сопло Лаваля?
17. Цикл Карно и его КПД.
18. Цикл ГТУ. От чего зависит его КПД?
19. Цикл Ренкина на перегретом паре и его КПД.
20. Способы повышения эффективности использования топлива в цикле Ренкина.
21. Что такое цикл ПГУ? В чем его преимущества?
22. Основные способы распространения теплоты.
23. Основной закон теплопроводности – закон Фурье.
24. Что такое коэффициент теплопроводности, его размерность, от чего зависит его величина, где его взять для выполнения расчетов? Порядок величины коэффициента теплопроводности для различных веществ?
25. Виды конвекции и чем они отличаются?
26. Основное уравнение конвективного теплопереноса – уравнение Ньютона.
27. Что такое коэффициент теплоотдачи, его размерность, как его определить для выполнения расчетов?
28. От чего зависит коэффициент теплоотдачи конвекцией?
29. Что такое коэффициент теплопередачи и от чего он зависит?
30. Закон Стефана-Больцмана.
31. Как рассчитать тепловой поток теплопроводностью через плоскую стенку?

32. Как рассчитать тепловой поток через многослойную плоскую стенку?
33. Что такое термическое сопротивление? Рассчитайте термическое сопротивление теплопередачи через плоскую стенку.
34. Из чего складывается термическое сопротивление теплопередачи через многослойную стенку?
35. Понятие термического сопротивления теплоотдачи, теплопроводности и теплопередачи.
36. Теплообмен при кипении жидкости.
37. Теплообмен при конденсации пара.
38. Физические основы функционирования ядерных энергетических реакторов. Реакция деления ядер. Запавдывающие и мгновенные нейтроны. Коэффициент размножения нейтронов, реактивность.
39. Время жизни нейтронов. Период разгона реактора. Подкритическое, критическое и надкритическое состояния реактора.
40. Активная зона, отражатель, ядерное горючее. Эффекты и коэффициенты реактивности. Температурный, мощностной, паровой эффекты реактивности. Отравление реактора ксеноном и самарием. Выгорание и воспроизводство ядерного топлива.
41. Способы и органы регулирования реактивности. Кампания топлива, перегрузки.
42. Пуск реактора, работа на мощности, останов. Автоматическое регулирование мощности. Саморегулирование реактора.
43. Аварийная защита реактора.
44. Системы аварийного охлаждения реакторов.
45. Системы локализации аварий. Стратегия глубоко эшелонированной защиты. Уровни задержки выхода радиоактивности в окружающую среду.
46. Пассивные системы безопасности. Внутренне присущая активной зоне безопасность, основанная на законах природы. Естественная безопасность реакторов и ядерного топливного цикла.
47. Одноконтурные, двухконтурные и трехконтурные схемы АЭС. Конструкции и теплофизические особенности атомных реакторов PWR, BWR, РБМК, HTGR, AGR, CANDU.
48. Внутриконтурные устройства ЯЭУ. Образцы-свидетели корпусной стали. Принцип естественной циркуляции теплоносителя в кипящих реакторах.
49. Барьеры безопасности. Коэффициент использования установленной мощности. Конструкции ТВС для различных типов ЯЭР
50. Картограмма загрузки активной зоны ЯЭУ. Перегрузка топлива.
51. Виды ионизирующих излучений. Поглощенная, экспозиционная, эквивалентная дозы ИИ. Коэффициент качества ИИ. Биологическое действие ионизирующего излучения. Соматический, соматико-стохастический и генетический эффекты облучения
52. Методы регистрации и дозиметрии ионизирующих излучений. Методы регистрации нейтронов.
53. Линейный и массовый пробег частицы в веществе. Слой половинного ослабления.

Кратность ослабления.

стр. 12 из 19

54. Нормы радиационной безопасности. Категории облучаемых лиц. Планируемое повышенное облучение.
55. Радиоактивные аэрозоли и газы на АЭС. Приборы дозиметрического и специального технологического контроля на АЭС.
56. Промышленные энергоносители, их свойства и применение в процессах теплообмена.
57. Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена. Методы моделирования.
58. Теплофизический эксперимент и методы обработки опытных данных. Элементы планирования эксперимента. Системы автоматизации экспериментальных исследований.
59. Тепловой баланс котла. Примерные величины основных потерь.
60. КПД котла по прямому балансу.
61. КПД котла по обратному балансу.
62. Что такое располагаемая теплота топлива?
63. Теплота сгорания Q_n^p и Q_v^p . Как они определяются?
64. Что такое условное топливо?
65. Как рассчитывается энтальпия продуктов сгорания?
66. Как влияет коэффициент избытка воздуха на потери в котельном агрегате?
67. Как влияет коэффициент избытка воздуха на теоретическую температуру горения?
68. Как влияет нагрузка котла на потери в котельном агрегате?
69. Как влияет увеличение присосов воздуха по тракту топливоиспользующего устройства на коэффициент полезного действия агрегата?
70. Каковы концентрационные пределы распространения пламени для смеси природный газ-воздух?
71. От каких основных эксплуатационных параметров зависят удельные тепловые напряжения зеркала горения и объема топки?
72. За счет чего создается движущая сила естественной циркуляции?
73. Что такое кратность циркуляции?
74. Виды пароперегревателей по характеру тепловосприятия.
75. Способы регулирования температуры перегретого пара в паровых котлах.
76. Какие поверхности котла относят к низкотемпературным?
77. Способы, позволяющие снизить низкотемпературную коррозию воздухоподогревателей.
78. Перечислите вредные выбросы из котла и укажите методы их снижения.
79. К чему может привести погасание факела в топке котла?
80. Как повлияет на работу электрофильтра и циклона увеличение скорости дымовых газов?
81. Основные способы снижения концентрации оксидов азота в продуктах сгорания?
82. Реакторы и парогенераторы АЭС. Технологические энергоносители АЭС.
83. Водный режим, химический контроль и обработка воды на ТЭС и АЭС. Установки и системы водоподготовки в промышленности.

84. Паротурбинные установки. Применение в промышленной теплоэнергетике.
85. Газотурбинные и комбинированные установки. Применение в промышленной теплоэнергетике.
86. Насосы и тягодутьевые машины. Применение в промышленной теплоэнергетике.
87. Солнечные энергетические установки. Характеристики солнечного излучения. Солнечные фотоэлектрические преобразователи. Конструкция ФЭП. Методы получения «солнечного» кремния. Гетероструктуры. Солнечные коллекторы. Солнечные электрические станции.
88. Геотермальная энергетика. Тепловой режим земной коры. Месторождения геотермальных источников. Геотермальные электростанции.
89. Ветроэнергетика. Ресурсы ветровой энергии. Виды преобразователей ветровой энергии. Ветроэлектрические станции.
90. Малая гидроэнергетика. Классификация малых ГЭС и гидроагрегатов. Способы создания напора.
91. Промышленные тепло- и массообменные аппараты и установки. Применение в промышленной теплоэнергетике.
92. Промышленные холодильные установки и системы. Низкотемпературные и криогенные процессы и установки. Применение в промышленной теплоэнергетике.
93. Системы водоснабжения промышленных предприятий.
94. Системы воздухообеспечения промышленных предприятий.
95. Системы газоснабжения промышленных предприятий.
96. Энергетика и охрана окружающей среды в промышленной теплоэнергетике.

4. Критерии оценки знаний претендентов на поступление в аспирантуру по направлению подготовки 14.06.01 – «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии»

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

Критерии оценки ответов претендентов при поступлении в аспирантуру

Оценка	Критерии
Отлично	<ol style="list-style-type: none"> 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.
Хорошо	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ответы на поставленные вопросы излагаются

	<p>систематизировано и последовательно.</p> <p>2. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.</p> <p>3. Материал излагается уверенно, в основном правильно даны все определения и понятия.</p> <p>4. Допущены небольшие неточности при выводах и использовании терминов.</p>
Удовлетворительно	<p>1. Допускаются нарушения в последовательности изложения при ответе.</p> <p>2. Демонстрируются поверхностные знания дисциплины.</p> <p>3. Имеются затруднения с выводами.</p> <p>4. Определения и понятия даны не чётко.</p>
Неудовлетворительно	<p>1. Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определённой системы знаний по дисциплине.</p> <p>2. Не даны ответы на дополнительные вопросы комиссии.</p> <p>3. Допущены грубые ошибки в определениях и понятиях.</p>

5. Список рекомендуемой литературы (основная и дополнительная)

Основная литература

1. Дементьев Б.А. Ядерные энергетические реакторы: Учебное пособие/: Энергоиздат, 2001, 512 с.
2. Бойко В.И., Демянюк Д.Г. и др. Перспективные ядерные топливные циклы и реакторы нового поколения. Изд.ТПУ, 2005 г., 488 с.
3. Велькин В.И. Атомная энергетика мира. Состояние и перспективы. Учебное пособие //Изд. УГТУ-УПИ, 2010 г., 218 с.
4. Щеклеин С.Е. АЭС нового поколения с ядерными реакторами повышенной безопасности.- Екат.,УГТУ, 1998.- 92 с.
5. Щеклеин С.Е. Основное и вспомогательное оборудование атомных электростанций. Екат.,УГТУ. 1997.-36 с.
6. Велькин В.И. Микро- и мини- атомные реакторы в Мире и в России. Уч.пособ.Екатеринбург, УГТУ, 2000 г., 108 с.
7. Ташлыков О.Л. Кузнецов А.Г., Арефьев О.Н. Эксплуатация и ремонт ядерных паропроизводящих установок АЭС. Энергоатомиздат, 1995 г. 1-2 том.
8. Денисов В.П., Драгунов Ю.Г. Реакторные установки для атомных электростанций. М, ИздАТ, 2002, 478 с
9. Велькин В.И., Титов Г.П. Ядерный энергетический реактор ВВЭР 1000. Методические указания по теплогидравлическому расчету ЯЭУ, изд.УГТУ, Екатеринбург, 2006 г.,65 с.
10. Назмеев Ю.Г. Теплообменные аппараты ТЭС: учебное пособие для ВУЗов. М.: МЭИ, 2010.

11. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / стр. 15 из 19
О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев и др.; под ред. А.В. Клименко. – 2-е изд., стер. –
М.: МЭИ, 2011. 424 с.
12. Данилов О.Л., Мунц В.А. Использование вторичных энергетических ресурсов. –
Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 154 с.
13. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Основы энергосбережения. – Екатеринбург: Институт
энергосбережения, 2008. 526 с.
14. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. Ред.
А.В. Клименко, В.М. Зорина. – 3-е изд., перераб. – М.: МЭИ, 2004. 632 с.
15. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Энциклопедия энергосбережения. – Екатеринбург: Сократ,
2004. 368 с.
16. Сжатый воздух. Ю.В. Кузнецов, М. Ю. Кузнецов, А.А. Березий. Екатеринбург, УрО РАН,
2012. 554 с.
17. Л.Е. Стернин. Основы газовой динамики. М.: Вузовская книга, 2012. 332 с.
18. Делягин Г.Н. Теплогенерирующие установки: Учеб. для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп.
/ Г.Н. Делягин, В.И. Лебедев, Б.А. Пермяков, П.А. Хаванов – М.: ООО «ИД БАСТЕТ»,
2010. – 624 с.
19. Сканава А.Н. Отопление: Учебник для вузов / А.Н. Сканава, Л.М. Махов –
М.: Издательство АСВ, 2008. 576 с.
20. Ионин А.А. Газоснабжение: Учеб. для вузов. СПб.: Изд. «Лань», 2012. 448 с.
21. Скафтымов Н. А. Основы газоснабжения. Минск: Изд. ЭКОЛИТ, 2012. 344 с.
22. Основы проектирования и эксплуатации систем газораспределения и газопотребления:
Учебное пособие. / О. Б. Колибаба, В. Ф. Никишов, М. Ю. Ометова. – СПб.: Изд. «Лань»,
2013. 208 с.
23. Бармин И.В., Кунис И.Д. Сжиженный природный газ вчера, сегодня, завтра. / Под ред.
А.М. Архарова. М.: Изд. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 256 с.
24. Российская газовая энциклопедия. / Под ред. Р.И. Вяхирева. М.: Науч. изд. «Большая
Российская энциклопедия», 2004. 527 с.
25. Теплотехника : Учеб. для вузов / Под ред А.П. Баскакова , 3-е изд. перераб. / М.: ООО
«ИД «БАСТЕТ»». 2010. 328 с.
26. Теплообменники энергетических установок: учеб. для студентов вузов. / [К. Э. Аронсон,
С.Н.Блинков, В. И. Брезгин и др.]; под общ. ред. Ю. М. Бродова. - Изд. 2-е, испр. и доп. -
Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. 816 с.
27. Сапожников Б. Г. Тепломассообмен: учеб. пособие; науч. ред. В. С. Белоусов. -
Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2007. 188 с.
28. Парамонов А.М., Стариков А.П. Системы воздухообеспечения предприятий. СПб.: Лань,
2011. 160 с.
29. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии/ Учеб. для вузов / А.П. Баскаков,
В.А. Мунц М.: «ИД»БАСТЕТ», 2013. 356 с.

30. Щеклеин С.Е. Малые гидроэлектрические станции.// Екатеринбург, УПИ, 2003 г, 92 с. стр. 16 из 19
31. Васильев Ю.С., Безруких П.П., Елистратов В.В., Сидоренко Г.И. Оценки ресурсов возобновляемых источников в России. Санкт-Петербург, Изд. Политех. Университет, 2009, -251 с.
32. Елистратов В.В., Андреев А.Е., Бляшко Я.И., Кубышкин Л.И., Кудряшева И.Г. и др., Гидроэлектростанции малой мощности 2-е изд. / Учебное пособие. Под ред. В.В. Елистратова. СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2007.- 432с.
33. Велькин В.И. Энергоснабжение удаленного объекта на основе оптимизации кластера ВИЭ: монография / В. И.Велькин.– Екатеринбург: УрФУ, 2013. – 100 с.
34. Елистратов В.В., Акентьева Е.М., Борисенко М.М., Кобышева Н.В., Сидоренко Г.И., Стадник В.В. Климатические факторы возобновляемых источников энергии. СПб.: Наука, 2010. - 235с.: ил
35. НРБ 99/2009, ОСПОРБ-2010.
36. Блок В.М. Электрические сети и системы: Учебное пособие. – М.:ВШ, 1986.-430с.
37. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 592 с.
38. Электрические системы. Передача энергии переменным и постоянным током высокого напряжения./Под ред. В.А. Веникова. – М.:ВШ, 1971, т.3, 368с.
39. Ананичева С.С., Мызин А.Л. Схемы замещения и установившиеся режимы электрических сетей: Учебное пособие. – Свердловск, 1999. – 83 с.
40. Ананичева С.С., Мызин А.Л. Методы анализа и расчёта замкнутых электрических сетей: Учебное пособие . – Екатеринбург, 2001. – 107 с.

Дополнительная литература

1. Хзмалян Д.М. Теория топочных процессов: Учебное пособие для вузов. М.: Энергоатомиздат, 1990. 352 с.
2. Померанцев В.В. Основы практической теории горения. Л.: Энергия, 1973. 264 с.
3. Щеклеин С.Е. Человек. Энергия. Природа. Изд. УГТУ-УПИ, Екатеринбург, 1999.
4. Коптюг В.А. Конференция ООН по окружающей среде и развитию, июнь 1992 (аналитический обзор).
5. Баскаков А.П. и Щелоков Я.М.. Качество воды в системах отопления и ГВС. Изд. УГТУ-УПИ, 2001.
6. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. М.: Энергия, 1975.
7. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергия, 1975.
8. Стерман Л.С., Покровский В.Н. Физические и химические методы обработки воды на ТЭС: Учебник. М.: Энергоатомиздат, 1991. 232 с.

9. Кострикин Ю.М., Мещерский Н.А., Коровина О.В. Водоподготовка и водный режим энергообъектов низкого и среднего давления. Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1990. 254 с.
10. Ужов В.Н., Вальдберг А.Ю., Мягков В.И., Решидов И.К. Очистка промышленных газов от пыли. Москва, Химия, 1981 год.
11. Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов ТЭС, Москва, Энергоиздат, 1981 год.
12. Промышленные тепломассообменные процессы и установки. Бакластов А.М. и др.//Учебник для вузов по спец. «Промышленная теплоэнергетика». -М.: Энергоиздат, 1986. - 326 с.
13. Лебедев П.Д. Теплообменные, сушильные и холодильные установки. Учебник для студентов технических вузов. - 2-е изд., перераб.- М.: Энергия, 1972. 320 с.
14. Справочник по пыле- и золоулавливанию. / Под ред. Русанова. М.: 1978.
15. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий. Учебник. М.: Энергоатомиздат, 1988.
16. Сазанов Б.В., Ситас В.И. Теплоэнергетические системы промышленных предприятий. - М.: Энергоатомиздат, 1990. – 304 с.
17. Королев В.Н., Мамаев В.В. Тепломассообмен. Изд. УГЛТ, 2000.
18. Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты/ А.П. Воинов, В.А. Зайцев, Л.И. Куперман; под ред. Л.Н. Сидельковского. –М.: Энергоатомиздат, 1989, - 272 с.
19. Расчёты токов короткого замыкания для релейной защиты и системной автоматики в сетях 110-750 кВ. Руководящие указания по релейной защите/ВГПИИ и НИИ Энергосеть проект. М.: Энергия, 1979, Вып.2.
20. Справочник по проектированию подстанций 350-500 кВ./Под ред. С.С. Рокотяна и Я.С. Самойлова. – М. Энергоиздат, 1982.

6. Рекомендуемые Интернет-ресурсы

1. Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru/>
2. Российская Государственная библиотека <http://www.rsl.ru/>
3. Российская национальная библиотека <http://www.nlr.ru/>
4. Государственная публичная научно-техническая библиотека России <http://www.gpntb.ru/>
5. Публичная интернет-библиотека <http://www.public.ru/>
6. Студенческая библиотека <http://www.lib.students.ru/>
7. Научная библиотека Санкт-Петербургского Государственного Университета <http://www.lib.pu.ru/>
8. Научная электронная библиотека <http://www.eLIBRARY.ru/>

Программу вступительного испытания в аспирантуру по направлению подготовки 14.06.01 – «Ядерная, тепловая и возобновляемая энергетика и сопутствующие технологии» разработали:


Зав. каф. Атомных станций и возобновляемых источников энергии, д.т.н., проф.


(подпись) Щеклеин С.Е.

Зав. каф. Теплоэнергетики и теплотехники, д.т.н., проф.


(подпись) Мунц В.А.

Профессор каф. Тепловых электрических станций, д.т.н.


(подпись) Рыжков А.Ф.

Зав.каф. Автоматизированных электрических систем, д.т.н., проф.


(подпись) Паздерин А.В.

Зав. каф. Технической физики д. ф.-м. н., проф.


(подпись) Токманцев В.И.

Лист согласования


Директор УралЭНИН
(название института)



(подпись)

Бродов Ю.М.

Директор ФТИ
(название института)



(подпись)

Рычков В.Н.