

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КОЛЬСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»
(ФИЦ КНЦ РАН)

УТВЕРЖДАЮ

Заместитель генерального директора
ФИЦ КНЦ РАН по научной работе,
кандидат биологических наук



Е.А. Боровичев

15 марта 2022 г.

ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ

Образовательная программа высшего образования – программа подготовки
научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре
научная специальность – **2.4.5 Энергетические системы и комплексы**

Апатиты
2022

ВВЕДЕНИЕ

Программа предназначена для поступающих в аспирантуру ФИЦ КНЦ РАН по научной специальности 2.4.5 Энергетические системы и комплексы.

Поступающий должен показать знания программного содержания теоретических дисциплин, иметь представление о фундаментальных работах и публикациях периодической печати в избранной области, ориентироваться в проблематике дискуссий и критических взглядов ведущих ученых по затрагиваемым вопросам, уметь логично излагать материал, показать навыки владения исследовательским аппаратом применительно к области специализации и сфере деятельности.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СДАЧЕ ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА В АСПИРАНТУРУ

Поступающие в аспирантуру должны продемонстрировать:

- глубокие теоретические знания в области избранной научной дисциплины;
- достаточно полное представление об источниках, фундаментальных работах и последних достижениях науки в данной области;
- способность ориентироваться в дискуссионных проблемах избранной отрасли науки;
- способность владением понятийно-исследовательским аппаратом применительно к области специализации;
- умение логично, аргументировано излагать материал.

КРИТЕРИИ ЭКЗАМЕНАЦИОННОЙ ОЦЕНКИ

Оценка "отлично" ставится, если абитуриент:

- дает исчерпывающий ответ, демонстрирует знание альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, отечественного и зарубежного опыта;
- владеет современной нормативной базой, умеет раскрыть роль анализируемого явления в российской и мировой экономике;
- умеет аргументировать свою точку зрения, делать самостоятельные выводы и рекомендации;
- владеет научной терминологией и безошибочно раскрывает содержание используемых терминов, грамотно, литературно, логично излагает материал.

Оценка "хорошо" ставится, если абитуриент:

- дает полный ответ на поставленные вопросы, демонстрирует знание основных альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, отечественного и зарубежного опыта;
- владеет основными нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- умеет оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- умеет аргументировать ключевые положения ответа, делать самостоятельные выводы и рекомендации;

- в целом владеет научной терминологией, но в отдельных случаях не может раскрыть содержание используемых терминов, грамотно, логично излагает материал. Допускается 1-2 незначительные ошибки, фактические и/или смысловые.

Оценка "удовлетворительно" ставится, если абитуриент:

- дает недостаточно полный ответ, демонстрирует знание отдельных, не всегда наиболее важных альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, не имеет системных представлений об отечественном и зарубежном опыте;
- не владеет основными нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- испытывает серьезные затруднения при попытке оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- испытывает серьезные затруднения при попытках аргументировать ключевые положения ответа, сделать самостоятельные выводы и рекомендации;
- недостаточно владеет научной терминологией и часто испытывает затруднения при определении содержания используемых терминов;
- в целом способен логично изложить материал, однако допускает существенные ошибки с точки зрения логической последовательности.

Допускается не более 3-4 ошибок, фактических и/или смысловых.

Оценка "неудовлетворительно" ставится, если абитуриент:

- дает ответ, который носит фрагментарный характер, не знает альтернативных точек зрения по анализируемой проблеме, имеет поверхностные представления об отечественном и зарубежном опыте;
- не владеет нормативными материалами по анализируемой проблеме;
- не способен оценить значение анализируемого явления для российской и мировой экономики;
- не в состоянии аргументировать ключевые положения ответа, сделать самостоятельные выводы и рекомендации;
- не владеет научной терминологией, не способен определить содержание используемых терминов;
- не может логично изложить материал.

РАЗДЕЛЫ ДИСЦИПЛИНЫ, РАССМАТРИВАЕМЫЕ В ХОДЕ ИСПЫТАНИЯ

1. Энергетика в современном мире

Основные закономерности и тенденции развития энергетики и электрификации. Природные энергетические ресурсы мира и его основных регионов. Характеристики направлений их использования.

Главные особенности мирового энергетического баланса и развития электрификации по основным регионам. Особенности существующего состояния энергетики мира и перспективы ее развития в первой половине XXI века.

Состояние и направления совершенствования энергетического баланса и электрификации в России. Основные изменения в области производства и передачи

природных энергетических ресурсов, их переработки, потребления электрической и тепловой энергии, прямого расхода топлива.

Основные объективные тенденции развития энергетики и электрификации в России и за рубежом. Пропорции развития энергетики и электрификации, энерговооруженность труда. Структура конечного потребления энергии. Структура добычи, переработки, транспорта и использования энергетических ресурсов. Роль нетрадиционных видов энергии в энергетическом балансе, основные направления энергосбережения. Тенденция создания децентрализованных источников энергоснабжения, критерии эффективности.

Оптимизация структуры топливно-энергетического комплекса России и основных регионов; проблема выбора рациональных энергоносителей и направления ее решения. Методы оценки эффективности решений при взаимозаменяемости видов топлива и энергии. Энергетическая стратегия России до 2030 г.

Главные направления научно-технического прогресса в энергетике и электрификации и их эффективность, влияние региональных факторов. Особенности развития крупных систем и комплексов в электроэнергетической, газо-, тепло- и нефтеснабжающей отраслях, в ядерной энергетике и угольной промышленности. Создание энергетических комплексов.

Проблема экономии ресурсов и средств в энергетике. Главные технические пути решения проблемы. Использование возобновляемых источников энергии, потенциал энерго- и ресурсосбережения.

2. Комплексные проблемы энергетики

Основные проблемы развития энергетических систем и комплексов; принципы их построения и перспективы объединения в Единую электроэнергетическую систему. Характерные графики электрической и тепловой нагрузок; методы выбора топливной базы электростанций и энергетических комплексов в увязке с оптимизацией общего энергетического баланса страны; комплексный выбор структуры электрических мощностей, типы электрических станций и их размещение; схемы электрических связей (совместно с выбором общей схемы топливно-энергетических связей в стране). Показатели качества энергии.

Схемы энергоснабжения, их основные элементы, методы расчета. Особенности выбора комбинированной и раздельной схем энергоснабжения при использовании органического топлива, ядерного горючего и возобновляемых источников энергии; влияние на эти решения особенностей схем энергоснабжения и топливоснабжения. Теплофикационные, теплоснабжающие системы и методы выбора оптимальных параметров; энергетические балансы предприятий, основы нормирования расходов топлива, и энергии. Выбор схем энергоснабжения территориально-производственных комплексов, промышленных центров, крупных предприятий. Режимы и методы регулирования централизованного теплоснабжения при однородной и разнородной тепловой нагрузке. Совместная работа ТЭЦ и пиковых котельных.

Экологические проблемы энергетики Влияние энергетических объектов на окружающую среду. Виды воздействий и их последствия, методы оценки и нормативы. Технические возможности снижения вредных выбросов в атмосферу и почву. Новые технологии с минимальными выбросами вредностей в атмосферу, включая углекислый газ.

Энерготехнологические переработки сланцев и низкосортных углей. Перспективы использования технологии ЦКС для эффективного и экологически безопасного сжигания твердых топлив. Традиционные и нетрадиционные способы сокращения выброса углекислого газа в атмосферу, улавливание и «секвестирование» углекислого газа в тепловой и промышленной энергетике.

Основные направления сокращения водопотребления и сброса сточных вод на ТЭС. Образование шламов на ТЭС и пути их утилизации. Причины создания бессточных и малосточных систем технического водоснабжения на ТЭС. Технологические схемы ТЭС с высокими экологическими показателями.

3. Термодинамика теплоэнергетических установок

Общая методика термодинамического анализа циклов теплоэнергетических установок. Общие методы повышения термодинамической эффективности циклов.

Паровые теплоэнергетические установки. Повышение эффективности циклов паротурбинных установок конденсационного типа. Показатели эффективности ТЭЦ и энергосистемы в целом. Особенности реальных циклов паротурбинных установок. Газотурбинные установки (ГТУ). Простейшие циклы ГТУ, работа сжатия в компрессоре и ее уменьшение, сложные циклы ГТУ. Двигатели внутреннего сгорания (ДВС). Общие принципы действия поршневых ДВС, термодинамический анализ циклов ДВС. Принципы действия реактивных двигателей их циклы. Комбинированные теплоэнергетические установки. Общие принципы комбинирования циклов, циклы парогазовых установок. Сложные высоко-котемпературные циклы с использованием ГТУ, МГД-генераторов, топливных элементов и т.п.

Атомные теплоэнергетические установки. Особенности выбора циклов АЭС. Термодинамические циклы АЭС на жидком (паровом), и газовом теплоносителях.

Холодильные машины и тепловые насосы энергетики. Циклы газовых компрессорных термотрансформаторов. Циклы паровых холодильных установок и тепловых насосов. Перспективы использования тепловых насосных установок в составе энергетических комплексов при совместной выработке электроэнергии и тепла. Циклы теплоэнергетических установок на возобновляемых источниках энергии.

Солнечные установки. Океанические ТЭС. Геотермальные ТЭС. Термоядерные электрические станции.

4. Комплексный выбор и оптимизация энергетических объектов

Методические основы комплексного выбора схем и оптимальных параметров основных теплоэнергетических установок. Влияние режима использования энергетических систем на принятие оптимальных решений. Показатели надежности работы энергетических установок и систем. Способы обеспечения заданной надежности. Выбор оптимальных решений с использованием критерия надежности.

Методы выбора оптимальных систем прямого получения электроэнергии, их термодинамическая, энергетическая и технико-экономическая оценка. Основы энергетического и комплексного использования водных ресурсов. ГЭС в составе электроэнергетических систем. Гидроаккумулирующие электростанции. Основы выбора оптимальных параметров ГЭС.

Комплексные методы выбора запасов топлива (для многолетнего и сезонного регулирования топливоснабжения), резервов энергетических мощностей, газохранилищ, водохранилищ. Понятие расчетной обеспеченности электро-, тепло- и топливоснабжения и основы их выбора.

Технические и экономические основы использования возобновляемых источников энергии (геотермальной, ветровой, солнечной и т.п.).

Выбор энергообъектов для распределенной энергетики. Основные методики и подходы при выборе распределенных энергоисточников. Влияние типа и состава топлива на выбор энергоисточника. Анализ различных вариантов тепловых схем. Анализ типоразмеров газопоршневых и газотурбинных энергоустановок. Влияние характеристик энергоустановок на выбор профиля энергообъекта.

5. Методы системных исследований в энергетике и их приложения

Классификация больших систем энергетики: понятие об их природе и основных свойствах. Особенности систем энергетики и энергетических комплексов как объектов исследования и управления.

Основные методы и средства изучения и оптимального управления (функционированием, развитием) системами энергетики. Основы примечаемых математических методов.

Концепция построения автоматизированных систем управления в энергетике и их характерные особенности. Основы сочетания формализованных методов с активной ролью человека.

Системные исследования, математические и физические модели, средства вычислительной техники как научный инструмент современных исследований в энергетике.

Методы технико-экономических расчетов в энергетике. Расчет технико-экономических показателей добычи (производства), транспорта и использования различных видов топлив и энергии, роль замыкающих затрат на топливо и энергию, методы технико-экономических расчетов в энергетике для непрерывно развивающихся систем и при использовании неоднозначной исходной информации. Комплексное использование топлива с одновременной выработкой электроэнергии и другой ценной товарной продукции как реальный путь снижения стоимости конечного продукта.

6. Разработка энергокомплексов с высокими экологическими показателями

Основные изменения в области производства и передачи энергетических ресурсов, их переработки и потребления. Основные направления энергосбережения. Роль нетрадиционных источников энергии в энергетическом балансе. Тенденции в разработке и создании децентрализованных источников, критерии оценки эффективности централизованных и децентрализованных источников энергии.

Критерии оптимизации энергетических комплексов. Критерии оптимальности ТЭС, их развитие и области применения в оптимизационных расчетах. Основные принципы и методы технико-экономической оптимизации схем и параметров ТЭС. Виды ограничений при технико-экономической оптимизации, достоинства и недостатки различных методов, области применения их.

7. Методы подготовки воды на ТЭС

Способы подготовки добавочной воды на ТЭС и области их применения. Схемы включения испарителей на КЭС и ТЭЦ. Многоступенчатые испарительные установки и испарители с самовскипанием воды. Водный режим испарителей и методы получения чистого вторичного пара. Испарители на сырой воде. Растворимость газов и термическая деаэрация воды. Процесс переноса вещества на границе двух фаз и теория массообмена. Классификация и конструкция пленочных, струйных, барботажных и комбинированных деаэраторов. Включение деаэраторов и тепловые схемы ТЭС и теплоснабжения. Деаэрация воды в конденсаторах турбин.

8. Паровые котлы ТЭС

Типы паровых котлов, основные элементы паровых котлов. Основные тракты паровых котлов. Физико-химические свойства и теплотехнические характеристики энергетических топлив и организация их сжигания. Топочные устройства и особенности их работы, методы снижения уровня образования вредных продуктов сгорания в зоне горения. Экономичность работы паровых котлов. Методика теплового расчета парового котла. Процессы, происходящие на внешней стороне поверхностей нагрева.

Причины загрязнения пара и методы борьбы с ними. Отложения солей по тракту котельного агрегата и их удаление. Работа при переходных режимах, регулировочные характеристики пароперегревателей. Особенности конструкций маневренных и полупиковых модификаций котлов.

Паровые котлы на парогазовых ТЭС: типы, особенности конструкций и режимов работы.

9. Паротурбинные установки электростанций

Параметры паротурбинных установок, их влияние на экономичность ТЭС. Работа ступеней турбины. Переменный режим работы турбоустановок. Пуск турбин из различных состояний. Работа турбин на влажном паре, влияние влажности на характеристики турбинной ступени. Сепарация влаги в проточной части турбин. Автоматизация работы паровой турбины. Конденсационные установки паровых турбин.

10. Типы ТЭС, их тепловые схемы, показатели тепловой экономичности и методы их повышения

Типы тепловых электростанций. Технологические схемы ТЭС. Тепловые схемы ТЭС. Показатели экономичности конденсационных ТЭС. Способы повышения тепловой экономичности ТЭС. Начальные и конечные параметры пара на ТЭС. Сопряженные параметры. Промежуточный перегрев пара на ТЭС. Регенеративный подогрев конденсата и питательной воды. Оптимальное распределение регенеративного подогрева. Методы расчета тепловых схем ТЭС и исследование их эффективности. Полные тепловые схемы электростанций, выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭС.

Трубопроводы тепловых электростанций и их классификация. Прочностные расчеты трубопроводов. Гидродинамика трубопроводов. Тепловая изоляция и расчет тепловых потерь.

11. Газотурбинные и парогазовые ТЭС

Типы газотурбинных и парогазовых ТЭС. Принципиальные тепловые схемы газотурбинных и парогазовых ТЭС: структура, назначение агрегатов. Схемы, конструкции, характеристики и режимы работы компрессоров. Камеры сгорания: типы, конструктивные схемы, характеристики. Эксплуатация и переменные режимы работы энергетических газотурбинных установок. Котлы-утилизаторы в тепловой схеме парогазовых ТЭС: конструктивные схемы и особенности их работы. Тепловой и аэродинамический расчеты котлов-утилизаторов. Особенности паротурбинных установок в составе парогазовых ТЭС. Регулирование нагрузки на парогазовых ТЭС с котлами-утилизаторами. Особенности комбинированной выработки электроэнергии и тепла на газотурбинных и парогазовых ТЭС. Парогазовые технологии на пылеугольных электростанциях.

12. Режимы работы оборудования ТЭС

Графики электрических нагрузок. Режимы работы ТЭС. Энергетические характеристики конденсационных и теплофикационных турбоагрегатов и котельных установок. Экономичные режимы совместной работы агрегатов и блоков ТЭС. Совместная работа ТЭС, ГЭС и АЭС в энергосистемах. Пусковые схемы блоков из различных тепловых состояний. Схемы включения и типы привода питательных насосов, их выбор. Расход топлива на пуск блоков. Перевод турбоагрегатов в моторный режим и другие методы покрытия переменной части графиков нагрузки энергосистемы. Пиковые и полупиковые электростанции и установки. Автоматизация управления работой, пусковыми и остановочными режимами оборудования ТЭС. Вопросы эксплуатации ТЭС.

Основная литература

1. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые электрические станции. М.: Издательский дом МЭИ, 2010.
2. Тепловые электрические станции. Учебник для вузов, В.Д.Буров, Е.В.Дорохов, Д.П.Елизаров и др. Под ред. В.М.Лавыгина, А.С.Седлова, С.В.Цанева. М.: Издательский дом МЭИ, 2009.
3. Режимы работы и эксплуатации ТЭС: учебник/ Э.К. Аракелян, Е.Т. Ильин, Н.Д. Рогалев. – М.: Издательство МЭИ, 2021.
4. Природоохранные технологии на ТЭС: учебник /И. С. Никитина, В.Б.Тупов, В.Б. Прохоров: под общ. ред. Рогалева Н.Д. и Прохорова В.Б.—М.: Издательство МЭИ, 2021.
5. Тепловые и атомные электрические станции. Справочник Под общ.ред. А.В.Клименко и В.М.Зорина. М.: Издательство МЭИ, 2007.
6. Газотурбинные энергетические установки: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. С.В. Цанева. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. — 428 с.
7. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электрических станций. – М.: Изд-во МЭИ, 2009.– 584 с.
8. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов.-6-е изд., перераб.-М.: Издательство МЭИ, 2001.
9. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. М.: Энергоатомиздат, 1987.
10. Копылов А.С., Лавыгин В.М., Очков В.Ф. Водоподготовка в энергетике: - М.: Издательство МЭИ, 2003.
11. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы: -М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотичная динамика», 2005.
12. Паровые и газовые турбины для электростанций / А.Г. Костюк, В.В. Фролов. М., А.Е. Булкин, А.Д. Трухний: - М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

Дополнительная литература

1. Федеральный закон от 26.03.2003 № 35-ФЗ (ред. от 01.07.2021) «Об электроэнергетике».
2. Федеральный закон от 27.07.2010 № 190-ФЗ (ред. от 18.07.2011) «О теплоснабжении».
3. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. – М.: ЗАО «Энергосервис», 2003.
4. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В.М. Теплообменные аппараты ТЭС. М.: Издательский дом МЭИ, 2007.
5. Повышение экологической безопасности тепловых электростанций. Абрамов А.И., Елизаров Д.П., Ремезов А.Н. и др. /Под ред. А.С. Седлова. М.: Изд-во МЭИ, 2001.