

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «МЭИ»

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе

Драгунов В.К.

« 16 » Июня 2015 г.



Программа аспирантуры

Направление 13.06.01 Электро- и теплотехника

Направленность (специальность) 05.14.14 Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
специальной дисциплины

«Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты»

Индекс дисциплины по учебному плану: Б1.В.ОД.2

Всего: 252 часа

Семестр 5, 144 часа, в том числе 6 часов – контактная работа,
138 часа – самостоятельная работа,

Семестр 6, 108 часов, в том числе 6 часов – контактная работа,
66 часов – самостоятельная работа,
36 часов – контроль

Программа составлена на основе федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.06.01 Электро-и теплотехника, утвержденного приказом министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 № 878, и паспорта специальности 05.14.14 Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты, номенклатуры специальностей научных работников, утвержденной приказом Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. № 59.

Формула специальности: научная специальность, объединяющая исследования по существующим особенностям технических и физико-химических процессов, характерных для систем, установок и агрегатов, связанных единым технологическим циклом производства тепла и электроэнергии на тепловых электростанциях, включая проблемы совершенствования действующих и обоснования новых технологий производства электрической энергии и тепла, систем подготовки и сжигания топлива, водоподготовки, очистки и транспортировки дымовых газов, хранения и переработки твердых и жидких отходов, регенеративного подогрева и отпуска тепла. В рамках специальности проводятся работы по совершенствованию действующих и обоснованию новых типов и конструкций основного и вспомогательного оборудования тепловых электрических станций. Ведется поиск приемов и методов оптимизации рабочих режимов оборудования, разрабатываются вопросы водоиспользования и водных режимов, решаются проблемы обеспечения надежности, безопасности и требуемого рабочего ресурса оборудования тепловой электростанции, ее систем и станции в целом, выполняются технико-экономические и экологические исследования.

Области исследований:

1. Разработка научных основ методов расчета, выбора и оптимизации параметров, показателей качества и режимов работы агрегатов, систем и тепловых электростанций в целом.
2. Исследование и математическое моделирование процессов, протекающих в агрегатах, системах и общем цикле тепловых электростанций.

3. Разработка, исследование, совершенствование действующих и освоение новых технологий производства электрической энергии и тепла, использование топлива, водных и химических режимов, способов снижения влияния работы тепловых электростанций на окружающую среду.

4. Разработка конструкций теплового и вспомогательного оборудования и компьютерных технологий их проектирования и диагностирования.

5. Повышение надежности и рабочего ресурса агрегатов, систем и тепловых электростанций в целом.

6. Разработка вопросов эксплуатации систем и оборудования тепловых электростанций.

Отрасль науки, по которой диссертация представляется на защиту: технические науки (по специальности не рассматриваются работы соискателей, в которых режимные параметры объектов исследования и критерии их оптимальности не являются прямым следствием их использования как систем и агрегатов тепловых электростанций).

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является изучение технологий производства электроэнергии и тепла на тепловых электрических станциях и механизмов функционирования оборудования и систем ТЭС.

Задачами дисциплины являются:

- изучение основных положений функционирования оборудования, агрегатов и энергетических систем ТЭС;
- ознакомление с научными подходами разработки тепловых и технологических схем ТЭС;
- изучение способов повышения экономичности ТЭС;
- изучение технологий снижения вредного воздействия ТЭС на окружающую среду;
- изучение режимов работы ТЭС и основ их оптимизации;
- ознакомление с научно-техническими принципами проектирования ТЭС.

В процессе освоения дисциплины **формируются следующие компетенции:**

- способность исследовать, разрабатывать и совершенствовать основное и вспомогательное оборудование ТЭС (ПК-1);
- способность решать экологические проблемы при проектировании и эксплуатации ТЭС (ПК-2).

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

знать:

- типы тепловых и технологических схем ТЭС (ПК-1);
- энергетические системы и агрегаты ТЭС и принципы их функционирования (ПК-1);
- методы повышения экономичности ТЭС (ПК-1);
- механизмы вредного воздействия ТЭС на окружающую среду (ПК-2);

уметь:

- выполнять исследования ТЭС в целом и ее отдельных энергетических систем и агрегатов с целью повышения экономичности, надежности (ПК-1);
- разрабатывать методы по снижению вредного воздействия ТЭС на окружающую среду (ПК-2);

владеть:

- методами расчета тепловых и технологических схем ТЭС (ПК-1);
- методами совершенствования основного и вспомогательного оборудования ТЭС, их энергетических систем (ПК-1);
- расчетными и экспериментальными методами определения экологических характеристик ТЭС (ПК-2).

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛОВ ПРОГРАММЫ

1. Энергетические ресурсы, типы электростанций и технико-экономические показатели их работы.

Энергетические ресурсы. Графики электрической и тепловых нагрузок. Потребители тепла и электроэнергии. Основные технико-экономические показатели производства электроэнергии и тепла.

Капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Расход электроэнергии на собственные нужды. Перспективы развития теплоэнергетики. Структура управления электроэнергетикой в России.

2. Химические и термические методы подготовки воды на ТЭС и водно-химические режимы теплосилового оборудования.

Физико-химические основы процесса ионного обмена. Химическое обессоливание воды. Схемы обессоливания и области их применения. Процесс совместного Н- и ОН-ионирования в фильтре смешанного действия. Химический контроль водного режима тепловых электростанций. Коррозия оборудования ТЭС и методы коррозионной защиты. Очистка сточных вод ТЭС. 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. Химические методы связывания растворенного в воде кислорода.

Пути поступления примесей в циклы паротурбинной установки. Поведение примесей водного теплоносителя в пароводяном тракте. Виды коррозионных процессов. Химическая и электрохимическая коррозия. Образование защитных оксидных пленок как решающий фактор пассивации металлов. Виды коррозионных повреждений различных сталей и сплавов. Характеристика основных методов защиты металла при эксплуатации и простоях оборудования, выбор типа водно-химического режима.

3. Котельные установки.

Типы и классификация котлов. Тракты и основные элементы котла. Виды компоновок котла. Тепловая схема котла и ее опорные точки. Топка котла, ее назначение и тепловые характеристики. Классификация топочных устройств. Подготовка топлива к сжиганию. Системы пылеприготовления, размольные устройства. Схемы тепловой и аэродинамической организации сжигания топлива. Принципиальные пути обеспечения бесшлаковой работы топки и методы снижения образования в ней токсичных продуктов сгорания.

Теплообмен в топке и конвективных поверхностях нагрева. Тепловой расчет паровых котлов и их элементов. Гидродинамика трубных систем с принудительным движением среды и систем с естественной циркуляцией среды. Причины загрязнения пара и методы борьбы с ним. Способы получения чистого пара. Загрязнение, коррозия и эрозия поверхностей нагрева и методы борьбы с ними. Способы поддержания температуры перегретого пара. Конструкции современных котлов и тенденции их развития. Работа котла при переходных режимах. Регулировочные характеристики пароперегревателей. Экономичность работы котла. Отложения солей то тракту котельного агрегата и их удаление.

4. Паротурбинные установки электростанций.

Параметры паротурбинных установок, их влияние на экономичность. 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.

5. Принципиальные тепловые схемы ТЭС и энергоблоков, методы повышения экономичности паротурбинных электростанций.

Методы расчета тепловых схем и исследование их эффективности. Полные тепловые схемы электростанций, выбор основного и вспомогательного оборудования ТЭС. Факторы, влияющие на выбор начальных и конечных параметров. Выбор оптимального распределения регенеративного подогрева воды по ступеням на КЭС и ТЭЦ без промперегрева и с промперегревом пара при последовательном и параллельном включениях пароохладителей. Экономически наиболее выгодная температура питательной воды. Трубопроводы тепловых электростанций и их классификация. Прочностные расчеты трубопроводов. Температурные напряжения в трубопроводах. Ползучесть и длительная прочность паропроводов. Гидродинамика трубопроводов. Тепловая изоляция и расчет тепловых потерь.

6. Теплофикация и ее энергетическая эффективность.

Экономические основы теплофикации. Определение расхода топлива на выработку электроэнергии и тепла на паротурбинных ТЭЦ. Тепловое

потребление и классификация тепловой нагрузки. Схемы отпуска технологического пара и схемы теплоснабжения. Режимы и методы регулирования централизованного теплоснабжения при однородной и разнородной тепловой нагрузке. Коэффициент теплофикации. Совместная работа ТЭЦ и пиковых котельных.

7. 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.

10. Графики нагрузок и режимы работы электростанций.

Анализ основных факторов, определяющих уровни потребления и производства электроэнергии. Графики электрических нагрузок энергосистем, электростанций, энергоблоков в суточном, сезонном и годовом аспектах времени. Режимы эксплуатации энергоблоков КЭС, ТЭЦ и других типов электростанций. Баланс мощности в энергосистеме. Регулирование частоты и напряжения в системе. Система управления режимами работы внутри электростанций и в энергосистеме. Диспетчерские службы. Стационарные и переходные режимы. Эксплуатация оборудования ТЭС при стационарных нагрузках. Влияние переменных режимов работы, на показатели тепловой экономичности, надежность и долговечность оборудования. Работа основного и вспомогательного оборудования на частичных нагрузках. Обеспечение оптимальных условий эксплуатации основного и вспомогательного оборудования на частичных нагрузках, ограничения по параметрам, возможные аварийные ситуации, их ликвидация. Основные правила эксплуатации при работе в переходных

режимах. Затраты топлива при работе в переходных режимах связанные с нестационарными процессами. 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.

9. Защита окружающей среды от вредных выбросов ТЭС.

Основные понятия о биосфере и о круговороте веществ в природе. Соотношение между природными и промышленными выбросами вредных веществ. Воздействие ТЭС на окружающую среду. Разведанные запасы и потребление органического топлива в России и в мире. Воздействие ТЭС на природную среду в локальном и глобальном масштабах. Трансформация вредных веществ в атмосфере. Дымовые трубы и рассеивание вредностей в атмосферу. Предельно допустимые концентрации выбросов и расчет высоты дымовых труб. Выбор скоростей газов в дымовых трубах. Многоствольные дымовые трубы.

Снижение выбросов частиц золы в атмосферу. Снижение выбросов оксидов азота и соединений серы в атмосферу. Сокращение выбросов водяного пара и парниковых газов в атмосферу. Снижение вредного воздействия золошлаков на окружающую среду.

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.

Основные законы РФ в области охраны окружающей среды: «Закон об охране окружающей среды», «Закон об охране атмосферного воздуха», «Закон о лицензировании природоохранной деятельности» и др. Международные соглашения, подписанные Россией в области охраны окружающей среды. Предельно допустимые концентрации вредных веществ.

10. Компонировка главного здания и генплан ТЭС, системы обеспечения работы.

Требования к компоновкам. Различные типы компоновок в зависимости от вида топлива и единичной мощности агрегатов. Методика технико-экономического сравнения компоновок. Выбор места сооружения и компоновка генплана ТЭС.

Техническое водоснабжение, источники и системы водоснабжения. Основы теплового расчета охладителей оборотных систем. Градири различных типов, их сопоставление и области применения. Выбор систем водоснабжения и их технико-экономическое сопоставление.

Топливное хозяйство электростанции. Способы доставки топлива, приемно-разгрузочные и размораживающие устройства. Запасы топлива на ТЭС. Транспортные механизмы топливоподачи и дробильные установки. Пылеприготовление на ТЭС.

Системы золошлакоудаления. Расчет золошлакопроводов и выбор скорости пульпы.

Схемы газоздушных трактов и оценка их эффективности. Основы разработки элементов газоздушных трактов. Предотвращение золовых отложений в газоходах. Характеристики тягодутьевых машин. Воздуходувки для котлов под наддувом. Методы регулирования производительности тягодутьевых машин.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины: 6 семестр
– кандидатский экзамен.

Вопросы для самоконтроля и проведения кандидатского экзамена

1. Перспективы развития теплоэнергетики.
2. Химическое обессоливание воды на ТЭС.
3. Схемы включения испарителей на ТЭС.
4. Химический контроль водного режима на ТЭС.
5. Коррозия оборудования ТЭС и методы коррозионной защиты.
6. Очистка сточных вод.
7. Типы и классификация котлов.

8. Тракты и основные элементы котлов.
9. Подготовка топлива к сжиганию.
10. Тепловой расчет паровых котлов и их элементов.
11. Экономичность работы котла.
12. Работа ступеней паровой турбины.
13. Переменный режим работы паротурбинных установок..
14. Конденсационные установки паровых турбин.
15. Методы расчета тепловых схем паротурбинных ТЭС.
16. Показатели экономичности ТЭС.
17. Способы повышения экономичности паротурбинных ТЭС.
18. Экономические основы теплофикации.
19. Схемы отпуска технологического пара и схемы теплоснабжения.
20. Графики тепловых нагрузок.
21. Типы газотурбинных и парогазовых ТЭС.
22. Оборудование газотурбинных энергетических установок.
23. Показатели экономичности и газотурбинных энергетических установок и факторы, от которых они зависят.
24. Режимы эксплуатации ТЭС.
25. Пусковые схемы паротурбинных энергоблоков.
26. Воздействие ТЭС на окружающую среду и методы их снижения.
27. Основные направления сокращения водопотребления и сброса сточных вод.
28. Основные требования к компоновке оборудования ТЭС и генплану ТЭС.
29. Системы технического водоснабжения ТЭС.
30. Системы золошлакоудаления на ТЭС.

Критерии оценки за освоение дисциплины определены в Инструктивном письме И-23 от 14 мая 2012 г.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Терминологический справочник по электроэнергетике. – М.: Типография «КЕМ», 2008. – 912 с.
2. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия: в 4 кн. / под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. Кн. 3: Тепловые и атомные электростанции: справочник. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 648 с.
3. 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. -466 с.
4. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые электрические станции. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 464 с.
5. Паровые и газовые турбины для электростанций: / А.Г. Костюк, В.В. Фролов, А.Е. Булкин, А.Д. Трухний; под. ред. А.. Костюка. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 556 с.

Дополнительная литература:

6. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. – Москва-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2003. – 420 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. Ларин Б.М. Водоподготовка и водно-химический режим тепловых электростанций – Иваново, 2009. – 412 с.
9. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – 472 с.
10. Котлы с циркулирующим кипящим слоем: учебное пособие / А.Г. Тумановский, А.Н. Тугов, П.В. Росляков – М.: Изд-во МЭИ, 2014.
11. Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды: учебник для ВУЗов – М.: Издательский ДОС МЭИ, 2007.
12. 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.

13. Тупов В.Б. Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду: / В.Б. Тупов. М.: Издательский дом МЭИ, 2012. – 284 с.
14. Трухний А.Д. Парогазовые установки электростанций: / А.Д. Трухний. – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 667 с.
15. Экономика энергетики: / Н.Д. Рогалев, А.Г. Зубкова, И.В. Мастерова и др.; под ред. Н.Д. Рогалева. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 320 с.
16. Н.Н. Манькина. Физико-химические процессы в пароводяном цикле электростанций – Энергоатомиздат – 2008 – 431 с.