

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

«НОВОСИБИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра тепловых электрических станций

УТВЕРЖДАЮ
Начальник отдела
подготовки кадров
высшей квалификации
В.П.Драгунов
2022г.

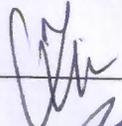


ПРОГРАММА-МИНИМУМ
Кандидатского экзамена по специальности
2.4.5 «Энергетические системы и комплексы»
(Технические науки)

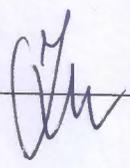
Новосибирск, 2022

Программа обсуждена на заседании ученого совета факультета
энергетики.

протокол № 10 от 23, 11 2022 года.

Программу разработал  д.т.н., проф. П.А. Щинников

Декан ФЭН  д.т.н., доц. А.Г. Русина

Ответственный за основную
образовательную программу  д.т.н., проф. П.А. Щинников

Введение

Паспорт специальности разработан при участии Московского энергетического института (технического университета), Казанского государственного энергетического университета, Ивановского государственного энергетического университета, Новосибирского государственного технического университета, Санкт-Петербургского государственного технического университета и утвержден экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства образования Российской Федерации по энергетике, электрификации и энергетическому машиностроению.

Настоящая программа составлена на основе дисциплин направлений «Теплоэнергетика» и «Энергомашиностроение», включающих специальности «Тепловые электрические станции, их энергетические системы и агрегаты», «Энергоустановки на основе возобновляемых видов энергии» и «Энергетические системы и комплексы», объединяющая исследования физико-химических и физико-технических процессов, характерных для различных энергетических систем и комплексов и входящих в них энергетических установок и агрегатов, связанных технологическим циклом производства тепловой и электрической энергии при использовании органического и альтернативных топлив и возобновляемых видов энергии, включая проблемы совершенствования действующих и обоснования новых технологий производства электрической и тепловой энергии с учетом вспомогательных процессов. В рамках специальности совершенствуются существующие и прорабатываются перспективные структуры энергетических систем и комплексов, обосновываются новые типы и конструкции входящих в них основного и вспомогательного оборудования энергетических установок на органическом и альтернативных топливах и возобновляемых видах энергии. Ведется оптимизация эксплуатационных режимов и рабочих процессов энергетических систем, комплексов, установок и их оборудования с целью повышения их эффективности, экономичности, надежности, безопасности и снижения негативного воздействия на окружающую среду.

1. Энергетические ресурсы и электростанции

Первичный топливный ресурс. Топливо-энергетический комплекс. Топливо-энергетический баланс мира, страны, региона, предприятия. Теоретические основы современной энергетики. Энергетика на органическом топливе. Возобновляемая и нетрадиционная энергетика. Типы электростанций их классификации. Термодинамическая эффективность электростанций. Энергетическая эффективность

электростанций. Экономическая эффективность электростанций. Укрупненные расчеты показателей эффективности электростанций.

2 Химические и термические методы подготовки воды на ТЭС.

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 самовскипаем 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 и конденсаторах турбин. Химические методы связывания растворенного в воде кислорода.

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 и 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 по 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 оптимально распределения регенеративного подогрева воды по ступеням на КЭС и ТЭЦ без промперегрева и с промперегревом пара при последовательном и параллельном включении 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. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии. 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 турбинных 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.

8. Режимы работы оборудования 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.

9. 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. Градирни 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.

Система 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.

10. Защита окружающей среды от вредных выбросов ТЭС

Воздействие ТЭС на окружающую среду. 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 шлаков на окружающую среду.

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

11. Возобновляемые источники энергии

Первичный возобновляемый энергетический ресурс. Консервативная энергия, энергия высокого потенциала, энергия низкого потенциала. Альтернативная энергетика на возобновляемых и низкопотенциальных источниках энергии (классификационные признаки). Геотермальная энергетика. Петротермальная энергетика. Энергетика на биотопливе. Энергетика на неисчерпаемых источниках энергии. Ветроэнергетика. Солнечная энергетика. Гидроэнергетика. Приливная энергетика. Низкопотенциальная энергетика. Комбинирование различных видов возобновляемой генерации.

12. Энергосбережение и нетрадиционная генерация

Основы энергосбережения. Энергетические ресурсы, обеспечивающие работу энерготехнологических цепочек. Теоретический и технологический потенциал энерго- ресурсосбережения. Энергетика низкого потенциала применительно к энергосберегающим решениям. Термодинамические циклы, применяемые для задач энергосбережения. Термодинамические циклы на альтернативных рабочих телах. Оборудование для энергосберегающих технологий в теплоэнергетике. Теплонасосная техника. Тепловые насосы компрессионного типа. Тепловые насосы абсорбционного типа. Современные и перспективные рабочие тела для производства теплоты/холода, их достоинства и недостатки. Газопоршневые энергетические установки.

13. Энергетические системы и комплексы

Цепочка энергетических преобразований первичного ресурса в энергетическом предприятии. Потери энергии при энергетических преобразованиях. Графики электрической и тепловых нагрузок. Потребители тепла и электроэнергии. Работа энергетического предприятия во взаимосвязи с потребителем. Энергобалансы. Энергетический баланс предприятия. Энергетический баланс производства и потребления. Распределенная генерация. Основы эффективного применения когенерации и тригенерации. Сочетание генерации разного вида. Критерии выгодного сочетания генерации разного вида. Оптимизационные задачи современной генерации. Комплексный подход в решении задач развития энергопредприятия. Задачи современной климатической повестки.

14. Экономика энергетики

Задачи экономического развития. Задачи анализа развития энергетики мира, региона. Задачи анализа развития энергетики на экономику региона. Взаимосвязь ВВП и потребления первичного энергетического ресурса. Тарифное регулирование. Задачи экономического развития/совершенствования предприятия. Основные технико-экономические показатели производства электроэнергии и тепла. Капитальные затраты и эксплуатационные расходы. Годовые энергетические показатели КЭС и ТЭЦ. Расход электроэнергии на собственные нужды. Перспективы развития теплоэнергетики.

Основная литература

1. 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 2-е изд., перераб. и доп. М.:Издательский дом МЭИ, 2007.
2. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Изд-во МЭИ, 2006
3. Энергосбережение и теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебное пособие Ю.В. Овчинников, О.К. Григорьева, А.А. Францева. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015
4. Автоматизация технологических процессов на ТЭС и управление ими: монография. / П. А. Щинников, Г.В. Ноздренко, А. И. Михайленко, А. И. Дворцовой., А В Сафронов.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2014.
5. Некоторые экологические проблемы возникающие при работе ТЭС, и возможные пути их решения: учебное пособие. / П.А.Щинников.- Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006
6. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. – М.: Энергоатомиздат, 1987
7. Стерман Л.С., Лавыгин В.М., Тишин С.Г. Тепловые и атомные электрические станции. М.: Изд-во МЭИ, 2000.
8. Маргулова Т.Х., Мартынова О.И. Водные режимы тепловых и атомных электростанций. М.: Высш. шк., 1987
9. Липов Ю.М., Третьяков Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.
10. Щегляев А.В. Паровые турбины. – М.: Энергоатомиздат. 1993.
11. Турбины тепловых и атомных электрических станций/ Под ред. А.Г. Костюка, В. В. Фролова М.: Изд-во МЭИ, 1985
12. Рихтер Л.А., Елизаров Д.П., Лавыгин В.М. Вспомогательное оборудование электростанций М.: Энергоатомиздат, 1987.
13. Иванов В.А. Режимы мощных паротурбинных установок. Л.: Энергоатомиздат. 1986.
14. Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для ВУЗов / Под ред. Цанева С.В. – М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 584 с.
15. Цанев С.В. и др. Газотурбинные энергетические установки: уч. пособие для ВУЗов. – М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 428 с.
16. Системы топливоподачи и пылеприготовления на ТЭС: Справочное пособие / Ю.Г. Назмеев, Г.Р. Мингалеева. – Издательский дом МЭИ, 2005. – 480 с.
17. Назмеев Ю.Г. Мазутные хозяйства ТЭС. – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 612 с.
18. Назмеев Ю.Г. Системы золошлакоудаления ТЭС. – Издательство МЭИ, 2002. – 572 с.

19. Комплексные исследования энергоблоков электростанций и энергоустановок: монография / под. Общ. Ред. П.А.Щинникова. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2020. – 500 с.
20. Пугач Л.И. Энергетика и экология: учебник. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2003. – 504 с.
21. Росляков П.В. Методы защиты окружающей среды. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 336 с.

Дополнительная литература

1. Трухний А.Д., Ломакин Б.В. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. М.: Изд-во МЭИ. 2002.
2. Назмеев Ю.Г., Лавыгин В. М. Теплообменные аппараты ТЭС. М.: Изд-во МЭИ, 2002
3. 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.
4. Аракелян Э.К., Старших В.А. Повышение экономичности и маневренности тепловых электростанций М. Изд-во МЭИ. 1993.
5. Щинников П.А., Боруш О.В., Зыков С.В. Эксергетические исследования и оптимизация режимов работы ТЭЦ. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2019. – 203 с.
6. Саломатов В.В. Природоохранные технологии на тепловых и атомных электростанциях: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 853 с.
7. Лаптев А.Г. и др. Основы расчета и модернизация тепломассообменных установок в нефтехимии. Монография. – Казань: Казан. Гос. Энерг. Ун-т. 2010. – 574 с.
8. Овчинников Ю.В., Бойко Е.Е. Технология получения и исследования тонкодисперсных водоугольных суспензий: монография. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2017. – 308 с.

Дополнение к программе-минимум кандидатского экзамена по 2.4.5 «Энергетические системы и комплексы» (технические науки)

Особенности технических и физико-химических процессов, характерных для систем, установок и агрегатов, связанных единым технологическим циклом производства тепла и электроэнергии на тепловых электростанциях. Проблемы совершенствования действующих и обоснования новых технологий производства электрической энергии и тепла, систем подготовки и сжигания топлива, водоподготовки, очистки и

транспортирования дымовых газов, регенеративного подогрева и отпуска тепла. Новые типы и конструкции оборудования тепловых электростанций. Оптимизация рабочих режимов оборудования. Надежность оборудования, систем и ТЭС. Технико-экономические и экологические показатели.

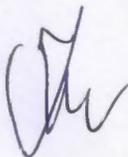
Литература:

1. Доклады конференций "Семинар ВУЗов России по теплофизике и теплоэнергетике ". по городам России. 2017 и последующие годы.
2. Доклады конференций «Проблемы теплоэнергетики». Саратов. 2016 и последующие годы.

Правила аттестации

При сдаче экзамена аспиранту выдают четыре вопроса. Итоговую оценку определяют как интегральную по результатам ответов на каждый из четырех вопросов.

Программу разработал



д.т.н. проф. П.А.Щинников