

ПРОГРАММА
вступительного экзамена в магистратуру
по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Котельные установки и парогенераторы

1. Энергетическое топливо. Виды органического топлива. Химический состав и происхождение органического топлива. Твердое и жидкое топливо. Газообразное топливо. Элементарный состав топлива. Рабочая, воздушно-сухая, сухая, горючая и органическая масса топлива. Различные массы топлива и пересчет его характеристик с одной массы на другую. Выход летучих и кокса.

2. Общие технические характеристики топлив. Технические характеристики отдельных видов топлив. Материальные балансы процессов горения. Материальный баланс процессов горения топлив в топках теплогенерирующих установок. Теоретически необходимое для горения количество воздуха.

3. Теоретические объемы продуктов полного сгорания топлив. Действительные объемы продуктов сгорания при полном и неполном горении. Технология топливоприготовления. Материальный баланс процессов горения топлив в топках теплогенерирующих установок.

4. Тепловой баланс и КПД котельного агрегата. Основные составляющие теплового баланса. Располагаемое и полезно используемое тепло (q_1). Потери тепла с уходящими газами (q_2). Потери тепла от химической неполноты сгорания (q_3). Потери тепла от механической неполноты сгорания топлива (q_4). Потери тепла в окружающую среду (q_5). Потери с физическим теплом шлака (q_6). Составление эолового баланса. КПД-брутто и КПД-нетто котельного агрегата, пути их повышения. Снижение потерь тепла.

5. Теплообмен в топочной камере. Расчет конвективных и радиационных поверхностей нагрева. Тепловосприятие поверхности нагрева. Методы расчёта теплообмена в топочной камере. Геометрические и оптические характеристики топочных камер.

6. Конструкции пароперегревателей и их компоновка. Определение энтальпий и температур на выходе из топки. факторы, ограничивающие температуру на выходе из топки. Присос воздуха и его влияние на тепловое напряжение топок. Водяные экономайзеры. Конвективные поверхности экономайзера и воздухоподогревателя. Компоновка и виды пароперегревателей.

7. Количественные характеристики топочных процессов. Организация подачи воздуха для сжигания топлива, дутьевые устройства. Удаление дымовых газов, дымососы. Регулирование работы дутьевых вентиляторов и дымососов.

8. Тракт топливоподачи. Организация топливного хозяйства. Транспортные устройства топливоподачи и склады топлива. Подача твердого топлива к парогенераторам. Пылеприготовление. Основные элементы и классификация пылеприготовительных установок. Угольная пыль и её свойства. Тонкость помола и зерновая характеристика. Коэффициент полидисперсности пыли. Затраты энергии на измельчение угля. Оптимальная тонкость помола. Взрываемость пыли. Сушка топлива в процессе пылеприготовления.

9. Камерное сжигание. Сжигание в кипящем слое. Пылеугольные и вихревые топки. Типы пылеугольных горелок. Расположение горелок в топочной камере. Шлакоудаление. Шлакование пылеугольных топок и борьба с ним. Абразивность летучей золы. Загрязнение и абразивный износ конвективных поверхностей нагрева. Сухое механическое золоулавливание. Мокрое золоулавливание. Электрофильтры. Комбинированные золоуловители.

10. Топочные устройства для сжигания жидкого топлива. Технологическая схема подготовки мазута. Мазутное хозяйство. Классификация способов распыла жидкостей. Классификация типы мазутных форсунок. Требования к форсункам при распыле топлива. Комбинированные горелки. Загрязнение поверхностей нагрева при сжигании сернистых мазутов.

11. Газоснабжение котельных. Технологическая схема подачи газового топлива к парогенераторам. Особенности сжигания газового топлива. Подготовка газа к сжиганию. Конструкция, выбор и расчет топочных устройств для сжигания газового топлива. Классификация горелок, элементы конструкции горелок. Основы процессов развития и смешения струй. Метод расчета горелок с принудительной подачей воздуха. Смешанное сжигание газового и жид-

кого топлива. Газомазутные топки.

12. Аэродинамический расчет газового и воздушного трактов. Сопротивление газоходов, местные потери, потери на трение. Группы сопротивлений по газовоздушному тракту. Выбор дутьевых вентиляторов и дымососов. Вентиляторы и дымососы для котельных установок.

13. Общие вопросы гидродинамики котлов. Движение нагреваемой среды в трубах. Характеристика двухфазного потока. Структура потока пароводяной смеси. Скорость пароводяной смеси. Паросодержание. Потери давления при движении пароводяной смеси. Основные закономерности напорного и безнапорного движения пароводяной смеси. Гидродинамический расчет контуров с естественной циркуляцией. Принцип естественной циркуляции. Надёжность работы контуров естественной циркуляции.

14. Гидродинамический расчет парогенерирующих систем с принудительным движением рабочей среды. Принудительное движение рабочей среды в системах с параллельно включёнными трубами. Принудительное движение воды и пара в трубах энергетических котлов. Особенности движения среды в системе труб при сверхкритическом давлении. Развертка и неравномерности в поверхностях нагрева. Пульсации пароводяного потока. Гидравлические схемы пароперегревателей. Температурные режимы работы парогенерирующих поверхностей и их конструктивное исполнение.

15. Классификация дисперсных систем. Некоторые положения химической термодинамики и химической кинетики. Основные законы растворов. Изменение свойств теплоносителя по тракту теплосиловых установок, и образование паровых растворов малолетучих примесей. Поведение растворенных в воде газов.

16. Надёжность и экономичность работы поверхностей нагрева. Металлы, используемые в котлостроении. Загрязнение поверхностей нагрева (наружные загрязнения, внутренние загрязнения). Физико-химические основы коррозии металлов. Основные положения электрохимии. Электрохимическая коррозия. Образование оксидных пленок на поверхности металла. Влияние внешних и внутренних факторов на коррозию металла. Коррозия (коррозия поверхностей нагрева со стороны рабочей среды, коррозия поверхностей нагрева со стороны газов). Эрозия. Очистка поверхностей нагрева от наружных отложений.

17. Требования к качеству питательной воды и пара. Методы вывода примесей из цикла. Баланс примесей и продувка. Водный режим барабанных котлов. Водный режим прямоточных котлов. Методы получения чистого пара. Сепарация пара.

18. Эксплуатация паровых котлов. Режим работы котлов, режимная карта, показатели эксплуатации. Состояние паровых котлов в эксплуатации. Пуск парового котла в работу. Пуск котла с естественной циркуляцией при работе на общие паропроводы. Пуск барабанных и прямоточных котлов энергоблоков. Обслуживание парового котла во время работы. Методы эксплуатационного контроля избытков воздуха. Технология регулирования топочных устройств. Останов парового котла.

19. Основные элементы котельного агрегата. Пароперегреватели котлов, конструктивные схемы включения их в пароводяной и газовый тракт. Методы регулирования температуры. Экономайзеры и их включение в схему. Конструктивные схемы воздухоподогревателей.

20. Конструкции котлов. Котлы с естественной циркуляцией, прямоточные и с многократной циркуляцией. Водогрейные и пароводогрейные котлы. Котлы высоко- и низконапорные, прямого действия и с неводяными теплоносителями. Котлы на отходящих газах, особенности их конструктивного исполнения. Котлы, использующие теплоту технологического продукта. Испарительное охлаждение элементов технологических установок. Энерготехнологические агрегаты.

Нагнетатели и тепловые двигатели

1. Основные типы и классификация нагнетателей.
2. Классификация тепловых двигателей. Основные понятия и определения.
3. Принцип действия поршневых насосов. Индикаторная мощность насоса. Мощность на привод.
4. Центробежные насосы. Коэффициент быстроходности, типы колёс.

5. Осевое усилие в центробежном насосе. Способы его уравнивания.
6. Осевые компрессоры. Аэродинамическая схема. Область применения. Характеристики осевого компрессора.
7. Циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания (теоретические). Среднее индикаторное давление.
8. Простейшая схема паротурбинной установки.
9. Замкнутый цикл газотурбинной установки.
10. Схема паротурбинной установки для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии.
11. Схема разомкнутого цикла газотурбинного двигателя с регенеративным теплообменником.
12. Теоретический цикл газотурбинной установки с подводом тепла при $V=\text{const}$. Схема камеры сгорания.
13. Влияние давления и температуры свежего пара на абсолютный КПД паротурбинной установки.
14. Схема и тепловой цикл паротурбинной установки с промежуточным перегревом пара.

Тепломассообменное оборудование предприятий

1. Классификация промышленного тепло- и массообменного оборудования по назначению, принципа действия, фазовому состоянию теплоносителей, конструктивным принципам, периодичности действия.
2. Теплоносители и их свойства, требования к теплоносителям. Высокотемпературные, среднетемпературные, низкотемпературные, криогенные теплоносители. Общие требования к теплоносителям, скорость движения, значение коэффициента теплоотдачи, расстояние транспортировки и особенности применения.
3. Рекуперативные теплообменные аппараты. Конструкция простейших типов рекуператоров. Общая характеристика регенеративных и рекуперативных теплообменных аппаратов (схемы с промежуточным носителем, схемы с двумя носителями).
4. Расчет и проектирование теплообменных аппаратов. Тепловой конструкторский расчет, виды уравнений теплового баланса при проведении его. Расчет коэффициентов теплопередачи.
5. Тепловой поверочный расчет. Компонировочный расчет. Гидравлический расчет. Механический (прочностный) расчет. Техничко-экономический расчет.
6. Расчет среднего температурного напора. Изменение температуры теплоносителей в рекуперативных теплообменных аппаратах непрерывного действия. Расчет среднего температурного напора при сложных схемах движения теплоносителей.
7. Поверочный тепловой расчет. Расчет конечной температуры теплоносителей при прямотоке и противотоке. Сравнение прямотока и противотока. Учет тепловых потерь при поверочном тепловом расчете.
8. Компонировочный расчет. Конструкции теплообменников. Методы интенсификации теплообмена в тепломассообменных установках.
9. Гидравлический расчет. Расчет полного гидравлического сопротивления для трактов движения теплоносителей и расчет мощности нагнетателя. Особенности проведения механического расчета.
10. Рекуперативные теплообменные аппараты периодического действия. Особенности проведения теплового расчета при проектировании теплообменных аппаратов периодического действия. Изменение температуры теплоносителей в рекуперативных теплообменных аппаратах периодического действия. Расчет конечной температуры носителей
11. Регенеративные теплообменные аппараты и установки. Конструкции и применение регенеративных теплообменных аппаратов. Виды применяемых насадок. Теплообмен в слое. Регенераторы с неподвижным слоем, с псевдооживленным слоем, с подвижным слоем.
12. Система дифференциальных уравнений, описывающих объемную теплоотдачу в слое

насадки. Тепловой расчет регенераторов. Температурный гистерезис. Регенераторы непрерывного действия.

13. Тепловые трубы и термосифоны. Принцип действия тепловых труб капиллярно – пористого, гравитационного и центробежного типов. Тепловые трубы с капиллярно – пористыми материалами.

14. Смесительные теплообменники. Область применения смесительных теплообменников. Аппараты с непосредственным контактом жидкости и газа. Применение смесительных теплообменников. Аппараты с непосредственным контактом жидкости и газа. Насадочные и безнасадочные смесительные аппараты.

15. Сушильные установки. Обезвоживание материалов. Физико-химические изменения в веществе при проведении сушки. Оценка перспективности проведения сушки. Сушильные агенты и особенности их применения. Классификация сушильных аппаратов по способу подведения тепла, по режиму работы, по конструкции, схеме движения.

16. Выпарные установки. Компоновочный расчет. Требования к нормально функционирующей выпарной установке. Классификация выпарных установок по технологическим признакам, способу проведения выпаривания (по числу ступеней, по давлению греющего пара, по способу подвода греющего пара, по технологии обработки раствора, по схеме движения греющего пара). Особенности выпаривания растворов. Технологические схемы выпарных установок. Расчет температурной депрессии. Методы выпаривания растворов.

17. Перегонные и ректификационные установки. Классификация перегонных и ректификационных установок. Емкостные и пленочные установки перегонные и ректификационные установки. Тепловой расчет перегонных установок.

18. Деаэраторы и испарители. Основы процесса термической деаэрации. Типы деаэраторов и их конструкция. Струйные деаэраторы, барботажные деаэраторы.

Энергоиспользование в энергетике и технологии

1. Характеристика энергоносителей.

2. Методика определения потребности в энергоносителях.

3. Топливо-энергетический баланс предприятия. Стоимость топлива.

4. Определение часовой и суточной потребности в топливе.

5. Газовый баланс предприятия. Определение расчетной потребности в газе.

6. Газораспределительная станция и газораспределительные пункты.

7. Характеристика потребителей технической воды и основные направления ее использования.

8. Методика определения потребности в воде на технологические, противопожарные, хозяйственные и питьевые нужды предприятия.

9. Оборотные и бессточные системы водоснабжения как средство снижения энергозатрат на водопотребление и уменьшение загрязнения окружающей среды.

10. Способы получения искусственного холода.

11. Требования, предъявляемые к холодильным агентам и хладоносителям.

12. Теоретический цикл парокомпрессионной холодильной установки в $T-s$ и $P-h$ диаграммах.

13. Действительный цикл парокомпрессионной холодильной установки в $T-s$ и $P-h$ диаграммах.

14. Схема и принцип действия абсорбционной холодильной установки.

15. Схема и принцип действия парожеткорной холодильной установки.

16. Энергетическое сравнение парокомпрессионной и абсорбционной холодильных установок.

17. Тепловой баланс абсорбционной холодильной установки.

18. $T-s$ и $P-h$ диаграммы холодильных агентов.

19. Идеальные процессы оживания и замораживания газов.

Рекомендуемая литература

1. Липов Ю.М. Котельные установки и парогенераторы. М.: Ижевск, 2005. – 591 с.
2. Турхинский А.Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки. М.: Изд-во МЭИ, 2002. – 539 с.
3. Некряченко Г.П., Артюшин А.Н. «Паровые и водогрейные котлы». Учебно-справочное пособие. Изд-во Чуваш. ун-та, 2001. – 285 с.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. 6-е изд., перераб. – М.: Изд-во МЭИ, 1999. – 472 с.
5. Ионин А.А. и др. Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 336 с.
6. Системы производства и распределения энергоносителей промышленных предприятий в 2 частях, учебник для вузов / под общ. ред. проф. А.П. Несенчука, Минск, УП «Технопринт», 2005. – 410 с.
7. Кондрашова Н.Г., Лашутина Н.Г. Холодильно-компрессорные машины и установки, М, Высшая школа, 1984. – 336 с.
8. Карелин В.Я. Насосы и насосные станции. – М: Стройиздат, 1986. – 320 с
9. Черкасский В.М. и др. Нагнетатели и тепловые двигатели. – М.: Энергоатомиздат, 1997. – 384 с.
10. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов / Г.М. Иванова, Н.Д. Кузнецов, В.С. Чистяков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2005. – 460 с.
11. Теплотехнические измерения и приборы: Лаб. практикум/ авт.-сост. В.В. Афанасьев, Г.П. Некряченко. Чебоксары: Рекомендована УМО. Изд-во Чуваш. ун-та, 1999. – 112с.
12. Афанасьев В.В., Сергеев А.Ф. Основы инженерного проектирования: Учеб. пособие. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2002. –392 с.
13. Орлов В.Н. Основные положения теории тепломассообмена: Учеб. пособие. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2010. – 202 с.
14. Орлов В.Н. Проектирование рекуперативных теплообменных аппаратов: Учеб. пособие. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2005. – 136 с.
15. Юдаев Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача: Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1988. – 479 с.