

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
“Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина”

Кафедра тепловых электрических станций

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

Рабочая программа, методические указания
и контрольные задания для студентов дневного и заочного
обучения специальности 220301.65 “ Автоматизация
технологических процессов и производств”

Иваново 2010

Составители: Г.Г. МИХЕЕВ
П.Г. МИХЕЕВ

Редактор С.И. ШУВАЛОВ

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания для студентов дневного и заочного обучения специальности 220301.65 “Автоматизация технологических процессов и производств” разработаны на основе ГОС (2000 г).

Утверждены цикловой методической комиссией ТЭФ.

Рецензент:
кафедра тепловых электрических станций ГОУВПО “Ивановский
государственный энергетический университет имени В.И. Ленина”

КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

Рабочая программа, методические указания и контрольные задания для студентов очного и заочного обучения специальности 220301.65 “Автоматизация технологических процессов и производств”

Составители: МИХЕЕВ Геннадий Григорьевич
МИХЕЕВ Павел Геннадьевич

Редактор Т.В. Соловьева

Подписано в печать Формат 60×84 1/16
Печать плоская. Усл. печ. л. 0,93. Тираж 50 экз. Заказ №
ГОУВПО “Ивановский государственный энергетический университет
имени В.И. Ленина”
153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, 34
Отпечатано в УИУНЛ ИГЭУ

I. Общие положения

По настоящей рабочей программе студентами дневного обучения в 7-м, а заочного в 9-м семестре изучаются темы 1-11, выполняются лабораторные работы в объёме 12 ч, студентами заочного обучения выполняется контрольная работа, сдается экзамен.

II. Рабочая программа и методические указания

Тема 1. Современные паровые котлы

Влияние повышения параметров на тип и конструкцию парового котла; маркировка паровых котлов; паровые котлы с различными типами циркуляции рабочего тела и их принципиальные схемы; компоновка паровых котлов.[Л. 1, гл. 1, 22; Л. 2, гл. 17.]

Вопросы для самопроверки

1. Как повышение параметров пара влияет на тип и конструкцию парового котла?
2. Изобразите схему барабанного котла, опишите назначение элементов и принцип его работы.
3. Изобразите схему прямоточного котла, опишите назначение элементов и принцип его работы.

Тема 2. Парогенерирующие поверхности нагрева

Парогенерирующие поверхности нагрева; тепловосприятие и компоновка, конструктивное выполнение, методы повышения надежности работы экранов.[Л. 1, гл. 17.]

Вопросы для самопроверки

4. Компоновка топочных экранов в барабанных котлах с естественной циркуляцией.

5. Виды компоновок топочных экранов прямоточных котлов.

6. Методы повышения надежности циркуляции в экранах барабанных котлов.

7. Методы повышения надежности топочных экранов прямоточных котлов.

Тема 3. Гидродинамика парового котла

Гидродинамика и надежность работы поверхностей нагрева. Изменение параметров и теплофизических свойств рабочей среды в водопаровом тракте энергетического блока ТЭС. Характеристики движения пароводяной смеси. Режимы движения пароводяной смеси в вертикальных и горизонтальных трубах. Гидравлические сопротивления.

Температурный режим поверхностей нагрева. Классификация обогрева и охлаждения поверхностей нагрева. Кризисы теплообмена в парообразующих трубах. Температурный режим по длине канала. Температурный режим по периметру сечения канала.

Температура рабочей среды и металла по пароводяному тракту прямоточных и барабанных котлов. Условия надежности работы поверхностей нагрева.

Гидродинамика замкнутых гидравлических систем. Естественная циркуляция.

Понятие о естественной циркуляции. Простые и сложные контуры циркуляции в барабанных паровых котлах. Закономерности естественной циркуляции. Движущий и полезный напоры циркуляции.

Основы расчета естественной циркуляции. Построение циркуляционной характеристики. Определение кратности циркуляции. Гидравлические характеристики сложного контура циркуляции и методика его расчета. Полная характеристика циркуляционного контура. Гидродинамика опускных труб.

Надежность режимов циркуляции. Явление застоя циркуляции, образование свободного уровня, опрокидывание циркуляции, образование и попадание пара в опускные трубы; расслоение пароводяной смеси. Методы повышения надежности циркуляции.

Принудительная циркуляция. Гидродинамика разомкнутых гидравлических систем.

Основные схемы гидравлических контуров поверхностей нагрева с принудительным движением рабочего тела (топочные поверхности прямоточных котлов, ширмовые и конвективные пароперегреватели, экономайзеры). Гидродинамика систем с принудительным движением рабочей среды. Полный перепад давлений в системах с параллельными трубами и роль отдельных составляющих. Гидравлические характеристики контуров. Гидродинамическая устойчивость потока в горизонтальных парообразующих трубах. Методы устранения неустойчивости гидравлических характеристик. Тепловая и гидравлическая разверка в системе параллельно включенных труб (экранах, пароперегревателях, экономайзерах) и мероприятия по их снижению. Влияние схемы включения коллекторов на распределение рабочей среды по трубам. Конструктивное оформление поверхностей нагрева с целью уменьшения тепловой разверки. Пульсация потока и меры по ее устранению. [Л.1, гл. 9, 10, 11, 12; Л.2, гл. 14, 15.]

Вопросы для самопроверки

8. Параметры пароводяной смеси: скорость циркуляции, массовая скорость, массовое и объёмное паросодержание, скорость смеси, плотность смеси.

9. Режимы течения пароводяной смеси в вертикальных и горизонтальных трубах.

10. Кризисы теплообмена в парообразующих трубах.

11. Движущий и полезный напоры естественной циркуляции.

12. Простой и сложный контуры естественной циркуляции, порядок их расчёта.

13. Виды нарушений естественной циркуляции и пути их устранения.

14. Понятие о трубном элементе, его гидравлической характеристике, однозначность характеристики, причины неоднозначности.

15. Виды неравномерностей и разверок в трубных элементах, взаимосвязь между ними, учёт при расчёте температуры стенки.

Тема 4. Пароперегреватели

Назначение пароперегревателей. Классификация пароперегревателей. Конвективные, радиационные, ширмовые пароперегреватели. Роль пароперегревателя при переходе на сверхвысокие и сверхкритические параметры пара. Комбинированные пароперегреватели.

Условия работы пароперегревателей. Допускаемые отклонения температуры перегретого пара. Изменение механических свойств стали с изменением температуры стенки трубы.

Регулирование температуры перегретого пара. Поверхностные и впрыскивающие пароохладители.

Регулирование перегрева впрыском собственного конденсата. Паропаровые теплообменники. Газовые методы регулирования. Схемы включения пароперегревателей. Особенности выполнения промежуточных (вторичных) пароперегревателей. Температурная зона размещения, обеспечивающая надежность работы металла в различных режимах работы.[Л. 1, гл. 18.]

Вопросы для самопроверки

17. Классификация пароперегревателей: по назначению, по способу тепловосприятия, по расположению.

18. Максимально допустимые по ПТЭ эксплуатационные отклонения температуры перегретого пара от номинальных значений, причины этих ограничений.

19. Основные факторы, влияющие на температуру перегретого пара. Регулировочные характеристики разных типов перегревателей.

20. Конвективные перегреватели: конструкции, расположение, крепление.

21. Полурадиационные (ширмовые) пароперегреватели: конструкции, расположение, крепление.

22. Компоновка пароперегревателя для барабанного котла высокого давления и прямоточного котла сверхкритического давления.

23. Регулирование температуры перегретого пара пароохладителями. Поверхностные и впрыскивающие пароохладители, их преимущества и недостатки, области применения. Способы установки пароохладителей в тракте пароперегревателя.

24. Регулирование температуры перегрева паропаровыми теплообменниками, принцип регулирования, схема включения паропарового теплообменника.

25. Газовые способы регулирования температуры перегретого пара.

26. Способы повышения надежности пароперегревателей.

Тема 5. Низкотемпературные поверхности нагрева

Одноступенчатая и двухступенчатая компоновка поверхностей нагрева в конвективной шахте.

Водяные экономайзеры, их конструктивное выполнение, компоновка, схемы включения. Интенсификация работы поверхностей нагрева. Плавниковые и мембранные экономайзеры и их конструктивные и эксплуатационные особенности. Меры борьбы с внешней и внутренней коррозией. Основы теплового расчета экономайзеров.

Воздухоподогреватели (ВЗП).

Значение подогрева воздуха для экономичного сжигания топлива и уменьшения температуры уходящих газов. Техничко-экономическое обоснование выбора температуры горячего воздуха. Типы воздухоподогревателей. Трубчатые ВЗП (ТВП), регенеративные ВЗП (РВП).

Условия работы ВЗП. Низкотемпературная коррозия, абразивный износ, занос золой.

Методы повышения коррозионной стойкости ВЗП: предварительное повышение температуры воздуха, включение паровых калориферов, стеклянные ВЗП, ВЗП с промежуточным теплоносителем. Антикоррозионные

покрытия. Керамическая набивка РВП. Основы теплового расчета ВЗП – трубчатых и РВП. [Л. 1, гл. 19.]

Методические указания

При изучении данной темы следует обратить внимание на значимость ЭКО и ВЗП в котлах с ростом их параметров, на конструкцию их и эксплуатационные особенности, на методы борьбы с коррозией ВЗП, особенно при сжигании мазута и твёрдого топлива с высоким содержанием серы.

Вопросы для самопроверки

27. Назначение экономайзера (ЭКО) и воздухоподогревателя (ВЗП) в энергетических котлах. Факторы, влияющие на выбор температуры горячего воздуха.

28. Взаимная компоновка ЭКО и ВЗП в конвективных газоходах, её варианты и обусловленность.

29. Конструктивное выполнение ЭКО: гладкотрубные, плавниковые, мембранные.

30. Типы ВЗП: рекуперативные (ТВП), регенеративные (РВП). Схематично изобразить их конструкции, дать сравнительный анализ преимуществ и недостатков.

Тема 6. Тепловая схема и газоздушный тракт парового котла

Принципиальная тепловая схема барабанного и прямоточного котла, пароводяной тракт и средства управления его работой, принципиальные схемы газоздушного тракта. [Л. 1, гл. 21.]

Вопросы для самопроверки

31. Какие параметры являются определяющими при формировании тепловой схемы парового котла?

32. Приведите принципиальную тепловую схему и тепловую диаграмму барабанного котла.

33. Приведите принципиальную тепловую схему и тепловую диаграмму прямоточного котла.

34. Приведите типы арматуры, применяемой в пароводяном тракте котла.

35. Приведите принципиальные схемы газоздушного тракта котла.

Тема 7. Эксплуатация паровых котлов

Организация эксплуатации; эксплуатационные режимы и показатели; нормативно-техническая и рабочая документация.

Эксплуатация паровых котлов; подготовка парогенераторов к пуску; пусковые схемы и пуск блока на скользких параметрах; управление работой парогенератора в постоянном режиме и роль тепловой автоматики в эксплуатации паровых котлов; режимы останова и сброса нагрузки котла. [Л. 1, гл. 23; Л. 2, гл. 29; Л. 3, гл. 3, 4.]

Методические указания

При изучении данной темы обратить внимание на особенности пусков котлов разных типов из различных тепловых состояний котла, проявление аккумулирующей емкости котла при изменении параметров работы котла.

Вопросы для самопроверки

36. Опишите основные операции подготовки котла к пуску?

37. Нарисуйте пусковую схему барабанного парового котла, работающего на магистраль, и опишите последовательность пусковых операций.

38. Нарисуйте пусковую схему блока с прямоточным котлом и опишите последовательность пусковых операций.

Тема 8. Нестационарные режимы работы парового котла

Отклонение условий работы парового котла от расчетных; возможные пределы изменения нагрузки в зависимости от режима работы ТЭС, типа котла, вида топлива и способа его сжигания; характеристики переменных режимов при изменении нагрузки, температуры питательной воды, воздушного режима и качества топлива, особенности работы котлов различных типов при нестационарных режимах. [Л. 1, гл. 23; Л. 3, гл. 2.]

Вопросы для самопроверки

39. Какие факторы определяют регулировочный диапазон нагрузок парового котла?

40. Опишите нестационарные процессы в пароводяном тракте барабанного котла.

41. Опишите нестационарные процессы в пароводяном тракте прямоточного котла.

42. Как изменяются показатели работы котла при изменении его нагрузки?

43. Как изменяются показатели работы котла при изменении температуры питательной воды?

44. Как изменяются показатели работы котла при изменении качества топлива?

45. Как изменяются показатели работы котла при изменении воздушного режима котла?

Тема 9. Организация испытаний парового котла

Роль испытания и наладки в обеспечении надежной и экономичной работы энергетического оборудования.

Цели и задачи испытания и наладки паровых котлов. Подготовительные работы. Программа испытаний. Охрана труда при испытаниях.

Основные измерения при испытаниях. Проверка готовности агрегата к испытаниям. Прикидочные, режимные и балансовые опыты. Технический отчет. [Л. 4, гл. 1.]

Методические указания

При изучении настоящей темы следует уяснить, какие организации осуществляют испытания и наладку энергетического оборудования, взаимосвязь их с ТЭС, как организуются эти работы. Изучаемый материал рекомендуется показать на примере ГРЭС, ТЭЦ, предприятия, где работает студент.

Вопросы для самопроверки

46. Типы испытаний парогенераторов. Требования к балансовым испытаниям.

47. Требования к режимно-наладочным испытаниям.
Примерная программа режимно-наладочных испытаний.

48. Основные измерения при испытаниях парового котла.

49. Тарировка сечения газохода.

Тема 10. Испытание и наладка систем топливоприготовления

Общие принципы отбора проб. Отбор и приготовление проб твердого топлива. Ситовый анализ. Отбор и приготовление средних проб жидкого и газообразного топлива.

Общие вопросы испытаний и наладки пылесистем.

Наладка питателей сырого угля и угольной пыли.

Испытание пылесистемы с шаровой барабанной мельницей. Испытание среднеходных, молотковых мельниц и мельниц-вентиляторов.

Снятие аэродинамических характеристик воздушного и топливного трактов. Исследование аэродинамики топочных камер и горелочных устройств. [Л. 4, гл. 2; Л. 5, гл. 3, 4.]

Методические указания

При изучении данной темы следует обратить внимание на методы отбора представительной пробы, так как наибольшая составляющая в общей погрешности определения характеристик топлива относится к стадии отбора проб. Одним из важнейших параметров работы пылесистем являются производительность мельницы и расход сушильно-транспортирующего агента. Порядок их определения следует внимательно рассмотреть. [Л. 3, гл. 3, 8].

Уделить особое внимание оснастке, применяемой при исследовании аэродинамики воздушного и топливного трактов.

Вопросы для самопроверки

50. Отбор и приготовление средних проб твердого топлива.

51. Отбор и приготовление средних проб пыли. Схема установки. Основные приспособления.

52. Отбор и приготовление средних проб жидкого и газообразного топлива.

53. Испытание пылесистемы с шаровой барабанной мельницей и промбункером. Схема измерений.

54. Испытание пылесистемы с молотковой мельницей. Схема измерений.

55. Испытание пылесистемы со среднеходной мельницей. Схема измерений. Результаты, которые должны быть получены.

56. Измерение расхода воздуха.

Тема 11. Исследование и наладка топочного режима

Определение присосов воздуха.

Определение оптимального положения факела в топке. Оптимизация коэффициента избытка воздуха и тонкости помола пыли.

Определение минимально устойчивой и максимально возможной длительной нагрузки пылеугольного котла.

Образование и методы подавления окислов азота в топках котла.

Определение полей скоростей, концентраций, температур. Определение тепловой эффективности топочных экранов. [Л. 4, гл. 7, 8; Л. 5, гл. 1.]

Методические указания

Данную тему необходимо изучить подробно и хорошо знать, т.к. здесь рассматривается определение параметров, в значительной степени определяющих экономичность работы парового котла.

Вопросы для самопроверки

57. Определение оптимального положения факела при испытании пылеугольного котла.

58. Определение оптимальной тонкости помола при сжигании бурых углей в пылеугольном котле с шахтно-мельничной топкой.

59. Определение оптимального избытка воздуха при сжигании природного газа.

60. Определение присосов воздуха в топочной камере и газоходах котла.

3. Лабораторные работы

В седьмом семестре студенты выполняют следующие лабораторные работы:

1. Определение оптимального режима работы котла (ВЦ ТЭФ): – 4 часа;

2. Режим работы пароперегревателя парового котла (ВЦ ТЭФ): – 4 часа;

3. Подготовка и сдача отчетов: – 4 часа.

4. Задания контрольной работы

В седьмом семестре по курсу выполняется контрольная работа. Контрольные задания составлены в десяти вариантах. Студенты выполняют вариант,

соответствующий последней цифре шифра. Ответы должны даваться полными, с приложением схем, рисунков, выводов.

Задание: Ответить письменно на вопросы Вашего варианта.

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Вопросы	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

Библиографический список

1. **Резников, М.И.** Паровые котлы тепловых электростанций / М.И. Резников, Ю.М. Липов. – М.: Энергоиздат, 1981. - 240 с.
2. **Ковалев, А. П.** Парогенераторы / А.П. Ковалев [и др.]– М.: Энергоатомиздат, 1985.
3. **Елизаров, П.П.** Эксплуатация котельных установок высокого давления на электростанциях / А.П. Елизаров. – М.: Госэнергоиздат, 1961. – 400 с.
4. **Парилов, В.А.** Испытания и наладка паровых котлов: учебное пособие для вузов / В.А. Парилов, С.Г. Ушаков. – М.: Энергоатомиздат, 1980. – 320 с.
5. **Трембовля, В.И.** Теплотехнические испытания котельных установок / В.И. Трембовля, Е.Д. Фингер, А.А. Авдеева. – М.: Энергия, 1977. – 296 с.