

Техническая термодинамика

Код направления подготовки	13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль)	Теплоэнергетика и теплотехника
Форма обучения	Очная
Кафедра-разработчик	Радиоэлектроники и электроэнергетики
Выпускающая кафедра	Радиоэлектроники и электроэнергетики

Задание для контрольной работы:

Задача №1

В паротурбинной установке мощностью $N = 500$ МВт параметры пара перед турбиной: $p_1 = 170$ бар, $t_1 = 550$ °С. Давление пара в конденсаторе $p_2 = 0,03$ бара. Охлаждающая вода в конденсаторе нагревается на $\Delta t_b = 15$ °С. Топливо – природный газ с теплотворной способностью $Q_{рн} = 45$ МДж/кг. КПД парогенератора $\eta_{пг} = 0,95$. Определить параметры и функции рабочего тела в характерных точках цикла, удельные количества подведенной и отведенной теплоты, работы турбины, насоса и цикла, термический КПД, расходы пара, топлива и охлаждающей воды. Определить расход рабочего тела через ГТУ и расход сжигаемого топлива, если мощность установки $N = 20$ МВт, а теплотворность топлива $Q_{рн} = 40$ МДж/кг.

Задача №2

Воздушная холодильная установка имеет холодопроизводительность $Q_x = 100$ МДж/ч. Параметры воздуха на входе в компрессор (см. рис.): $p_1 = 1$ бар и $t_1 = -5$ °С. После сжатия воздух имеет давление $p_2 = 5$ бар. Температура воздуха после охладителя $t_3 = 22$ °С. Определить параметры воздуха в характерных точках цикла, удельную холодопроизводительность установки, затраченную в цикле работу, холодильный коэффициент, расход воздуха, мощности привода компрессора и детандера.

Задача №3

Парокомпрессорная холодильная установка работает с использованием фреона R-22. В компрессоре холодильной установки сжимается влажный пар. Температура рабочего тела в 24 испарителе холодильной камеры $t_1 = -10$ С. Температура конденсации пара в охладителе $t_3 = 20$ С. Холодопроизводительность установки $Q_x = 100$ кВт. Определить параметры и функции рабочего тела в характерных точках цикла, воспользовавшись диаграммой ($\lg p-h$) для фреона R-22. Найти удельную холодопроизводительность установки; теплоту, отдаваемую окружающей среде; затраченную в цикле работу; холодильный коэффициент установки; расход холодильного агента и мощность привода компрессора.

Вопросы для подготовки к экзамену:

1. Термодинамическая система. Рабочее тело. Уравнение состояния (Клаперона). Основные параметры состояния рабочего вещества.

2. Газовые смеси. Закон Дальтона для газовых смесей.
 3. Методы смешения газовых смесей.
 4. Коэффициент сжимаемости. Уравнение Ван-дер Вальса и Уравнение Майера-Боголюбова.
 5. Внутренняя энергия, работа, количество теплоты. Теплоемкость, виды теплоемкости.
 6. Первый закон термодинамики. Энтальпия. Второй закон термодинамики.
 7. Обратимые, необратимые процессы. Прямой и обратный цикл.
 8. Цикл Карно. Термодинамический КПД цикла Карно.
 9. Эксергия
 10. Изохорный, изобарный, изотермический процесс. Адиабатный, политропный процесс.
 11. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазовая диаграмма рабочего вещества.
 12. Истечение газов и паров.
 13. Дросселирование газов.
 14. Водяной пар.
 15. Классификация компрессоров. Одноступенчатый компрессор объемного действия.
 16. Многоступенчатый компрессор.
 17. Цикл Ренкина.
 18. Цикл с промежуточным перегревом пара.
 19. Регенеративный цикл паросиловой установки.
 20. Теплофикационный цикл.
 21. Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты.
 22. Цикл ГТУ с изобарным подводом теплоты и регенерацией.
 23. Равновесие термодинамических систем, термодинамические потенциалы.
 24. Основные параметры характеризующие влажный воздух.
 25. Термодинамическая система. Параметры состояния и уравнение состояния.
- Идеальный газ. Уравнение состояния идеального газа.
26. Теплоемкость. Факторы, влияющие на теплоемкость. Классическая и квантовая теории теплоемкости.
 27. Работа и теплота. Вычисление количеств работы и теплоты в термодинамике.
 28. Первое начало термодинамики. Математическое выражение первого начала термодинамики.
 29. Внутренняя энергия. Вычисление внутренней энергии идеального газа.
 30. Энтальпия термодинамической системы. Полезная внешняя работа.
 31. Второе начало термодинамики в формулировках Клаузиуса и Томсона. Вечный двигатель второго рода.
 32. Закон Джоуля. Соотношение Майера.
 33. Политропный процесс. Уравнение политропного процесса в координатах $p-v$. Показатель политропы. Политропный процесс идеального газа.
 34. Частные случаи политропного процесса. Расчёт, изображение на термодинамических диаграммах адиабатического, изотермического, изобарного и изохорного процессов идеального газа.
 35. Термодинамика потока. Основные законы термодинамики для потока. Скорость звука. Число Маха. Термодинамика геометрического сопла. Дросселирование.
 36. Прямые и обратные термодинамические циклы. I и II законы термодинамики для цикла. Термический КПД цикла. Среднеинтегральные температуры подвода и отвода теплоты.
 37. Цикл Карно. Термический КПД цикла Карно. Теоремы Карно. Регенерация теплоты, обобщенный цикл Карно.
 38. Циклы ДВС с изобарным и изохорным подводом теплоты. Расчёт термического КПД. Графическое сравнение циклов.

39. Термодинамический анализ работы компрессора. Выбор оптимального отношения давлений в многоступенчатом компрессоре.

40. Цикл ГТУ $p=\text{const}$. Расчёт его термического КПД. Цикл ГТУ $p=\text{const}$ с учётом потерь в компрессоре и в турбине. Относительные внутренние КПД компрессора и турбины. Расчет термического КПД цикла. Цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и расширением.

41. Первый закон термодинамики для систем с переменной массой. Химический потенциал. Фазовая диаграмма $p-t$.

42. Условия термодинамического равновесия двухфазной системы. Правило фаз Гиббса.

43. Вычисление параметров влажного пара. Степень сухости.

44. Изобарный процесс водяного пара. Расчёт процесса. Изображение процесса в диаграммах $p-v$, $T-s$, $h-s$.

45. Простейшая схема паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина. Диаграмма $T-s$ цикла.

46. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара. Схема установки, расчёт, изображение в диаграммах $T-s$ и $h-s$.

47. Цикл Ренкина с отбором пара на регенерацию. Схема установки, расчёт, изображение в диаграммах $T-s$ и $h-s$.

48. Теплофикационный цикл Ренкина с противодавлением. Схема установки, расчёт, изображение в диаграммах $T-s$ и $h-s$.

49. Цикл Ренкина с отбором пара на теплофикацию. Схема установки, расчёт, изображение в диаграммах $T-s$ и $h-s$.

50. Тепловые насосы и трансформаторы теплоты. Отопительный коэффициент и коэффициент трансформации теплоты.