

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический
университет»

Факультет «Магистратура»

А.А. Балашов, Д.С. Кацуба

**РАЗРАБОТКА ВЫСОКОЭКОНОМИЧНЫХ
И ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

Утверждено Методическим советом ТГТУ
в качестве методических указаний по проведению
практических занятий для студентов магистратуры,
обучающихся по направлению
140100.68 «Теплоэнергетика и теплотехника»



Тамбов
2014

УДК 620.9 (076)

ББК 335я73-5

Б-202

Рецензент

кандидат технических наук, доцент кафедры
«Электроэнергетика» ФГБОУ ВПО «ТГТУ» ***С.В. Кочергин***

Б-202 Разработка высокоэкономичных и экологически безопасных энергетических установок: метод. указ. / Сост.: А.А. Балашов, Д.С. Кацуба. – Тамбов: ТГТУ, 2014. – 24 с.

УДК 620.9 (076)

ББК 335я73-5

Б-202

Утверждено Методическим советом ТГТУ
(протокол № 10 от 19.12.2013 г.)

© Балашов А.А., Кацуба Д.С., 2014

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	2
2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ.....	4
3. ТЕСТИРОВАНИЕ.....	12
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	24

1. ТРЕБОВАНИЯ К УРОВНЮ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целями освоения учебной дисциплины «Разработка высокоэкономичных и экологически безопасных энергетических установок» являются разработка и создание новых высокоэкономичных и экологически безопасных установок для выработки электрической и тепловой энергии. Подготовка магистров к решению вопросов проектирования, эксплуатации и совершенствования энергетических систем, для решения проблемы эффективного использования материальных ресурсов и энергии в промышленных теплотехнологических системах и обеспечения предприятий тепловой энергией.

Изучение курса ставит перед собой следующие задачи:

- ознакомление с методами интенсивного энергосбережения и экологии в теплотехнологических производствах;
- разработка термодинамических и технически реализуемых тепловых схем аппаратов;
- выбор эффективных теплотехнических принципов организации технологического процесса;
- энергоэкономическая и теплотехническая оптимизация высокотемпературных процессов;
- разработка и создание энергоматериалосберегающих и экологически безопасных моделей производственных систем и оборудования нового поколения.

Выполнение практической работы по дисциплине «Разработка высокоэкономичных и экологически безопасных энергетических установок» служит формированию следующих профессиональных компетенций (ПК):

– готовность к участию в разработке эскизных, технических и рабочих проектов объектов и систем теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологии с использованием средств автоматизации проектирования, передового опыта их разработки (ПК–12);

– готовность к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, подготовке обоснований технического перевооружения, развития энергохозяйства, реконструкции и модернизации предприятий – источников энергии и систем энергоснабжения (ПК–19).

2. ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

Перечень тем практических занятий, предусмотренных учебной программой по дисциплине «Разработка высокоэкономичных и экологически безопасных энергетических установок», представлен в табл. 1.

Таблица 1. Перечень тем практических занятий

Номер недели в графике учебно-го процесса	№ раздела и темы дисциплины	Тема практического занятия	Форма проведения
1	2	3	4
1–2	Тема 1	Общие сведения о трансформации тепла.	Тематический доклад и семинар
3–4	Тема 2	Парокомпрессионные трансформаторы теплоты.	Тематический доклад и семинар
5	Тема 3	Струйные трансформаторы теплоты.	Тематический доклад и семинар
6	Тема 4	Абсорбционные трансформаторы теплоты.	Тематический доклад и семинар
7	Тема 5	Газовые компрессионные трансформаторы теплоты.	Тематический доклад и семинар
8	Тема 6	Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты.	Тематический доклад и семинар
9	Тема 7	Системы ожижения и низкотемпературного разделения газовых смесей.	Тематический доклад и семинар

Окончание таблицы 1.

1	2	3	4
10	Тема 8	Идеальный цикл Стирлинга и основные уравнения.	Тематический доклад и семинар
11–12	Тема 9	Классификация механических систем Стирлинга.	Тематический доклад и семинар
13–14	Тема 10	Регенеративные теплообменники в машинах Стирлинга.	Тематический доклад и семинар
15–16	Тема 11	Применение машин, работающих по циклу Стирлинга.	Тематический доклад и семинар
17–18	Тема 12	Направления исследований двигателя Стирлинга.	Тематический доклад и семинар

Проведение практических занятий в виде семинара направлено на:

- закрепление, углубление знаний, полученных на лекциях;
- активное приобретение новых знаний;
- формирование у студентов умения работать с технической литературой, анализировать, обобщать и систематизировать полученные знания;
- формирование у студентов навыков самостоятельного поиска решений по поставленным проблемам.

Подготовка к семинарским занятиям по дисциплине «Разработка высокоэкономичных и экологически безопасных энергетических установок» должна включать следующие моменты:

- знакомство с соответствующими главами учебного пособия (в планах занятий приведен список литературы, рекомендованной для всех тем. Оптимальным был бы вариант работы не с одним учебником, так как в разных учебниках избран разный подход к изучаемому предмету и полезно понять различие подходов, сравнить их, чтобы выработать свою позицию);

– чтение конспекта лекции, чтение и осмысление одного – двух источников из приведенного списка рекомендуемой литературы;

– выяснение для себя содержания тех категорий и понятий, которые являются основными для данного раздела дисциплины.

При подготовке к работе на семинаре следует отмечать краткие тезисы ответа на вопросы, поставленные в плане занятия, и неясные вопросы и проблемы, которые необходимо обсудить на семинаре.

Нужно стараться связывать теоретические проблемы с практикой социальной и личной жизни, с конкретными профессиональными интересами в области науки.

Семинарское занятие – не проверка подготовленного «занятия», а обсуждение проблем изучаемой науки.

Студент свободен в выборе методик подготовки к семинарам. Однако выбранная им методика должна обеспечить достижение целей семинаров и соблюдение форм результатов обучения.

Оценка результатов обучения студентов на семинаре производится в соответствии с применяемыми преподавателем критериями.

Ниже приведены контрольные вопросы по каждой теме семинарского занятия и рекомендуемая литература.

Тема 1. Общие сведения о трансформации тепла.

Литература: [1, с. 5–34].

Контрольные вопросы.

1. Назначение трансформаторов теплоты.
2. Область использования термотрансформаторов.
3. Классификация трансформаторов теплоты.
4. Эксергетический метод анализа систем трансформации теплоты.
5. Определение значения эксергии для различных видов энергии.
6. Диаграмма эксергия – энтальпия.

7. Характерные энергетические зоны в низкотемпературной области. Температурные зоны искусственного холода.
8. Рабочие тела трансформаторов теплоты.
9. Хладоносители.

Тема 2. Парокомпрессионные трансформаторы теплоты.

Литература: [1, с. 34–62].

Контрольные вопросы.

1. Принципиальная схема и цикл одноступенчатого парокомпрессионного трансформатора теплоты.
2. Основные энергетические показатели парокомпрессионного трансформатора теплоты.
3. Методика расчета одноступенчатого парокомпрессионного трансформатора теплоты.
4. Регенеративный теплообмен в парокомпрессионных трансформаторах теплоты.
5. Многоступенчатые парокомпрессионные трансформаторы теплоты.
6. Методика расчета двухступенчатой холодильной установки.
7. Каскадные парокомпрессионные трансформаторы теплоты.
8. Работа парокомпрессионных трансформаторов теплоты в режиме теплонасосных установок (ТНУ).
9. Использование теплонасосных установок в системах теплоснабжения.
10. Применение парокомпрессионных ТНУ на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности.
11. ТНУ для утилизации теплоты паровоздушной смеси.
12. Основные методы регулирования парокомпрессионных трансформаторов теплоты.
13. Классификация систем хладоснабжения с парокомпрессионными установками.
14. Схемы систем хладоснабжения.

Тема 3. Струйные трансформаторы теплоты.

Литература: [1, с. 62–70].

Контрольные вопросы.

1. Типы струйных трансформаторов теплоты.
2. Схема и принцип работы струйного аппарата.
3. Пароэжекторные холодильные установки.
4. Вихревые трансформаторы теплоты.
5. Повышение экономичности технологического пароснабжения посредством струйной термокомпрессии пара.

Тема 4. Абсорбционные трансформаторы теплоты.

Литература: [1, с. 70–84].

Контрольные вопросы.

1. Особенности абсорбционного трансформатора теплоты.
2. Водоаммиачный трансформатор теплоты.
3. Основные энергетические показатели водоаммиачного трансформатора теплоты.
4. Абсорбционный бромисто-литиевый трансформатор теплоты.
5. Определение основных энергетических показателей бромисто-литиевой установки.
6. Абсорбционный тепловой насос.
7. Энергетическая эффективность хладоснабжения от пароконденсационных и абсорбционных установок.

Тема 5. Газовые компрессионные трансформаторы теплоты.

Литература: [1, с. 84–89].

Контрольные вопросы.

1. Особенности газовых трансформаторов теплоты.
2. Идеальный газовый трансформатор теплоты.
3. Газовый компрессионный трансформатор теплоты с регенерацией.

Тема 6. Газожидкостные компрессионные трансформаторы теплоты.

Литература: [1, с. 89–94].

Контрольные вопросы.

1. Особенности газожидкостных трансформаторов теплоты.
2. Криорефрижераторы с дроссельной ступенью окончательного охлаждения.
3. Криорефрижераторы с детандерной ступенью окончательного охлаждения.

Тема 7. Системы ожижения и низкотемпературного разделения газовых смесей.

Литература: [1, с. 94–105].

Контрольные вопросы.

1. Особенности систем. Процессы ожижения и замораживания газов.
2. Ожижители с дроссельной ступенью окончательного охлаждения.
3. Ожижитель Линде с внешним отводом теплоты в ступени предварительного охлаждения.
4. Ожижитель Клода с внутренним охлаждением в ступени предварительного охлаждения.
5. Ожижитель Капицы.
6. Низкотемпературное разделение газовых смесей.
7. Использование в промышленности продуктов разделения воздуха.
8. Низкотемпературная ректификация воздуха.

Тема 8. Идеальный цикл Стирлинга и основные уравнения.

Литература: [5, с. 29–43].

Контрольные вопросы.

1. Изотермический процесс сжатия.

2. Регенеративный процесс теплоотдачи при постоянном объеме.
3. Изотермический процесс расширения.
4. Регенеративный процесс теплоотдачи при постоянном давлении.
5. Среднее давление цикла.
6. Передаваемая теплота и производимая работа.
7. Полость расширения.
8. Полость сжатия.
9. Распределение массы рабочего тела в машине.
10. Отводимая теплота холодильной машины и выходная мощность двигателя в безразмерных единицах.
11. Усовершенствование теоретического анализа.

Тема 9. Классификация механических систем Стирлинга.

Литература: [5, с. 55–67].

Контрольные вопросы.

1. Конструктивные разновидности машин Стирлинга.
2. Одноцилиндровые машины вытеснительного типа.
3. Двухцилиндровые машины вытеснительного типа.
4. Многопоршневые машины.
5. Сравнение многоцилиндровых машин с машинами вытеснительного типа.
6. Сравнение одноцилиндровых и многоцилиндровых машин вытеснительного типа.
7. Конструктивные разновидности машин Эриксона.

Тема 10. Регенеративные теплообменники в машинах Стирлинга.

Литература: [5, с. 67–87].

Контрольные вопросы.

1. Идеальный регенератор.

2. Реальный регенератор.
3. Теоретические основы работы регенератора.
4. Рабочие условия.
5. Применение теории к регенерации в машинах Стирлинга.
6. Криогенные газовые машины.

Тема 11. Применение машин, работающих по циклу Стирлинга.

Литература: [5, с. 102–121].

Контрольные вопросы.

1. Автомобильные двигатели.
2. Криогенные газовые машины.
3. Рефрижераторные установки.
4. Электрогенераторы малой мощности.
5. Двигатели для морских судов.
6. Подводные энергетические системы.
7. Солнечные энергетические установки.
8. Механический привод в аппаратах «искусственное сердце».
9. Привод электрогенераторов в ядерных энергетических установках.
10. Универсальные энергетические системы.

Тема 12. Направления исследований двигателя Стирлинга.

Литература: [5, с. 121–134].

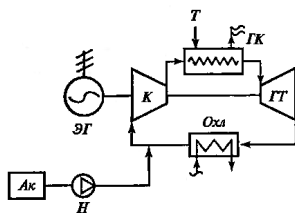
Контрольные вопросы.

1. Свободнопоршневые двигатели Биля.
2. Гибридный двигатель со свободным вытеснителем и кривошипно-шатунным приводом рабочего поршня.
3. Двухкомпонентные двухфазные рабочие тела.
4. Машина Вюлемьера.

3. ТЕСТИРОВАНИЕ

В целях углубленного освоения студентами пройденного материала предусмотрено тестирование по основным вопросам изучаемой дисциплины. Для успешного прохождения контроля необходимо ответить на все тесты.

Ниже приведен примерный список тестов.



1. На рисунке представлена ГТУ с ...

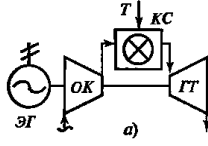
- А. двойным циклом
- Б. разомкнутым циклом
- В. открытым циклом
- Г. замкнутым циклом

2. Для включения ГТУ с замкнутым циклом используется ...

- А. запал
- Б. пусковое устройство
- В. горелка
- Г. лопасти турбины

3. Недостатки ГТУ с замкнутым циклом: а) сложные конструкции газового котла и охладителя; б) ограниченная температура газа перед турбиной; в) высокое давление в компрессоре; г) использование газа в виде топлива для котла.

- А. а, б
- Б. а, в
- В. а, г
- Г. в, г



4. На рисунке **а)** представлена ГТУ ...

- А. разомкнутого цикла
- Б. замкнутого цикла
- В. открытого цикла
- Г. закрытого цикла

5. Работа, потребляемая на валу компрессора, определяется по выражению ...

- А. $H_k = c_{vB} (T_2 - T_1)$
- Б. $H_k = c_{pB} (T_2 + T_1)$
- В. $H_k = c_{pB} (T_2 - T_1)$
- Г. $H_k = c_{vB} (T_2 - T_1)$

6. Цикл ГТУ со сгоранием топлива при постоянном давлении – это цикл ...

- А. Отто
- Б. Карно
- В. Брайтона
- Г. Тринклера

7. Степень повышения давления воздуха в компрессоре находится по выражению ...

- А. $\pi_k = \sqrt{\frac{p_{к.к.}}{p_{н.к.}}}$
- Б. $\pi_k = 1 - \frac{p_{к.к.}}{p_{н.к.}}$
- В. $\pi_k = 1 + \frac{p_{к.к.}}{p_{н.к.}}$
- Г. $\pi_k = \frac{p_{к.к.}}{p_{н.к.}}$

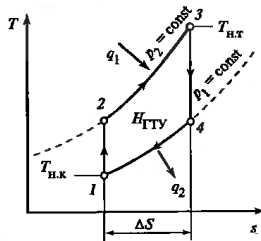
8. Степень сжатия в компрессоре находится по формуле ...

А. $\varepsilon_k = \left(\frac{V_{\text{к.к.}}}{V_{\text{н.к.}}} \right)^k$

Б. $\varepsilon_k = 1 - \frac{V_{\text{к.к.}}}{V_{\text{н.к.}}}$

В. $\varepsilon_k = \frac{V_{\text{к.к.}}}{V_{\text{н.к.}}}$

Г. $\varepsilon_k = \left(\frac{V_{\text{к.к.}}}{V_{\text{н.к.}}} \right)^{1-k}$



9. На рисунке представлен цикл ...

- А. Брайтона
- Б. Карно
- В. Ренкина
- Г. Дизеля

10. Термический КПД обратимого цикла Брайтона для идеального газа при $c_p = \text{const}$ определяется соотношением ...

А. $\eta_t = 1 - \frac{1}{(\varepsilon_k)^{\frac{k-1}{k}}}$

Б. $\eta_t = 1 - \frac{1}{(\pi_k)^{\frac{n-1}{n}}}$

В. $\eta_t = 1 - \frac{1}{(\pi_k)^{\frac{k-1}{k}}}$

Г. $\eta_t = 1 - \frac{1}{(\varepsilon_k)^{\frac{n-1}{n}}}$

11. В тепловой схеме энергетической ГТУ газовая турбина выполняет функции ...

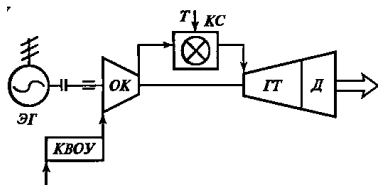
- А. теплового двигателя
- Б. паровой турбины
- В. компрессора
- Г. теплообменника

12. Первая энергетическая ГТУ производила электроэнергию с КПД ...

- А. 18%
- Б. 0,2%
- В. 30%
- Г. 23%

13. Термодинамический цикл Брайтона можно охарактеризовать двумя параметрами ...

- А. λ и $T_{н.т.}$
- Б. π и $T_{н.т.}$
- В. $p_{н.т.}$ и $T_{н.т.}$
- Г. $p_{н.т.}$ и $v_{н.т.}$



14. На рисунке
значено ...

позицией *КВОУ* обо-

- А. комплексное воздухоочистительное устройство
- Б. конденсационное воздухоочистительное устройство
- В. квазихолодное воздухоочистительное устройство
- Г. компрессорное воздухоочистительное устройство

15. Количество ступеней в проточной части современных газовых турбин с осевым подводом газов равно ...

- А. 13–15
- Б. 30–50
- В. 3–5
- Г. 35–53

16. КПД проточной части газовой турбины (относительный внутренний КПД) ...

А. $\eta_{ГТ}^* = 1 + \frac{H_i^*}{H_0^*}$

Б. $\eta_{ГТ}^* = 1 - \frac{H_i^*}{H_0^*}$

В. $\eta_{ГТ}^* = \frac{H_i^*}{H_0^*}$

Г. $\eta_{ГТ}^* = \frac{H_i^*}{1 + H_0^*}$

17. Система воздушного охлаждения, применяемая в газовой турбине, использует систему ...

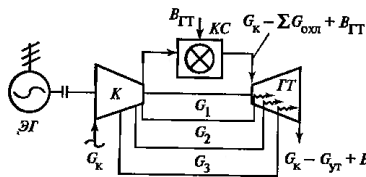
- А. воздушного охлаждения
- Б. водяного охлаждения
- В. парового охлаждения
- Г. естественного охлаждения

18. Система парового охлаждения, применяемая в газовой турбине, использует систему ...

- А. парового охлаждения
- Б. водяного охлаждения
- В. воздушного охлаждения
- Г. естественного охлаждения

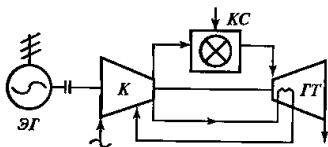
19. В Московском энергетическом институте создана программа аппроксимации табличных данных с использованием метода ...

- А. Ньютона
- Б. Гаусса
- В. наименьших квадратов
- Г. Лагранжа



20. На рисунке система воздушного охлаждения газовой турбины.

- А. открытая
- Б. закрытая
- В. комбинированная
- Г. естественная



21. На рисунке представлена ... система воздушного охлаждения газовой турбины.

- А. комбинированная
- Б. открытая
- В. закрытая
- Г. естественная

22. Интенсивность охлаждения вычисляется по следующей зависимости ...

- А. $\theta = \frac{T_{\Gamma}^* - T_{\text{М}}}{T_{\Gamma}^* - T_{\text{ОХЛ.В}}^*}$
- Б. $\theta = \frac{T_{\Gamma}^* + T_{\text{М}}}{T_{\Gamma}^* + T_{\text{ОХЛ.В}}^*}$
- В. $\theta = \frac{T_{\Gamma}^* - 2T_{\text{М}}}{T_{\Gamma}^* + T_{\text{ОХЛ.В}}^*}$
- Г. $\theta = \frac{10T_{\Gamma}^* + T_{\text{М}}}{T_{\Gamma}^* - T_{\text{ОХЛ.В}}^*}$

23. Интенсивность охлаждения может изменяться в пределах ...

- А. $0 > \theta \geq 1$

- Б. $1 > \theta \geq 0$
- В. $-1 > \theta \geq 0$
- Г. $1 > \theta \geq 1000$

24. ГТУ первого поколения имеет начальную температуру газов перед газовой турбиной ...

- А. $T_{н.т.} > 850 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Б. $T_{н.т.} < 850 \text{ } ^\circ\text{C}$
- В. $T_{н.т.} = 850 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Г. $T_{н.т.} < 85 \text{ } ^\circ\text{C}$

25. ГТУ второго поколения имеет начальную температуру газов перед газовой турбиной ...

- А. $T_{н.т.} < 85 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Б. $T_{н.т.} \leq 850 \text{ } ^\circ\text{C}$
- В. $T_{н.т.} = 850 \div 950 \text{ } ^\circ\text{C}$
- Г. $T_{н.т.} = 850 \div 1050 \text{ } ^\circ\text{C}$

26. Ожидаемый уровень выброса NO_x от газовой турбины типа ГТЭ-80 при 50–100% нагрузке при работе на природном газе составит ...

- А. 150 мг/м^3
- Б. 50 мг/м^3
- В. 5 мг/м^3
- Г. $0,5 \text{ мг/м}^3$

27. АО «Ленинградский металлический завод» осуществляет проектирование новой серии современных энергетических ГТУ типа ГТЭ-60 при КПД электроэнергии ...

- А. 65%
- Б. 50%
- В. 36,5%
- Г. 24,8%

28. Для стандартной открытой компоновки газотурбинной ТЭС характерно отсутствие ...

- А. электрогенератора
- Б. вала турбины
- В. главного корпуса

Г. электродвигателя

29. ГТУ, электрогенератор и блок вспомогательного оборудования расположены в ...

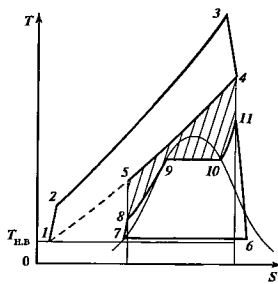
- А. главном корпусе
- Б. защитном кожухе
- В. здании
- Г. окружении охраны

30. Парогазовые установки с котлом-утилизатором при работе в конденсационном режиме отпускают потребителям электроэнергию с КПД ...

- А. 55–60%
- Б. 35–40%
- В. 15–20%
- Г. 65–70%

31. Эксплуатационные издержки мощных современных ПГУ ..., по сравнению с издержками на пылеугольной ТЭС.

- А. ниже
- Б. вдвое выше
- В. вдвое ниже
- Г. выше



32. На рисунке изображен термодинамический цикл ...

- А. Карно
- Б. Ренкина
- В. Брайтона
- Г. Брайтона-Ренкина

33. Существенное влияние на работу ПГУ через характеристики ГТУ оказывает ...

- А. газовая турбина
- Б. котел-утилизатор
- В. конденсатор
- Г. окружающая среда

34. Газовая турбина, работающая при температуре наружного воздуха 0 °С, вырабатывает на ... больше электроэнергии, чем та же турбина при 30 °С.

- А. 20%
- Б. 50%
- В. 10%
- Г. 90%

35. Котлы-утилизаторы – это важнейший элемент технологической схемы ПГУ, выполняющий роль ... теплоты уходящих газов энергетической ГТУ.

- А. аккумулятора
- Б. концентратора
- В. утилизатора
- Г. катализатора

36. В определенных условиях в зависимости от вида сжигаемого топлива в ГТУ котел-утилизатор снабжают дополнительно селективными катализаторами газов, значительно снижающими в них концентрацию ...

- А. NO_x
- Б. SO_2
- В. CO
- Г. CO_2

37. В результате ... расчета котла-утилизатора определяют аэродинамическое сопротивление элементов и всего газового тракта.

- А. теплового
- Б. конструктивного
- В. аэродинамического
- Г. гидравлического

38. В паротурбинной установке используется пар нескольких давлений, генерируемый котлом-утилизатором ПГУ, мощность подключенного к паровой турбине электрогенератора составляет до ... мощности ГТУ.

- А. 50%
- Б. 20%
- В. 10%
- Г. 90%

39. КПД нетто производства электроэнергии ПГУ с котлом-утилизатором рассчитывается по выражению ...

А. $\eta_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}} = 1 - \frac{N_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}}}{Q_{\Gamma}^{\text{с}} + Q_{\text{В}}}$

Б. $\eta_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}} = \frac{N_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}}}{Q_{\Gamma}^{\text{с}} - Q_{\text{В}}}$

В. $\eta_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}} = \frac{N_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}}}{Q_{\Gamma}^{\text{с}} + Q_{\text{В}}}$

Г. $\eta_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}} = 1 + \frac{N_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}}}{Q_{\Gamma}^{\text{с}} - Q_{\text{В}}}$

40. Электрическую мощность нетто ПГУ можно представить в виде ...

А. $N_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}} = N_{\text{ПГУ}}^{\text{э}} (1 + \varepsilon_{\text{с.н.}})$

Б. $N_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}} = N_{\text{ПГУ}}^{\text{э}} (1 - \varepsilon_{\text{с.н.}})$

В. $N_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}} = N_{\text{ПГУ}}^{\text{э}} (\varepsilon_{\text{с.н.}} - 1)$

Г. $N_{\text{ПГУ}}^{\text{э.н.}} = N_{\text{ПГУ}}^{\text{э}} (\varepsilon_{\text{с.н.}} + 1)$

41. Теплоту, подводимую в ГТУ с топливом, определяют по формуле ...

А. $Q_{\Gamma}^{\text{с}} = B_{\text{ГТУ}} (Q_i^{\Gamma} + h_{\text{ТП}})$

Б. $Q_{\Gamma}^{\text{с}} = B_{\text{ГТУ}} (Q_i^{\Gamma} - h_{\text{ТП}})$

В. $Q_{\Gamma}^{\text{с}} = B_{\text{ГТУ}} (1 + h_{\text{ТП}})$

Г. $Q_{\Gamma}^{\text{с}} = B_{\text{ГТУ}} (1 - h_{\text{ТП}})$

42. Создание ПГУ с котлом-утилизатором связано прежде всего с ... их показателей, выбором параметров пара паровой ступени установки и прочее.

- А. корреляцией
- Б. оптимизацией
- В. изменениями
- Г. экстраполяцией

43. В общем случае условие существования оптимума начальных параметров пара, генерируемого в котле-утилизаторе, можно получить, продифференцировав мощность ПГУ по энтропии и приравняв полученное выражение нулю:

- А. $\frac{\partial N_{\text{п}}^3}{\partial s} = H_{\text{ипт}} \frac{\partial D}{\partial s} + D_{\text{пт}} \frac{\partial H_{\text{ипт}}}{\partial s} = 0$
- Б. $\frac{\partial N_{\text{п}}^3}{\partial s} = H_{\text{ипт}} \frac{\partial D}{\partial s} - D_{\text{пт}} \frac{\partial H_{\text{ипт}}}{\partial s} = 0$
- В. $\frac{\partial N_{\text{п}}^3}{\partial s} = 1 + H_{\text{ипт}} \frac{\partial D}{\partial s} + D_{\text{пт}} \frac{\partial H_{\text{ипт}}}{\partial s} = 0$
- Г. $\frac{\partial N_{\text{п}}^3}{\partial s} = H_{\text{ипт}} \frac{\partial D}{\partial s} + D_{\text{пт}} \frac{\partial H_{\text{ипт}}}{\partial s} - 1000 = 0$

44. С повышением давления пара в конденсаторе экономичность ПГУ ...

- А. уменьшается
- Б. увеличивается
- В. постоянна
- Г. эквивалентна

45. Максимально возможная утилизация теплоты уходящих газов ГТУ в котле-утилизаторе приводит к ... энергетическому эффекту.

- А. незначительному
- Б. наименьшему
- В. наибольшему
- Г. непредсказуемому

46. В тепловых схемах основными элементами служат энергетические ..., от режима работы которых зависят характеристики всей ПГУ.

- А. сети

- Б. устройства
- В. ГТУ
- Г. аппараты

47. Котлы-утилизаторы, паротурбинные и деаэрационно-питательные установки и другие элементы ПГУ являются ... элементами.

- А. побочными
- Б. активными
- В. основными
- Г. пассивными

48. Централизованное снабжение населенных пунктов теплотой с использованием комбинированной выработки электроэнергии и теплоты на теплоэлектроцентралях называют ...

- А. теплофикацией
- Б. теплообменном
- В. когенерацией
- Г. теплопроводностью

49. Чем больше пара используется для теплофикации, тем выше эффективность ...

- А. теплофикации
- Б. теплообмена
- В. когенерации
- Г. теплопроводности

50. Сжигание топлива на ТЭЦ в комбинированном цикле существенно уменьшает выбросы ... в атмосферу по сравнению с раздельным производством теплоты и электроэнергии.

- А. ванадия
- Б. SO_2
- В. NO_x и CO
- Г. бензапирена

51. Обычно применяют два типа парогазовых теплофикационных установок с котлом-утилизатором: ...

- А. парогазовые ТЭЦ и газотурбинные ТЭЦ
- Б. парогазовые ГЭС и газотурбинные ГЭС
- В. парогазовые АЭС и газотурбинные АЭС
- Г. парогазовые КЭС и газотурбинные КЭС

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная:

1. Луканин, П.В. Технологические энергоносители предприятий (Низкотемпературные энергоносители) [Электронный ресурс]: учебное пособие / ГОУ ВПО СПбГТУРП. – СПб., 2009. – 116 с. – Режим доступа: <http://window.edu.ru/library/pdf2txt/236/76236/57405>

Дополнительная:

2. Цанев, С.В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.Н. Ремезов; под ред. С.В. Цанева. – 2-е изд., стер. – М.: МЭИ, 2006. – 584 с.

3. Энергетическое оборудование для использования нетрадиционных и возобновляемых источников энергии / В.И. Виссарионов [и др.]; под ред. В.И. Виссарионова. – М.: ООО фирма "ВИЭН", 2004. – 448 с.

4. Теплообменные аппараты и системы охлаждения газотурбинных и комбинированных установок: учебник для вузов / В.Л. Иванов [и др.]; под ред. А.И. Леонтьева. – 2-е изд., стер. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 592 с.

5. Двигатели Стирлинга / В.Н. Даниличев [и др.]; под ред. М.Г. Круглова. – М.: Машиностроение, 1977. – 151 с.

6. да Роза А. Возобновляемые источники энергии. Физико-технические основы: учебное пособие / А. да Роза; пер. с англ. под ред. С.П. Малышенко, О.С. Попеля. – Долгопрудный: Издательский дом "Интеллект", 2010. – 704 с.

7. ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА: Ежемес. теорет. и науч.-практ. журн. / РАН и др. – Издается с 1954 г.