



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе дисциплины)
«ПАРОГАЗОВЫЕ И ГАЗОТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТЭС»
основной профессиональной образовательной программы магистратуры
по направлению подготовки

13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА

ИНСТИТУТ

морских технологий, энергетики и строительства

РАЗРАБОТЧИК

кафедра энергетики

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

1.1 Результаты освоения дисциплины

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными компетенциями

Код и наименование компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями
<p>ПК-2 Способен обосновывать выбор методов повышения эффективности и надёжности технологии производства тепловой и электрической энергии дизельных электрических станций.</p>	<p>Парогазовые и газотурбинные технологии на ТЭС</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - теорию рабочих процессов и способы реализации цикла Брайтона в газотурбинных установках (ГТУ); - основные статические характеристики и показатели работы энергетической ГТУ; - конструктивные особенности и общие принципы компоновки газотурбинных установок и их вспомогательных систем и механизмов; - способы регулирования ГТУ; - основы теории комбинированных энергетических циклов; - структурные схемы парогазовых установок (ПГУ) с энергетическими котлами, высоконапорными парогенераторами, котлами-утилизаторами; - типовые тепловые схемы конденсационных, теплофикационных и комбинированных ПГУ; - принципы регулирования нагрузки ПГУ различных типов. <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнять расчеты статических характеристик ГТУ; - разрабатывать и выполнять расчеты структурных и принципиальных тепловых схем ПГУ различных типов; - оптимизировать термодинамические, эксплуатационно-технические и технико-экономические показатели газотурбинных и парогазовых установок в составе ТЭУ ТЭС и ТЭЦ. <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками сравнительного анализа газотурбинных установок с другими тепловыми двигателями; информацией о проблемах конструктивно-технологических аспектов создания и эксплуатации ГТУ и ПГУ, - устойчивых тенденциях их развития

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов;
- задание по контрольной работе (для студентов заочной формы обучения);

Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. В отдельных случаях (при не прохождении всех видов текущего контроля) зачет может быть проведен в виде тестирования. . Оценивание результатов сдачи зачета («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

Универсальная система оценивания результатов обучения включает в себя системы оценок: 1) «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно»; 2) «зачтено», «не зачтено»; 3) 100 – балльную/процентную систему и правило перевода оценок в пятибалльную систему (таблица 2).

Таблица 2 – Система оценок и критерии выставления оценки

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
2 Работа с информацией	Не в состоянии находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	Может найти необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	Может найти, систематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
3 Научное осмысление	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него	В состоянии осуществлять научно корректный анализ	В состоянии осуществлять систематический и	В состоянии осуществлять систематический и

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
изучаемого явления, процесса, объекта	сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	предоставленной информации	научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

1.4 Оценивание тестовых заданий открытого и закрытого типа осуществляется по системе зачтено/ не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – менее 40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» - менее 40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» - от 41 до 60 % правильных ответов; оценка «хорошо» - от 61 до 80% правильных ответов; оценка «отлично» - от 81 до 100 % правильных ответов). Для заданий открытого типа оценивается верность ответа по существу вопроса, при этом не учитывается порядок слов в словосочетании, верность окончаний, падежи.

2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1. Тестовые задания

Компетенция ПК-2: Способен обосновывать выбор методов повышения эффективности и надёжности технологии производства тепловой и электрической энергии дизельных электрических станций.

Тестовые задания открытого типа:

1. При надстройке существующей схемы классической паротурбинной установки с применением парогазовой технологии применяют ПГУ:

Ответ: с вытеснением регенерации

2. Переход к двухконтурному циклу парогазовой установки (ПГУ) ТЭС утилизационного типа повышает экономичность ПГУ, так как:

Ответ: через выходные («хвостовые») поверхности котла утилизатора (по газу) можно пропустить большое количество воды, а через входные – малое.

3. Из всех типов парогазовых установок (ПГУ) наибольшее распространение на ТЭС получили:

Ответ: ПГУ утилизационного типа

4. Температура продуктов сгорания на выходе из камеры сгорания современных газотурбинных установок ТЭС составляет примерно:

Ответ: (1300 – 1400) °С

5. В одновальной парогазовой установке (ПГУ) ТЭС устанавливается один электрогенератор с двумя выходными концами ротора, к одному из которых присоединяется ГТУ, а к другому:

Ответ: паровая (утилизационная) турбина

6. Снижение температуры уходящих газов после котла –утилизатора в парогазовой установке (ПГУ) ТЭС ограничивается:

Ответ: коррозией хвостовых поверхностей нагрева котла – утилизатора

7. Теоретический цикл Брайтона газотурбинной установки (ГТУ) состоит из следующих термодинамических процессов:

Ответ: сжатие (адиабатное) воздуха в компрессоре ГТУ – Подвод тепла в камере сгорания ГТУ (при постоянном давлении) –расширение (адиабатное) рабочего тела в газовой турбине - Отвод тепла в окружающую среду (при постоянном давлении)

8. Основным преимуществом схемы парогазовой установки (ПГУ) ТЭС с «вытеснением» регенерации является:

Ответ: Отсутствие парового котла-утилизатора.

9. С увеличением степени повышения давления воздуха в компрессоре газотурбинной установки (ГТУ), КПД ГТУ по производству электроэнергии, работающей по циклу Брайтона:

Ответ: Увеличивается

10. Температура воздуха на выходе из компрессора современных газотурбинных установок ТЭС обычно составляет

Ответ: (300 – 400) °С

11. С увеличением температуры газов на входе в котел-утилизатор эффективность парогазовой установки (ПГУ) ТЭС утилизационного типа:

Ответ: Увеличивается

12. Основным преимуществом схемы парогазовой установки (ПГУ) ТЭС со сбросом выходных газов газотурбинной установки (ГТУ) в энергетический котел является:

Ответ: Возможность использования в паротурбинном цикле недорогого твердого топлива

13. КПД по производству электроэнергии современных газотурбинных установок ТЭС обычно составляет:

Ответ: (0,30 – 0,40)

14. В схеме дубль блока парогазовой установки (ПГУ) ТЭС, состоящей из двух газотурбинных установок (ГТУ) с котлами утилизаторами и одной утилизационной паротурбинной установки (ПТУ) мощность ПТУ примерно в два раза меньше:

Ответ: Суммарной мощности двух ГТУ

15. С понижением температуры наружного воздуха КПД газотурбинной установки (ГТУ) по производству электроэнергии, работающей по циклу Брайтона:

Ответ: Увеличивается

16. К основным элементам конструктивной схемы газотурбинной установки (ГТУ) ТЭС, работающей по циклу Брайтона, относят:

Ответ: Компрессор, камера сгорания, газовая турбина, электрогенератор

17. Основное сжатие газа в одноступенчатом центробежном нагнетателе (компрессоре) осуществляется в:

Ответ: рабочем колесе и диффузоре

18. Современные газотурбинные установки в составе ПГУ утилизационного типа ТЭС работают по циклу

Ответ: Брайтона

19. КПД по производству электроэнергии современных отечественных ТЭС с двухконтурными парогазовыми установками обычно составляет

Ответ: (0,5-0,55)

20. Допустимая температура металла лопаток по условиям жаропрочности и возникающих напряжений в конструкции энергетических ГТУ в настоящее время составляет около:

Ответ: 900 °С

21. Эффективный КПД газотурбинных установок простого цикла, используемых в составе утилизационных ПГУ, составляет около:

Ответ: (0,34 - 0,4)

22. С увеличением степени сжатия воздуха в компрессоре газотурбинной установки (ГТУ), КПД ГТУ по производству электроэнергии, работающей по циклу Брайтона

Ответ: Увеличивается

23. Температура продуктов сгорания на выходе из современных газотурбинных установок ТЭС обычно составляет:

Ответ: (400 – 600) °С

Тестовые задания закрытого типа:

24. КПД газотурбинной установки по производству электроэнергии, работающей по циклу Брайтона определяется по формуле (где η_i – внутренний КПД цикла, $\eta_{кс}$ – КПД камеры сгорания, η_m – механический КПД, $\eta_{гг}$ – КПД электрогенератора, $\eta_{к}$ – КПД компрессора, $\eta_{гт}$ = КПД газовой турбины, $\eta_{т}$ – термический КПД цикла):	
1. $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_{кс} \cdot \eta_m \cdot \eta_{гг}$	3. $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_{к} \cdot \eta_m \cdot \eta_{гт} \cdot \eta_{г}$
2. $\eta_e = \eta_{т} \cdot \eta_{к} \cdot \eta_m \cdot \eta_{гг}$	4. $\eta_e = \eta_{т} \cdot \eta_{кс} \cdot \eta_m \cdot \eta_{гг}$

25. На современных ТЭС России НЕ применяют:	
1. Газотурбинные установки с промежуточным охлаждением воздуха	3. Газотурбинные установки замкнутого цикла с органическим теплоносителем
2. Одновальные газотурбинные установки разомкнутого цикла	4. Одновальные газотурбинные установки с регенерацией

26. К преимуществам одновальной схемы парогазовой установки (ПГУ) ТЭС относят:	
1. Пуск одновальной ПГУ занимает меньше времени, чем пуск многовальной ПГУ	3 Маневренность одновальной ПГУ выше, чем многовальной ПГУ
2. КПД по производству электроэнергии одновальной ПГУ выше, чем КПД по производству электроэнергии многовальной ПГУ	4. Низкие удельные капиталовложения в ПГУ и быстрая окупаемость вложенных средств

27. КПД нетто газотурбинной установки (ГТУ) по производству электроэнергии определяется по формуле (где η_e – КПД брутто газотурбинной установки, $\varepsilon_{сн}$ – доля расхода электроэнергии на собственные нужды ГТУ, $\mathcal{E}_{сн}$ – расход электроэнергии на собственные нужды ГТУ):	
1. $\eta_{ен} = \eta_e / (1 - \varepsilon_{сн})$	3. $\eta_{ен} = \eta_e \cdot (1 - \varepsilon_{сн})$
2. $\eta_{ен} = \eta_e \cdot (1 - \varepsilon_{сн})$	4. $\eta_{ен} = \eta_e - (1 - \varepsilon_{сн})$

28. Степень использования теплоты уходящих газов в котле-утилизаторе схемы парогазовой установки ТЭС определяется по формуле (где: $t_{ухд}$ – уходящих газов ГТУ, $t_{ухк}$ – температура уходящих газов котла, $t_{ос}$ – температура окружающего воздуха):	
1. $\eta = (t_{ухк} - t_{ос}) / (t_{ухд} - t_{ос})$	3. $\eta = (t_{ухд} - t_{ос}) / (t_{ухд} - t_{ухк})$
2. $\eta = (t_{ухд} - t_{ухк}) / (t_{ухд} - t_{ос})$	4. $\eta = (t_{ухд} - t_{ос}) / (t_{ухд} - t_{ос})$

29. КПД парогазовой установки ТЭС утилизационного типа определяется по формуле (где: $\eta_{ку}$ - КПД котла – утилизатора, $\eta_{пгу}$ - КПД утилизационного парового турбогенератора, $\eta_{гту}$ - КПД газотурбинной установки):	
1. $\eta_{пгу} = \eta_{гту} / (1 - \eta_{гту}) \eta_{ку} \eta_{пгу}$	3. $\eta_{пгу} = \eta_{гту} (1 - \eta_{гту}) \eta_{ку} \eta_{пгу}$
2. $\eta_{пгу} = \eta_{гту} (1 - \eta_{гту}) \eta_{ку} \eta_{пгу}$	4. $\eta_{пгу} = \eta_{гту} + (1 - \eta_{гту}) \eta_{ку} \eta_{пгу}$

30. КПД по отпуску тепла для схемы теплофикационной парогазовой установки (ПГУ) определяется по формуле (где η_i – внутренний КПД цикла, $\eta_{тр}$ – КПД транспорта тепла, $\eta_{тфу}$ – КПД теплофикационной установки, η_r - КПД электрогенератора, $\eta_{ку}$ – КПД котла-утилизатора, $\eta_{гт}$ = КПД газовой турбины, η_t – термический КПД цикла):	
1. $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу}$	3. $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу} \cdot \eta_{гт}$
2. $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу} \cdot \eta_t$	4. $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу} \cdot \eta_{гт} \cdot \eta_t$

лизатора с принудительной циркуляцией, квадратного сечения с плоскими гладкими змеевиками;

- параметры пара и воды по всему тракту (давления, температуры, влажность, энтальпии и расходы);
- КПД котла-утилизатора.

Перед выполнением расчетов необходимо построить зависимость энтальпии газов I_T от температуры t_T , определяемой коэффициентом избытка воздуха и химическим составом топлива. Типовая расчетная схема одноконтурной ПГУ показана на рисунке 1.

Тип и количество ГТУ, а также марка топлива выбираются в зависимости от номера варианта из таблицы 3

Таблица 3 Исходные данные для выполнения расчетного задания

№ п/п	Тип ГТУ	Количество ГТУ	Марка топлива (природный газ)
1	ГТЭ-10/95БМ (Россия)	2	Уренгой-Ужгород
2	ГТЭ-10/95БМ (Россия)	1	Саратов-Москва
3	Alstom «Tornado» (Англия)	1	Бухара-Урал
4	Alstom «Tornado» (Англия)	2	Уренгой-Новопсков
5	ГТУ 6/PM Д-30КУ (Россия)	1	Оренбург-Александров Гай
6	ГТУ 6/PM Д-30КУ (Россия)	2	Уренгой-Надым-Ухта
7	ГТУ - 10 НК-14Э (Россия)	2	Н. Новгород-Череповец
8	ГТУ - 10 НК-14Э (Россия)	2	Уренгой-Сургут-Челябинск
9	Alstom «Cyclone» (Англия)	1	Берёзовское месторождение
10	Alstom «Cyclone» (Англия)	2	Дашавское месторождение
11	ГТУ – 12П ПС-90А (Россия)	2	Газлийское месторождение
12	ГТУ – 12П ПС-90А (Россия)	1	Шебелинское месторождение

Оценивание результатов сдачи зачета («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 4.

Таблица 4 – Система оценок и критерии оценивания расчётного задания

Система оценок		Критерий
«отлично»	Зачтено	Методика и порядок расчёта верные. Ошибки отсутствуют, либо имеются несущественные вычислительные ошибки
«хорошо»		Методика и порядок расчета верные. Имеются вычислительные ошибки, обусловленные невнимательностью при расчётах, которые не привели к существенному искажению результата
«удовлетворительно»		Имеются незначительные ошибки в методологии, ошибки в промежуточных расчётах, обусловленные неполным пониманием принципа расчёта, при этом конечный результат имеет приемлемые отклонения

«не удовлетворительно»	Не зачтено	Применена неверная методология, нарушен порядок расчета, имеется серьезная системная ошибка, обусловленная непониманием принципа расчёта и приведшие к ошибочному результату
------------------------	------------	--

4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Парогазовые и газотурбинные технологии на ТЭС» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника.

Преподаватель-разработчик – к.т.н., доцент А.Г. Филонов

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой энергетики
Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией института морских технологий, энергетики и строительства протокол № 6 от 26.08.2025.

Председатель методической комиссии ИМТЭС



О.А. Бельх