



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

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПСИ

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

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ПК-5 Способен формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов</p>	<p>ПК-5.1 Применяет методы построения современных тепловых схем парогазовых энергоустановок для выработки электрической и тепловой энергии ПК-5.4 Применяет знания типов газо- и парогазовых установок для выработки электрической и тепловой энергии</p>	<p>Парогазовые и газотурбинные технологии на ТЭС</p>	<p><u>Знать</u>: 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. <u>Уметь</u>: выполнять расчеты статических характеристик ГТУ на расчетных рабочих режимах; 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. <u>Владеть</u>: методологией оптимизации параметров рабочих процессов в газотурбинных установках; навыками сравнительного анализа газотурбинных установок с другими тепловыми двигателями; информацией о проблематике конструктивно-технологических аспектов создания и эксплуатации ГТУ и ПГУ; устойчивых тенденциях их развития.</p>

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам;
- задание по контрольной работе.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме зачета, относятся:

- промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Тестовые задания по дисциплине представлены в Приложении № 1. Целью тестирования является закрепление, углубление и систематизация знаний студентов, полученных на занятиях и в процессе самостоятельной работы; проведение тестирования позволяет ускорить контроль за усвоением знаний и объективизировать процедуру оценки знаний студента.

Оценивание осуществляется по следующим критериям, приведенным в таблице 2:

- «зачтено» – 41-100 % правильных ответов на заданные вопросы;
- «не зачтено» – 0-40 % правильных ответов.

3.2 Задания и контрольные вопросы по лабораторным работам приведены в Приложении № 2. Целью лабораторного практикума является закрепление знаний и умений, полученных на лекционных и практических занятиях. Оценка результатов выполнения задания по каждой лабораторной работе производится при представлении студентом отчета по лабораторной работе и на основании ответов студента на вопросы по тематике лабораторной работы по системе «зачтено» - «не зачтено». Критерии оценивания представлены в таблице 2.

3.3 Задание по контрольной работе выдается студентам с целью контроля качества их самостоятельной работы. Контрольная работа предполагает выполнение расчетного задания и ответа на два вопроса. Для контрольной работы разработано 12 вариантов, вариант задания определяется преподавателем. Типовое расчетное задание и контрольные вопросы, приведе-

ны в Приложении № 3. Консультации по выполнению контрольной работы, её проверка и защита проводятся преподавателем в часы индивидуальных консультаций.

Выполненную контрольную работу студенты сдают на проверку преподавателю, который делает замечания и пишет рецензию. В случае отсутствия серьезных замечаний студент допускается к защите контрольной работы. При наличии серьезных замечаний работа направляется на доработку. Защита проводится в часы индивидуальных консультаций преподавателя. Студент, самостоятельно выполнивший задание и обладающий полнотой знаний в отношении изучаемых объектов, получает оценку «зачтено». Система оценивания и критерии оценки контрольной работы представлены в таблице 2.

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета. Зачет выставляется по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Оценка «зачтено» выставляется студентам, получившим положительную оценку («зачтено») по результатам выполнения и защиты отчетов по лабораторным работам, тестирования, выполнения и защиты контрольной работы.

4.2 В отдельных случаях (в случаях не выполнения всех видов текущего контроля) зачет принимается по контрольным вопросам, которые приведены в Приложении № 4. Оценивание результатов сдачи зачета («зачтено» или «не зачтено») осуществляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 2.

Универсальная система оценивания результатов обучения, приведенная в таблице 2, 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 – Система и критерии выставления оценки

Система оценок	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
Критерий	«не зачтено»	«зачтено»		
1. Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изу-	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	чаемый 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 изучаемого явления, процесса, объекта	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задачи 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

5 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.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022).

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вариант 1

ПКС-5: Способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов.

Индикатор ПКС-5.1: Применяет методы построения со-временных тепловых схем парогазовых энергоустановок для выработки электрической и тепловой энергии.

Вопрос 1. 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, η_z – КПД электрогенератора, η_k – КПД компрессора, η_{zt} = КПД газовой турбины, η_m – термический КПД цикла):

1. $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_{кс} \cdot \eta_m \cdot \eta_{Г}$	3. $\eta_e = \eta_i \cdot \eta_k \cdot \eta_m \cdot \eta_{ГТ} \cdot \eta_{Г}$
2. $\eta_e = \eta_{Г} \cdot \eta_k \cdot \eta_m \cdot \eta_{Г}$	4. $\eta_e = \eta_{Г} \cdot \eta_{кс} \cdot \eta_m \cdot \eta_{Г}$

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

1. Так как установка дополнительных «хвостовых» поверхностей нагрева котла утилизатора (по газу) снижает температуру уходящих газов	3 Так как повышаются параметры пара перед турбиной, вырабатываемые входным (по газу) контуром высокого давления
2. Так как через «хвостовые» поверхности котла утилизатора (по газу) можно пропустить большое количество воды, а через входные – малое.	4. Так как в котле –утилизаторе можно сочетать естественную циркуляцию воды в одном контуре котла с принудительной циркуляцией воды в другом контуре.

Вопрос 3. КПД парогазовой установки ТЭС утилизационного типа определяется по формуле (где: $\eta_{ку}$ - КПД котла – утилизатора, $\eta_{пту}$ - КПД утилизационного парового турбогенератора, $\eta_{зту}$ - КПД газотурбинной установки):

1. $\eta_{пту} = \eta_{Гту} / (1 - \eta_{Гту}) \eta_{ку} \eta_{пту}$	3. $\eta_{пту} = \eta_{Гту} (1 - \eta_{Гту}) \eta_{ку} \eta_{пту}$
2. $\eta_{пту} = \eta_{Гту} (1 - \eta_{Гту}) \eta_{ку} \eta_{пту}$	4. $\eta_{пту} = \eta_{Гту} + (1 - \eta_{Гту}) \eta_{ку} \eta_{пту}$

Вопрос 4. При надстройке существующей схемы классической паротурбинной установки с применением парогазовой технологии применяют:

1. ПГУ утилизационного типа	3. ПГУ с промежуточным органическим теплоносителем
2. ПГУ с вытеснением регенерации	4. ПГУ монарного типа с впрыском воды в камеру сгорания ГТУ

Вопрос 5. КПД по отпуску тепла для схемы теплофикационной парогазовой установки (ПГУ) определяется по формуле (где η_i – внутренний КПД цикла, $\eta_{тр}$ – КПД транспорта тепла, $\eta_{мфу}$ – КПД теплофикационной установки, η_z - КПД электрогенератора, $\eta_{ку}$ – КПД котла-утилизатора, η_{zt} = КПД газовой турбины, η_m – 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. $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу} \cdot \eta_{г}$	4. $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу} \cdot \eta_{гт} \cdot \eta_{г}$

ПКС-5: Способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов.

Индикатор ПКС-5.5: Применяет знания типов газо- и парогазовых установок для выработки электрической и тепловой энергии.

Вопрос 6. К основным типам газотурбинных установок (ГТУ) ТЭС относят (возможны два правильных ответа):

1. ГТУ замкнутого цикла	3. ГТУ замкнутого цикла с органическим теплоносителем
2. Одно- или двухвальные ГТУ разомкнутого цикла	4. Одно- или двухвальные ГТУ с регенерацией

Вопрос 7. Из всех типов парогазовых установок (ПГУ) наибольшее распространение на ТЭС получили:

1. ПГУ утилизационного типа	3. ПГУ с промежуточным органическим теплоносителем
2. ПГУ с вытеснением регенерации	4. ПГУ сбросного типа

Вопрос 8. Температура продуктов сгорания на выходе из камеры сгорания современных газотурбинных установок ТЭС составляет:

1. 900 – 1000 °С	3. 1300 – 1400 °С
2. 1800 – 2000 °С	4. 1100 – 1200 °С

Вопрос 9. В одновальной парогазовой установке (ПГУ) ТЭС:

1. На одном валу ГТУ устанавливаются компрессоры низкого и высокого давления, а также газовые турбины высокого и низкого давления	3. Устанавливается одновальная ГТУ замкнутого цикла.
2. Устанавливается одновальная ГТУ замкнутого цикла.	4. Устанавливается один электрогенератор с двумя выходными концами ротора, к одному из которых присоединяется ГТУ, а к другому - утилизационная паровая турбина

Вопрос 10. Что ограничивает снижение температуры уходящих газов после котла – утилизатора в парогазовой установке (ПГУ) ТЭС:

1. Увеличение стоимости котла – утилизатора в связи с установкой дополнительных поверхностей нагрева в котле	3. Увеличение аэродинамического сопротивления газового тракта котла – утилизатора в связи с установкой дополнительных поверхностей нагрева в котле
2. Коррозия хвостовых поверхностей нагрева котла – утилизатора при снижении температуры уходящих газов за котлом	4. Увеличение габаритных размеров котла – утилизатора в связи с установкой дополнительных поверхностей нагрева в котле

ниже температуры точки росы.

Вариант 2

ПКС-5: Способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов.

Индикатор ПКС-5.1: Применяет методы построения современных тепловых схем паровых энергоустановок для выработки электрической и тепловой энергии.

Вопрос 1. Теоретический цикл Брайтона газотурбинной установки (ГТУ) состоит из следующих термодинамических процессов:

1. Адиабатное сжатие воздуха в компрессоре ГТУ – Подвод тепла в камере сгорания ГТУ при постоянном давлении – Адиабатное расширение рабочего тела в газовой турбине - Отвод тепла в окружающую среду при постоянном давлении	3. Адиабатное сжатие воздуха в компрессоре ГТУ – Подвод тепла в камере сгорания ГТУ при постоянном давлении – Адиабатное расширение рабочего тела в газовой турбине - Отвод тепла в окружающую среду при постоянном объёме
2. Адиабатное сжатие воздуха в компрессоре ГТУ – Подвод тепла в камере сгорания ГТУ при постоянном объёме – Адиабатное расширение рабочего тела в газовой турбине - Отвод тепла в окружающую среду при постоянном объёме	4. Политропное сжатие воздуха в компрессоре ГТУ – Подвод тепла в камере сгорания ГТУ при постоянном давлении – Политропное расширение рабочего тела в газовой турбине - Отвод тепла в окружающую среду при постоянном давлении

Вопрос 2. Степень использования теплоты уходящих газов в котле-утилизаторе схемы паровой 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. $\eta = (t_{ухд} - t_{ос}) / (t_{ухд} - t_{ос})$

Вопрос 3. Абсолютный электрический КПД схемы утилизационной турбогенераторной установки по производству электроэнергии паровой установки (ПГУ) ТЭС определяется по формуле (где η_m – термический КПД цикла утилизационной турбины η_{oi} – внутренний относительный КПД турбоустановки, $\eta_{тр}$ – трубопровода, η_m – механический КПД, η_g - КПД электрогенератора, $\eta_{ку}$ – КПД утилизационного котла ПГУ):

1. $\eta_{ae} = \eta_g \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_m \cdot \eta_g$	3. $\eta_{ae} = \eta_g \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{ку} \cdot \eta_m \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_g$
2. $\eta_{ae} = \eta_g \cdot \eta_{ку} \cdot \eta_m \cdot \eta_g \cdot \eta_{oi}$	4. $\eta_{ae} = \eta_g \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_m \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_g$

Вопрос 4. К недостаткам одновальной схемы паровой установки (ПГУ) ТЭС относят (возможны два правильных ответа):

1. Во время пуска одновальной ПГУ необходимо иметь временный, посторонний источник пара.	3. Высокие удельные капиталовложения в ПГУ и большой срок окупаемости вложенных средств
--	---

2. КПД по производству электроэнергии одновальной ПГУ ниже, чем КПД по производству электроэнергии многовальной ПГУ.	4. Пуск одновальной ПГУ занимает больше времени, чем пуск многовальной ПГУ.
--	---

Вопрос 5. Основным преимуществом схемы парогазовой установки (ПГУ) ТЭС с «вытеснением» регенерации является:

1. Высокая маневренность установки.	3. Низкие требования к качеству питательной воды парового котла.
2. Более высокий КПД по производству электроэнергии по сравнению с КПД по производству электроэнергии двухконтурной утилизационной ПГУ.	4. Отсутствие парового котла-утилизатора.

ПКС-5: Способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов.

Индикатор ПКС-5.5: Применяет знания типов газо- и парогазовых установок для выработки электрической и тепловой энергии.

Вопрос 6. 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

Вопрос 7. К парогазовым установкам (ПГУ) ТЭС относят (возможны два правильных ответа):

1. ПГУ утилизационного типа с двухконтурным котлом утилизатором	3. ПГУ сбросного типа
2. ПГУ утилизационного типа с водогрейным котлом утилизатором и промежуточным перегревом пара	4. ПГУ с промежуточным органическим теплоносителем

Вопрос 8. С увеличением степени сжатия воздуха в компрессоре газотурбинной установки (ГТУ), КПД ГТУ по производству электроэнергии, работающей по циклу Брайтона:

1. Остаётся неизменным	3. Увеличивается
2. Уменьшается	4. Увеличивается или уменьшается в зависимости от режима работы ГТУ

Вопрос 9. Температура воздуха на выходе из компрессора современных газотурбинных установок ТЭС обычно составляет:

1. 150 – 200 °С	3. 300 – 400 °С
2. 100 – 150 °С	4. 400 – 500 °С

Вопрос 10 К элементам конструктивной схемы газотурбинной установки (ГТУ) НЕ относят:

1. Компрессор, камера сгорания, газовая турбина	3. Сопловые неподвижные лопатки, силовой вал, рабочие лопатки.
2. Входной направляющий лопаточный аппарат компрессора, маслонасос, горелка.	4. Лабиринтное уплотнение, производственный отбор, активные ступени скорости турбины.

Вариант 3

ПКС-5: Способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов.

Индикатор ПКС-5.1: Применяет методы построения современных тепловых схем парогазовых энергоустановок для выработки электрической и тепловой энергии.

Вопрос 1. 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, $\varepsilon_{сн}$ – 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. $\eta_{ен} = \eta_e - (1 - \varepsilon_{сн})$

Вопрос 2. С увеличением температуры газов на входе в котел-утилизатор эффективность парогазовой установки (ПГУ) ТЭС утилизационного типа:

1. Увеличивается	3. Уменьшается
2. Остаётся неизменным	4. Увеличивается или уменьшается в зависимости от режима работы ПГУ

Вопрос 3. 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

Вопрос 4. В схеме дубльблока парогазовой установки (ПГУ) ТЭС, состоящей из двух газотурбинных установок (ГТУ) с котлами утилизаторами и одной утилизационной паротурбинной установки (ПТУ):

1. Мощность ПТУ примерно равна суммарной мощности двух ГТУ	3. Мощность ПТУ примерно в два раза меньше суммарной мощности двух ГТУ
2. Мощность ПТУ примерно составляет 20 % от суммарной мощности ПГУ	4. Мощность ПТУ примерно составляет 70 % от суммарной мощности ПГУ

<i>Вопрос 5 Основным преимуществом схемы парогазовой установки (ПГУ) ТЭС со сбросом выходных газов газотурбинной установки (ГТУ) в энергетический котел является:</i>	
1. Высокая маневренность установки	3. Возможность использования в паротурбинном цикле недорогих энергетических твердых топлив.
2. Более высокий КПД по производству электроэнергии по сравнению с КПД по производству электроэнергии двухконтурной утилизационной ПГУ	4. Отсутствие парового котла-утилизатора

ПКС-5: Способность формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности, экономии ресурсов.

Индикатор ПКС-5.5: Применяет знания типов газо- и парогазовых установок для выработки электрической и тепловой энергии.

<i>Вопрос 6. К основным типам двухвалвных газотурбинных установок (ГТУ) ТЭС относят (возможны два правильных ответа):</i>	
1. ГТУ замкнутого цикла	3. ГТУ замкнутого цикла с органическим теплоносителем
2. ГТУ разомкнутого цикла с силовой турбиной	4. ГТУ разомкнутого цикла с промежуточным охлаждением воздуха и промежуточным перегревом газов при их расширении

<i>Вопрос 7. КПД по производству электроэнергии современных газотурбинных установок ТЭС обычно составляет:</i>			
1.	0,25 – 0,3	3.	0,30 – 0,40
2.	0,40 – 0,50	4.	0,45 – 0,50

<i>Вопрос 8. На ТЭС с парогазовыми установками (ПГУ) НЕ применяют:</i>	
1. ПГУ утилизационного типа	3. ПГУ утилизационного типа с водогрейным котлом утилизатором и промежуточным перегревом пара
2. ПГУ с вытеснением регенерации	4. ПГУ сбросного типа

<i>Вопрос 9. С понижением температуры наружного воздуха КПД газотурбинной установки (ГТУ) по производству электроэнергии, работающей по циклу Брайтона:</i>	
1. Остаётся неизменным	3. Увеличивается
2. Уменьшается	4. Увеличивается или уменьшается в зависимости от режима работы ГТУ

<i>Вопрос 10. Температура продуктов сгорания на выходе из современных газотурбинных установок ТЭС составляет:</i>	
1. 400 – 600 °С	3. 300 – 400 °С
2. 180 – 200 °С	4. 200 – 300 °С

Приложение № 2

**ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ
ПО ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ**

Лабораторная работа №1. Исследование эффективности работы тепловой схемы газотурбинной установки ГТ – 110 на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325.

Задание по лабораторной работе:

1. Изучить тепловую схему газотурбинной установки ГТ – 110 на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325.

2. Изучить схемы вспомогательного тепломеханического оборудования обслуживающего газотурбинную установку ГТ – 110 на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325.

3. Изучить режимы работы газотурбинной установки ГТ – 110 на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325.

4. Провести анализ технико-экономических показателей работы газотурбинной установки ГТ – 110.

Контрольные вопросы:

1. Кто и в каких ситуациях руководит пуском ГТУ?

2. В каких случаях запрещается пуск газотурбинной установки?

3. Перечислить основные этапы пуска.

4. Перечислить одновременное выполнение условий, при которых формируется сигнал АСУ ТП: «ГТУ готова к пуску».

5. Какая последовательность технологических операций выполняется на стадии пуска ГТУ?

6. Сформулировать последовательность операций по плановому останову ГТУ, при работе на газообразном топливе.

7. Какие технологические операции необходимо особенно строго контролировать при плановом автоматическом останове ГТУ?

8. Перечислить операции подготовки системы подачи жидкого топлива в камеру сгорания.

9. Какая последовательность технологических операций выполняется на стадии пуска ГТУ на жидком топливе?

10. Какие технологические операции необходимо особенно строго контролировать при пуске ГТУ на жидком топливе?

Лабораторная работа № 2. Исследование эффективности работы тепловой схемы утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5 на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325

Задание по лабораторной работе:

1. Изучить тепловую схему утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5 на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325.

2. Изучить схемы вспомогательного тепломеханического оборудования обслуживающего утилизационную паротурбинную установку К-110-6,5 на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325.

3. Изучить режимы работы утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5 на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325. 4. Провести анализ технико-экономических показателей работы утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5.

Контрольные вопросы:

1. Кто и в каких ситуациях руководит пуском утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5?

2. В каких случаях запрещается пуск утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5?

3. Перечислить основные этапы пуска утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5.

4. Перечислить одновременное выполнение условий, при которых формируется сигнал АСУ ТП: «Паротурбинная установка К-110-6,5 готова к пуску».

5. Какая последовательность технологических операций выполняется на стадии пуска утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5?

6. Сформулировать последовательность операций по плановому останову утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5.

7. Какие технологические операции необходимо особенно строго контролировать при плановом автоматическом останове утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5?

8. Какие параметры работы необходимо контролировать во время режимов пуска, работы под нагрузкой и останова утилизационной паротурбинной установки К-110-6,5?

Лабораторная работа № 3. Исследование эффективности работы тепловой схемы паровой установки ТЭС на компьютерном тренажере энергоблока ПГУ-325

Задание по лабораторной работе:

1. Изучить тепловую схему парогазовой установки энергоблока ПГУ-325 на компьютерном тренажере.
2. Изучить схемы вспомогательного тепломеханического оборудования обслуживающего парогазовую установку энергоблока ПГУ-325 на компьютерном тренажере.
3. Изучить режимы парогазовой установки энергоблока ПГУ-325.
4. Провести анализ технико-экономических показателей работы парогазовой установки энергоблока ПГУ-325.
5. После того, как программное обеспечение тренажера смоделирует аварийные ситуации на блоке выполнить действия по их устранению

Контрольные вопросы:

1. Какова последовательность пуска энергоблока ПГУ-325 в составе 1хГТУ + 1хКУ + 1 х х ПТУ до стадии включения генератора ГТУ в сеть?
2. На какой нагрузке ГТУ производится первоначальный прогрев котла-утилизатора?
3. Какова последовательность пуска энергоблока в составе 1 х ГТУ+1 х КУ+1 х ПТ до стадии достижения предтопковых параметров пара в контуре высокого давления?
4. Сколько питательных насосов находятся в работе на предрегулирующих режимах и почему?
5. Как, технологически, нагружается паровая турбина после включения в сеть генератора ПТУ?
6. Сформулировать основные операции пуска ГТУ и КУ в регулировочном диапазоне нагрузок.
7. При достижении каких качественных условий в контурах низкого и высокого давлений подключаемого КУ его можно подключать к ПТ?
8. Особенности пуска блока в составе 1хГТУ+1хКУ+1хПТ из неостывшего (горячего) состояния.
9. Особенности пуска блока в составе 1хГТУ+1хКУ+1хПТ из холодного состояния.
10. Особенности подготовительных операций пуска при пуске из горячего состояния.
11. Особенности работы КУ при розжиге пилотной зоны и наборе нагрузки на ГТУ до 15 МВт.
12. Особенности пуска паровой турбины из горячего состояния.
13. Как, качественно, выполняется нагружение ПТ от момента включения генератора ПТУ в сеть?

14. Какие параметры работы необходимо контролировать во время режимов пуска, работы под нагрузкой и останова энергоблока ПГУ-325?

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

1. Расчетное задание

Произвести тепловой расчет парового котла-утилизатора (КУ) и выбор утилизационной паровой турбины одноконтурной парогазовой установки (ПГУ) утилизационного типа, представленной на рисунке П.1.

Для заданной ГТУ должны быть выбраны следующие параметры: расход газов G_g , температура t и энтальпия I уходящих газов ГТУ; номинальная электрическая мощность ГТУ $N_{э}$ на клеммах генератора, абсолютный электрический КПД ГТУ, теплофизические свойства газов, а также параметры окружающей среды (барометрическое давление, температура). Давление в контуре КУ обычно выбирается одновременно с выбором утилизационной ПТУ.

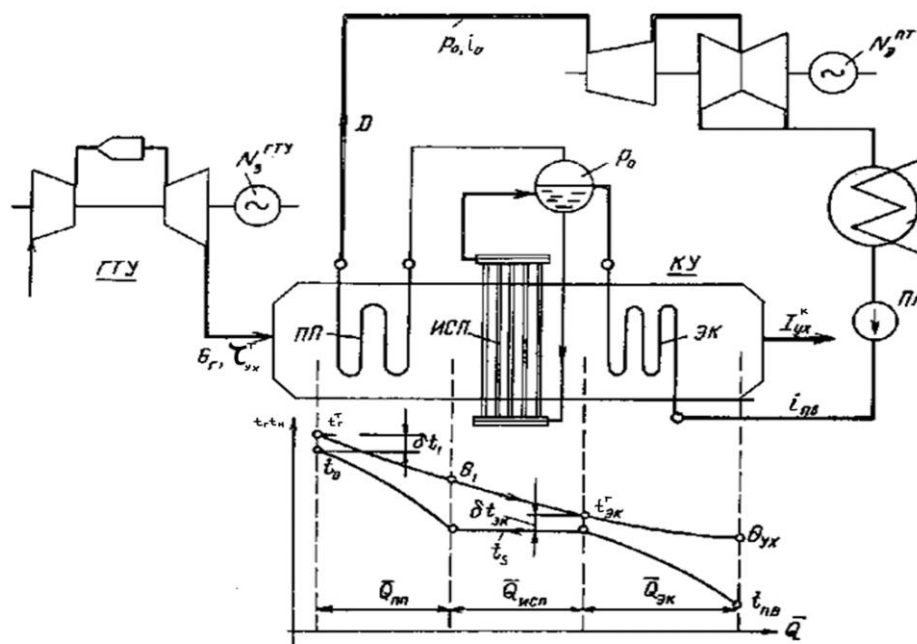


Рисунок П.1 – Расчетная схема одноконтурной ПГУ

В результате расчета тепловой схемы должны быть получены:

- конструктивные характеристики вертикального парового одноконтурного котла утилизатора 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 П.1.

Тип и количество ГТУ, а также марка топлива выбираются в зависимости от номера варианта из таблицы П.1.

Таблица П.1. 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

Контрольные вопросы выбираются из Приложения №4, их номера выбираются по вариантам из таблицы П.2.

Таблица П.2 – Варианты вопросов контрольной работы

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Номера вопросов	6, 27	13, 21	14, 22	18, 24	15, 25	11, 20	9, 21	4, 16	5, 12	7, 13	8, 23	10, 26

Приложение № 4

**КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, КОТОРЫЕ
ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ МОГУТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНЫ ДЛЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Основные схемы ГТУ.
2. Теоретические и действительные циклы ГТУ тепловых электростанций.
3. Тепловая схема ГТУ.
4. Зависимость КПД действительного цикла ГТУ от степени сжатия при различных степенях повышения температуры
5. Устройство и принцип действия газотурбинной установки PG6111(FA) ООО "РУССКИЕ ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ"
6. Устройство и принцип действия газотурбинной установки
7. Упрощенная схема ПГУ. Примеры использования ПГУ на электростанциях.
8. Почему ПГУ с высоконапорным парогенератором обладает наивысшей тепловой эффективностью по сравнению с другими типами ПГУ?
9. Общепринятая классификация всех типов ПГУ. Преимущества и недостатки ПГУ, область применения типов ПГУ.
10. Схема ПГУ с УПК. Её преимущества и недостатки, область применения. Технико-экономические показатели установок. Почему ПГУ с УПК обладает невысокой экономичностью?
11. Схема и конструкция двухконтурного котла-утилизатора с естественной циркуляцией..
12. Схема ПГУ с ВПГ. Её преимущества и недостатки, область применения. Технико-экономические показатели установок
13. Почему ПГУ с ВПГ обладают наивысшей экономичностью по сравнению с другими типами ПГУ?
14. Схема и конструкция высоконапорного парогенератора в составе ПГУ.
- 15 Состав оборудования ПГУ с ВПГ.
16. Схема ПГУ полузависимого типа. Её преимущества и недостатки, область применения. Технико-экономические показатели установок
17. Примеры промышленного использования ПГУ полузависимого типа.
18. Схема ПГУ со сбросом уходящих газов в топку котла. Технико-экономические показатели установок. Её преимущества и недостатки, область применения

19. Состав оборудования ПГУ со сбросом уходящих газов в топку котла.
20. Какие конструктивные изменения необходимо внести в конструкцию парового котла для использования его в ПГУ со сбросом газов в топку?
21. ПГУ со сбросом газов в топку. Примеры промышленного использования ПГУ со сбросом газов в топку.
22. Примеры модернизации действующих ТЭС парогазовыми установками.
23. Схема модернизации какой-либо ТЭС путем надстройки газовой турбины.
24. Почему ТЭС с ПГУ наиболее экологически чисты?
25. Тепловая схема ПГУ-450 Калининградской ТЭЦ-2.
26. Состав оборудования ПГУ-450.
27. Техничко-экономические показатели ПГУ-450.
28. Тепловая схема ПГУ-110 Прегольской ТЭС.
29. Состав оборудования ПГУ-110.
30. Техничко-экономические показатели ПГУ-110.
31. Тепловая схема ПГУ-325.
32. Состав оборудования ПГУ-325.
33. Техничко-экономические показатели ПГУ-325.
34. По каким схемам работают ПГУ тепловых электростанций?
35. В чем преимущества двухконтурной схему ПГУ с котлом-утилизатором?
36. Схема трехконтурной ПГУ. Её преимущества и недостатки, область применения. Техничко-экономические показатели установок.