



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

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе дисциплины по выбору)  
**РАСЧЕТЫ ТЕПЛОВЫХ СХЕМ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**

основной профессиональной образовательной программы магистратуры  
по направлению подготовки  
**13.04.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

морских технологий, энергетики и строительства  
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-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство</p>	<p>ПК-4.3: Понимает и применяет современные достижения науки и передовой технологии при расчете тепловых схем теплоэнергетических установок</p>	<p>Расчет тепловых схем теплоэнергетических установок</p>	<p><u>Знать</u>: современные методики расчета тепловых схем теплоэнергетических установок; стандартные методики расчета основного и вспомогательного оборудования тепловых электростанций; методы определения энергетических показателей теплоэнергетических установок.</p> <p><u>Уметь</u>: осуществлять поиск необходимой нормативной и технической документации и использовать ее при решении профессиональных задач; проводить по типовым методикам расчеты тепловых схем и осуществлять выбор оборудования ТЭС с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием; использовать полученные знания и навыки при принятии инженерных решений.</p> <p><u>Владеть</u>: современными методиками расчета тепловых схем, энергетических показателей теплоэнергетических установок с применением компьютерных и информационных технологий; методами оценки основных технико-экономических показателей теплоэнергетических установок; принципами рационального выбора параметров технологического процесса ТЭС.</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:

- задания по темам практических занятий
- тестовые задания;

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

- задание и вопросы для защиты курсовой работы;
- промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

### **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 В Приложении № 1 приведены типовые задания по темам практических занятий, которые включают развернутые ответы на контрольные вопросы, выполненные в письменном виде. По результатам выполнения заданий выставляется экспертная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно»). Критерии оценивания представлены в таблице 2.

3.2 Тестовые задания по дисциплине представлены в Приложении №2. 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 таблице2:

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

### **4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине в форме курсовой работы проводится в виде ее защиты. Система оценивания результатов защиты включает в себя следующие оценки: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно». Критерии выставления оценки представлены в таблице 2. Типовые задания и вопросы для защиты курсовой работы приведены в Приложении № 3.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине в форме зачета проводится по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

Оценка «зачтено» выставляется студентам, получившим положительную оценку («зачтено») по результатам тестирования, положительную оценку («отлично», «хорошо», «удовлетворительно») по результатам выполнения заданий по темам практических занятий.

4.3 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 %
Критерий	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	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
<b>2 Работа с информацией</b>	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
<b>3 Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	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	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые реле-

Система оценок  Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
			релевантные задаче данные	вантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4 Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	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 по выбору «Расчеты тепловых схем теплоэнергетических установок» 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 энергетика (протокол №4 от 29.03.2022).

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Приложение №1

**ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

**Задание 1**

1. Содержание принципиальной тепловой схемы электростанции.
2. Особенности тепловой схемы электростанции без деаэратора.
3. Энергоблоки со сверхкритическими параметрами.
4. Тепловые схемы современных теплофикационных турбоустановок.
5. Особенности принципиальной тепловой схемы ТЭС с поперечными связями.
6. Характерные режимы ТЭС, для которых производится расчет тепловой схемы.
7. Модели для математического описания процессов в элементах тепловой схемы.
8. Основные этапы расчета принципиальной тепловой схемы турбоустановки.
9. Расчет тепловых схем в долях расхода отбираемого пара.
10. Развернутая тепловая схема энергоблока.
11. Энергетические показатели ТЭС.

**Задание 2**

1. Расчет тепловых схем по предварительно заданному расходу пара в турбину.
2. Расчет тепловых схем по заданному расходу пара в конденсатор.
3. Разработка новой тепловой схемы энергоблока. Основные входные и выходные параметры котельной установки.
4. Разработка новой тепловой схемы энергоблока: определение числа отдельных цилиндров и схема их соединения, выхлопов ЦНД и регенеративных подогревателей (регенеративных отборов).
5. Разработка новой тепловой схемы турбоустановки: выбор типов регенеративных подогревателей.
6. Расчет системы регенерации турбоустановки при частичной нагрузке.
7. Преимущества и недостатки расчета турбоустановки по заводским характеристикам отсеков турбины.
8. Моделирование регенеративных подогревателей и расчет расходов пара и конденсата.
9. Расчет тепловой экономичности турбоустановки.
10. Определение удельных расходов пара, топлива и показателей тепловой экономичности.
11. Парогазовый цикл ТЭС. Какой цикл называют утилизионным?

**Задание 3**

1. Определение расходов пара и тепла на ТЭЦ.
2. «Физический» метод определения энергетических показателей ТЭЦ.
3. Преимущества и недостатки определения показателей тепловой экономичности турбоустановки методом прямого баланса.
4. Преимущества и недостатки определения показателей тепловой экономичности турбоустановки методом обратного баланса.
5. Балансовый метод определения энергетических показателей.
6. Расчет энергетических показателей паротурбинных установок.
7. Регенеративный подогрев питательной воды. Применяемые схемы и типы подогревателей.
8. Балансовые уравнения воды и пара на КЭС и ТЭЦ с открытой и закрытой схемами отпуска тепла. Требования к качеству добавочной воды.
9. Виды продувки котла, их назначение. Использование продувки в тепловой схеме ТЭС.
10. Расчет расширителя продувки по его балансовым уравнениям.
11. Тепловая диаграмма котла-утилизатора.

#### **Задание 4**

1. Основные типы испарительных установок и их сравнительная характеристика: принципиальные схемы, технические характеристики, преимущества и недостатки.
2. Способы включения одноступенчатых и многоступенчатых испарительных установок в тепловые схемы КЭС и ТЭЦ.
3. Испарительные установки кипящего типа (принципиальные схемы, область применения, технические характеристики, преимущества и недостатки).
4. Испарительные установки пленочного типа (принципиальные схемы, область применения, технические характеристики, преимущества и недостатки).
5. Испарительные установки мгновенного вскипания (принципиальные схемы, область применения, технические характеристики, преимущества и недостатки).
6. Термическая деаэрация воды на ТЭС. Типы, устройство, принцип работы и область применения термических деаэраторов на ТЭС и РТС. Тепловая схема деаэратора. Способы включения деаэраторов в тепловую схему ТЭС.
7. Способы отпуска тепла потребителям от ТЭС. Классификация и схемы систем централизованного теплоснабжения и систем горячего водоснабжения.
8. Технические характеристики и область применения ГТУ на ТЭС. Схема цикла ГТУ с регенерацией теплоты.



9. Методы повышения экономичности ТЭС.
10. Техничко-экономический выбор параметров пара.
11. Принципиальные тепловые схемы энергоблоков ПГУ.

#### **Задание 5**

1. Алгоритм поверочного расчета тепловой схемы турбоустановки.
2. Тепловой баланс отдельных узлов тепловой схемы.
3. Построение процессов в T-s, P-v, h-s диаграммах.
4. Виды регенеративных подогревателей и схемы их включения.
5. Расчет системы регенерации. Цель расчета. Основные принципы расчета.
6. Принципиальные тепловые схемы энергоблоков КЭС.
7. Принципиальные тепловые схемы энергоблоков ТЭЦ.
8. Принципиальные схемы отпуска теплоты от ТЭЦ.
9. Принципиальные тепловые схемы ТЭЦ с поперечными связями.
10. Графики тепловых нагрузок. Температурные графики.
11. Раздельная и комбинированная выработка теплоты. Термодинамическое преимущество комбинированной выработки теплоты на ТЭЦ.

Приложение №2

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**Вариант 1**

ПК-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство.

Индикатор ПК-4.3: Понимает и применяет современные достижения науки и передовой технологии при рас-чете тепловых схем теплоэнергетических установок

Вопрос № 1. *Исходно-нормативный удельный расход условного топлива на выработку электроэнергии  $b_{ин}^э$  это...*

1. Удельный расход условного топлива на выработку одного кВт·ч определяемый по нормативным характеристикам энергетического оборудования ТЭС для данного режима работы оборудования при постоянных внешних факторах

2. Фактический удельный расход условного топлива на выработку 1 кВт·ч определяемый по результатам тепловых испытаний.

3. Удельный расход условного топлива на выработку 1 кВт·ч определяемый по нормативным характеристикам энергетического оборудования ТЭС с учетом отклонения внешних факторов.

4. Удельный расход условного топлива на выработку 1 кВт·ч определяемый по нормативным характеристикам энергетического оборудования ТЭС с учетом отклонения внешних факторов и задания по степени использования резерва тепловой экономичности оборудования.

Вопрос № 2. *Установленная электрическая мощность ТЭС (МВт) определяется по формуле:*

$$1. N_{уст} = N_{макс}^{зимн} \cdot k_{аварийн} \cdot k_{промышл} \cdot k_{ремонт}$$

$$2. N_{уст} = N_{макс}^{летн} \cdot (k_{аварийн} + k_{промышл} + k_{ремонт})$$

$$3. N_{уст} = N_{макс}^{зимн} \cdot (k_{аварийн} + k_{промышл} + k_{ремонт})$$

$$4. N_{уст} = N_{макс}^{летн} \cdot k_{аварийн} \cdot k_{промышл} \cdot k_{ремонт}$$

Вопрос № 3. *Суточные графики тепловых и электрических нагрузок ТЭС используются...*

1. При планировании и распределении нагрузок между электростанциями и установленным оборудованием ТЭС.

2. В расчетах по выбору состава рабочего и резервного оборудования, определения установленной мощности агрегатов.

3. При определении расходов тепловой и электрической энергии на собственные нужды ТЭС.

4. Для построения нормативных энергетических характеристик оборудования ТЭС.

Вопрос № 4. *КПД нетто ТЭС по выработке электрической энергии учитывает...*

1. Удельный расход тепла на собственные нужды ТЭС.
2. Удельный расход электрической энергии на собственные нужды ТЭС.
3. Удельный расход пара на выработку 1 кВт·ч.
4. Удельный нормативный расход топлива на выработку 1 кВт·ч.

Вопрос № 5. Годовая экономия условного топлива ( $m$  у.т./год) на ТЭС определяется:

1.  $B_{\text{ЭК}} = (b_{\text{ин}}^{\text{э}} - b_{\text{норм}}^{\text{э}}) \cdot \mathcal{E}_{\text{выр}} + (b_{\text{ин}}^{\text{тэ}} - b_{\text{норм}}^{\text{тэ}}) \cdot Q_{\text{выр}}$
2.  $B_{\text{ЭК}} = (b_{\text{факт}}^{\text{э}} - b_{\text{норм}}^{\text{э}}) \cdot \mathcal{E}_{\text{выр}} + (b_{\text{факт}}^{\text{тэ}} - b_{\text{норм}}^{\text{тэ}}) \cdot Q_{\text{выр}}$
3.  $B_{\text{ЭК}} = (b_{\text{факт}}^{\text{э}} - b_{\text{норм}}^{\text{э}}) \cdot Q_{\text{выр}} + (b_{\text{факт}}^{\text{тэ}} - b_{\text{норм}}^{\text{тэ}}) \cdot \mathcal{E}_{\text{выр}}$
4.  $B_{\text{ЭК}} = (b_{\text{факт}}^{\text{тэ}} - b_{\text{норм}}^{\text{тэ}}) \cdot Q_{\text{выр}}$

Вопрос № 6. Нормативные характеристики энергетического оборудования ТЭС используются...

1. Оперативным персоналом ТЭС во время эксплуатации основного оборудования ТЭС.
2. Во время проведения пусконаладочных испытаний основного оборудования ТЭС.
3. Для расчета удельных исходно-нормативных расходов топлива на выработку тепловой и электрической энергии.
4. Во время проведения ремонта основного оборудования ТЭС.

Вопрос № 7. Мощность электропривода дутьевого вентилятора парогенератора определяется по формуле:

1.  $N_{\text{э}} = \frac{\eta_{\text{вент}} \cdot Q}{H} \cdot k_q \cdot k_h \cdot k_{\text{э}}$
2.  $N_{\text{э}} = \frac{Q \cdot H}{\eta_{\text{вент}}} \cdot k_q \cdot k_h \cdot k_{\text{э}}$
3.  $N_{\text{э}} = \frac{\eta_{\text{вент}} \cdot H}{Q} \cdot k_q \cdot k_h \cdot k_{\text{э}}$
4.  $N_{\text{э}} = \frac{n \cdot H}{\eta_{\text{вент}}} \cdot k_q \cdot k_h \cdot k_{\text{э}}$

Вопрос № 8. Выбор подогревателя питательной воды осуществляется...

1. По необходимой поверхности теплообмена и его гидравлическому сопротивлению.
2. По параметрам греющей и нагреваемой среды, гидравлическому сопротивлению, типу конструкционных материалов.
3. По тепловой мощности подогревателя и его габаритным размерам.
4. По необходимой поверхности теплообмена подогревателя, параметрам греющей и нагреваемой среды, гидравлическому сопротивлению, типу конструкционных материалов.

Вопрос № 9. Экономичность котлов-утилизаторов ТЭС с ПГУ оценивается в первом приближении показателем...

1. КПД котла-утилизатора.
2. Массой и стоимостью котла-утилизатора.
3. Степенью использования теплоты уходящих газов по формуле:

$$\Psi = \frac{t_{ухд} - t_{ухк}}{t_{ухд} - t_{ос}}$$

где  $t_{ухд}$  – температура уходящих газов ГТУ,  $t_{ухк}$  – температура уходящих газов за котлом-утилизатором,  $t_{ос}$  – температура окружающего воздуха.

Вопрос № 10. Расчет капиталовложений при проектировании блочных ТЭС производится по формуле:

1.  $K = [K_1 + K_2 \cdot (N_{БЛ} - 1)] \cdot C_P \cdot C_T$
2.  $K = [K_1 + K_2 : (N_{БЛ} - 1)] \cdot C_P \cdot C_T$
3.  $K = [K_1 \cdot K_2 \cdot (N_{БЛ} - 1)] \cdot C_P \cdot C_T$
4.  $K = [K_1 + K_2 \cdot (N_{БЛ} - 1)] \cdot C_P$

Вопрос № 11. Централизованное теплоснабжение потребителей с использованием отработавшей в тепловом двигателе теплоты (пара из паровой турбины или газа из ГТУ) называется

1. выработкой электроэнергии на тепловом потреблении;
2. теплофикацией;
3. теплоэлектроцентралью.

Вопрос № 12. По энергетическому назначению ТЭС разделяются на

1. конденсационные и теплоэлектроцентрали;
2. блочные и неблочные;
3. паротурбинные и газотурбинные.

Вопрос № 13. Использование отработавшего пара (газа) для подогрева рабочего тела тепловых двигателей ТЭС называют

1. регенерацией теплоты;
2. генерацией теплоты;
3. экономией теплоты.

Вопрос № 14. В настоящее время наиболее широко применяется вид промежуточного перегрева пара в паротурбинных установках, называемый

1. газовым;
2. паровым;
3. конденсационным;
4. питательным.

Вопрос № 15. Определить КПД ТЭЦ брутто по выработке электроэнергии и теплоты, если удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии равен 0,108 кг/МДж и удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж теплоты равен 0,042 кг/МДж.

1. 0,317 и 0,814;
2. 317 и 814;
3. 0,031 и 0,081.
4. нет правильного ответа.

Вопрос № 16. Конденсационная станция израсходовала  $B = 660 \cdot 10^6$  кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания 24700 кДж/кг и выработала электроэнергии  $545 \cdot 10^{10}$  кДж/год. Удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии равен

1. 0,102 кг/МДж;
2. 102 кг/МДж;
3. 0,0102 кг/МДж;
4. 12 кг/МДж.

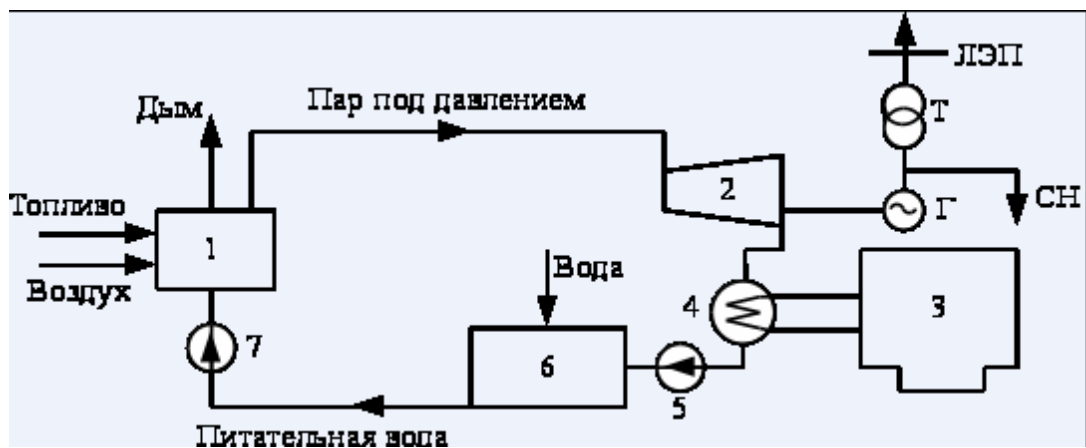
**Вопрос № 17.** Теплоэлектроцентр израсходовала  $V_{ТЭЦ} = 78 \cdot 10^6$  кг/год топлива, выработав при этом электрической энергии  $54 \cdot 10^{10}$  кДж/год и отпустив теплоты внешним потребителям  $3,36 \cdot 10^{11}$  кДж/год. Удельные расходы условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии и 1 МДж теплоты, если тепловой эквивалент сжигаемого на ТЭЦ топлива  $\mathcal{E}=0,9$  и КПД котельной установки 0,89, равны...

1. 0,206 кг/МДж и 0,058 кг/МДж;
2. 0,106 кг/МДж и 0,038 кг/МДж;
3. 106 кг/МДж и 38 кг/МДж;
4. 0,0106 кг/МДж и 0,0038 кг/МДж.

**Вопрос № 18.** Теплоэлектроцентр израсходовала  $V_{ТЭЦ} = 88 \cdot 10^6$  кг/год каменного угля с низшей теплотой сгорания 25700 кДж/кг, выработав при этом электроэнергии  $152 \cdot 10^6$  кВт·ч/год, отпустив теплоты внешним потребителям  $5,14 \cdot 10^{11}$  кДж/год. Удельный расход теплоты на выработку 1 кВт·ч энергии (для условного топлива), если КПД котельной установки 0,87, равен ...

1. 11 МДж/(кВт·ч);
2. 12 МДж/(кВт·ч);
3. 21 МДж/(кВт·ч);
4. 41 МДж/(кВт·ч).

**Вопрос № 19.** Принципиальная технологическая схема тепловых электростанций приведена на рисунке. Выбрать на схеме турбину:



1. 1;
2. 2;
3. 3;
4. 6.

**Вопрос № 20.** Теплоэлектроцентр выработала электроэнергии  $32 \cdot 10^{10}$  кДж/год и отпустила теплоты внешним потребителям  $2,8 \cdot 10^{11}$  кДж/год. Годовой расход топлива, если удельный расход условного топлива на выработку 1 МДж электроэнергии 0,104

кг/МДж, КПД ТЭЦ брутто по выработке теплоты 0,85 и тепловой эквивалент сжигаемого на ТЭЦ топлива  $\mathcal{E}=0,86$ , равен

1.  $V_{ТЭЦ} = 51,6 \cdot 10^6$  кг/год;
2.  $V_{ТЭЦ} = 51,6 \cdot 10^5$  кг/год;
3.  $V_{ТЭЦ} = 51,6 \cdot 10^4$  кг/год;
4.  $V_{ТЭЦ} = 51,6 \cdot 10^3$  кг/год.

## Вариант 2

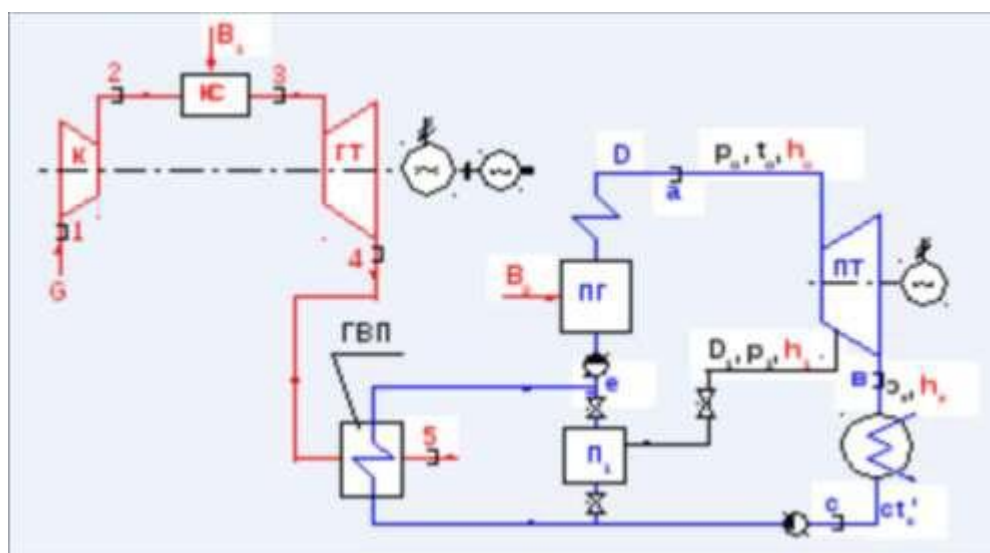
ПК-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство.

Индикатор ПК-4.3: Понимает и применяет современные достижения науки и передовой технологии при рас-чете тепловых схем теплоэнергетических установок

Вопрос № 1. Мощность ПГУ определяется выражением:

1.  $\eta_{ПГУ} = \eta_{Г} + \eta_{П} (1 - \eta_{Г} - \Sigma q_{П})$
2.  $Q_{Г} = c \cdot G_{Г} (T_2 - T_5) = G_{П} (h_a - h_d)$
3.  $Q_{уx} = c \cdot G_{Г} (T_5 - T_{н.к.})$
4.  $N_{эПГУ} = \Sigma N_{эГТУ} + \Sigma N_{эПТУ}$

Вопрос № 2. Название ПГУ, соответствующее данной схеме работы ...



1. независимая;
2. зависимая;
3. полузависимая;
4. смежная.

Вопрос № 3. Газотурбинная установки работает по циклу с подводом теплоты при

$v = \text{const}$  и с полной регенерацией. Известны параметры:  $t_1 = 30$  °С и  $t_5 = 400$  °С, а также  $\lambda = p_2/p_1 = 4$ . Рабочее тело – воздух. Термический к.п.д. этого цикла равен ...

1.  $\eta_t = 0,41$ ;
2.  $\eta_t = 0,31$ ;
3.  $\eta_t = 41$ ;
4.  $\eta_t = 31$ .

Вопрос № 4. Простым теплосиловым циклом называется....

1. Замкнутый, непрерывно протекающий термодинамический процесс преобразования тепловой энергии в механическую работу;
2. Замкнутый, непрерывно протекающий термодинамический процесс преобразования механической работы в тепловую энергию;
3. Замкнутый, непрерывно протекающий механический процесс преобразования механической энергии в электрическую энергию.

Вопрос № 5. Комбинированный цикл это ...

1. цикл, состоящий из одного цикла, связанного с получением тепловой мощности;
2. цикл, состоящий из двух циклов, связанных между собой тепловой мощностью;
3. замкнутый высокотемпературный цикл.

Вопрос № 6. Степень бинарности это ...

1. степень экономичности высокотемпературного цикла;
2. степень экономичности низкотемпературного цикла;
3. степень связанности высокотемпературного и низкотемпературного циклов.

Вопрос № 7. Энергетические парогазовые установки используют...

1. газотурбинный и паросиловой циклы;
2. парогазовый и газопаровой циклы;
3. газопаровой и турбинный циклы.

Вопрос № 7. Парогазовые установки по назначению делятся на:

1. теплофикационные и электрификационные;
2. конденсационные и теплофикационные;
3. паровые и газовые.

Вопрос № 8. Дополнительное топливо в котле-утилизаторе утилизационной ПГУ ...

1. подается вместе с первичным воздухом;
2. подается вместе с уходящими газами ГТУ;
3. не сжигается.

Вопрос № 9. Особенность работы ПГУ с высоконапорным парогенератором состоит в следующем:

1. газотурбинный и парогазовый циклы – последовательные процессы;
2. используются только на угольных ТЭЦ;
3. газотурбинный и парогазовый циклы – параллельные процессы.

Вопрос № 10. В ПГУ с параллельной схемой параллельно традиционной современной ПСУ устанавливают:

1. паровую турбину и котел-утилизатор;
2. газотурбинную установку и котел-утилизатор;
3. паросиловую установку.

Вопрос № 11. В ПГУ с дожиганием дополнительное количество природного газа сжигается в котле-утилизаторе чтобы:

1. получить дополнительную тепловую энергию для газовой турбины;
2. получить дополнительную тепловую энергию для высокотемпературного цикла;
3. получить дополнительную тепловую энергию для отопления помещений в холодное время года (без строительства отдельных котельных).

Вопрос № 12. В ПГУ с газопаровой турбиной пар, генерируемый котлом-утилизатором, направляется:

1. в камеру сгорания;
2. в подогреватель высокого давления;
3. в паровую турбину.

Вопрос № 13. В сбросных ПГУ горячие выхлопные газы ГТУ направляются:

1. в камеру сгорания;
2. в энергетический котел традиционной ПСУ;
3. в газовую турбину.

Вопрос № 14. В ПГУ с высоконапорным парогенератором используется котел специальной конструкции, в котором вводимое топливо сжигается:

1. при атмосферном давлении;
2. под разрежением;
3. под избыточным давлением.

Вопрос № 15. Энерготехнологические ПГУ применяются для...

1. совместного производства электроэнергии, тепла и химических продуктов;
2. производства тепла и электроэнергии;
3. все вышеперечисленное.

Вопрос № 16. Парогазовый энергоблок включает в себя:

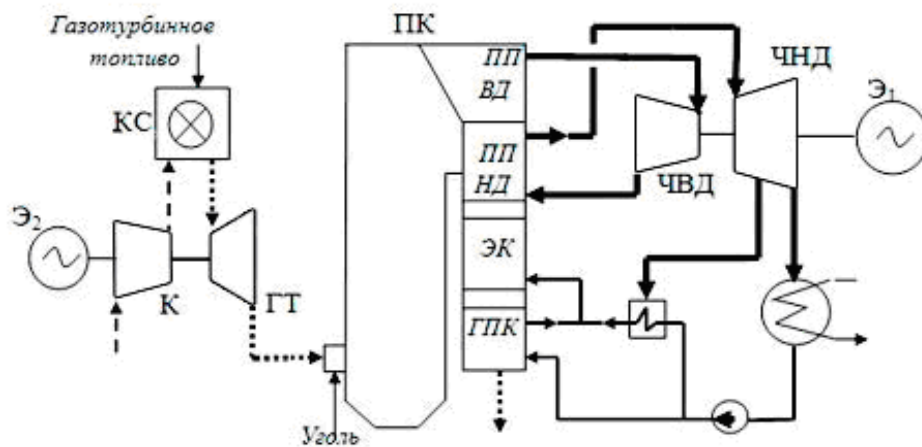
1. одну ГТУ, несколько котельных установок и паровую турбину;
2. одну или несколько ГТУ, одну или несколько котельных установок (по числу ГТУ) и паротурбинную установку;
3. несколько ГТУ, одну котельную установку и электрогенератор;

Вопрос № 17. Наиболее распространен в РФ способ модернизации газовых ТЭЦ ...

1. внедрение паровых котлов сверхкритических параметров пара;
2. внедрение противоаварийных турбин;
3. внедрение парогазовых установок.

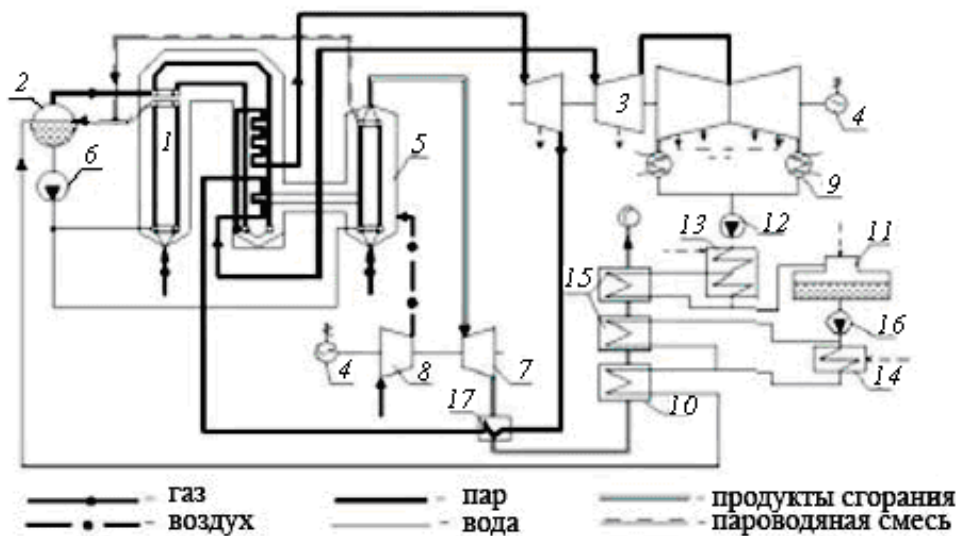
Вопрос № 18. На рисунке изображена принципиальная схема ...





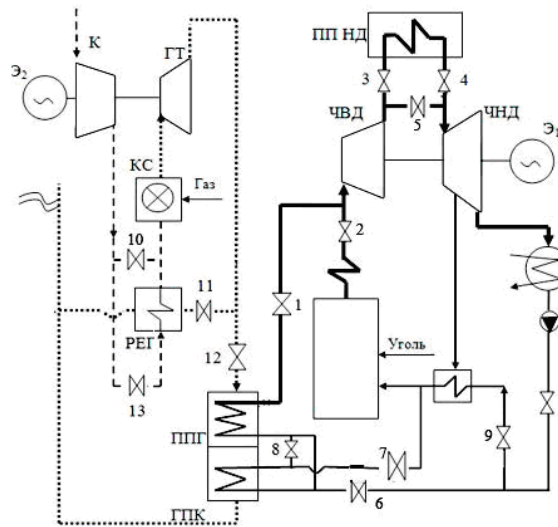
1. ГТУ;
2. ПТУ;
3. ПГУ с ВПГ;
4. ПГУ сбросного типа.

*Вопрос № 19. На рисунке изображена принципиальная схема ...*



1. ПГУ-КУ;
2. ПТУ;
3. ПГУ с ВПГ;
4. ПГУ сбросного типа.

*Вопрос № 20. На рисунке изображена принципиальная схема ...*



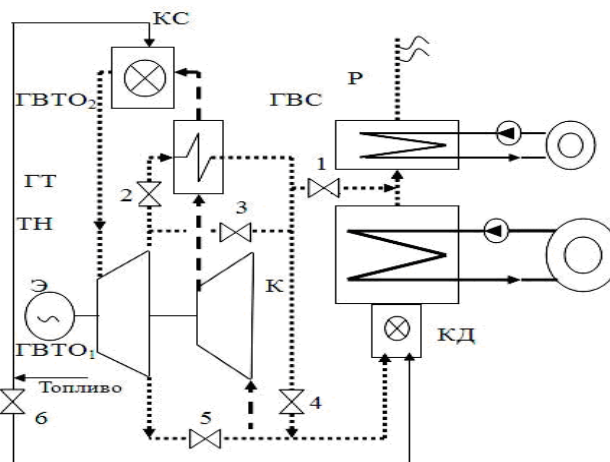
1. ПГУ утилизационного типа;
2. ПГУ сбросного типа;
3. ПГУ с ВПГ;
4. ПГУ-КУ в параллели с ПТУ

### Вариант 1

ПК-4: Способен использовать современные достижения науки и передовой технологии в научно-исследовательских работах, планировать и ставить задачи исследования, выбирать методы экспериментальной работы, интерпретировать и представлять результаты научных исследований, давать практические рекомендации по их внедрению в производство.

Индикатор ПК-4.3: Понимает и применяет современные достижения науки и передовой технологии при рас-чете тепловых схем теплоэнергетических установок

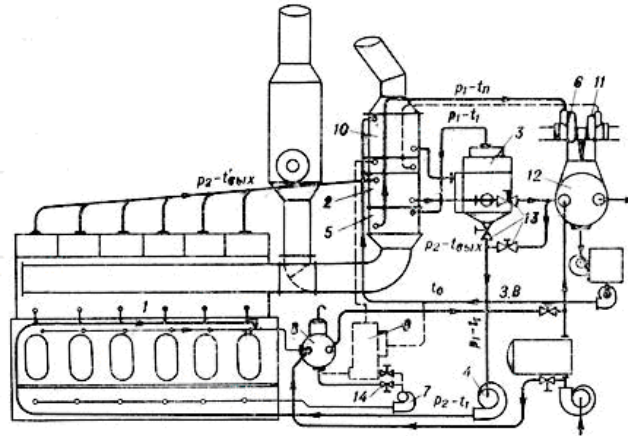
Вопрос № 1. На рисунке изображена принципиальная тепловая схема ...



1. ПГУ -КУ;
2. ПГУ сбросного типа;
3. ПГУ с ВПГ;

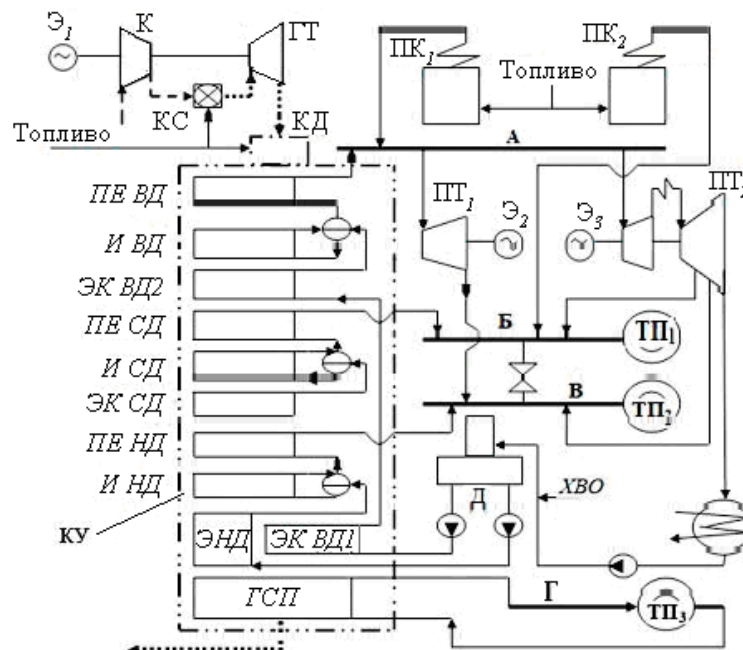
#### 4. ГТУ ТЭЦ

Вопрос № 2. На рисунке изображена принципиальная тепловая схема ...



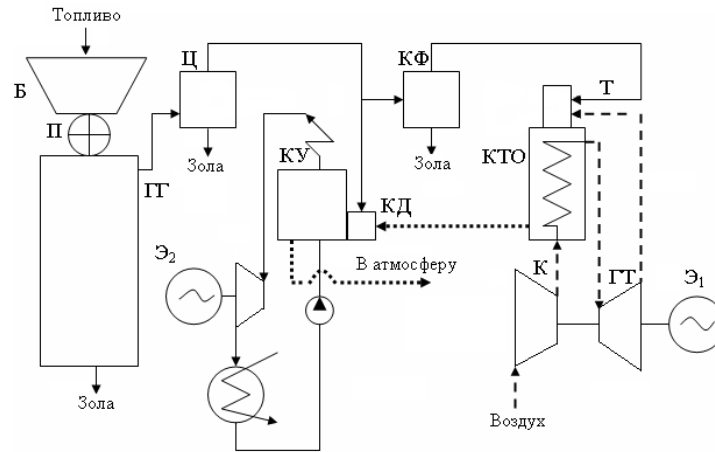
1. ПГУ утилизационного типа;
2. ПГУ сбросного типа;
3. ПГУ с ДВС;
4. ПГУ ТЭЦ комбинированного типа

Вопрос № 3. На рисунке изображена принципиальная тепловая схема ...



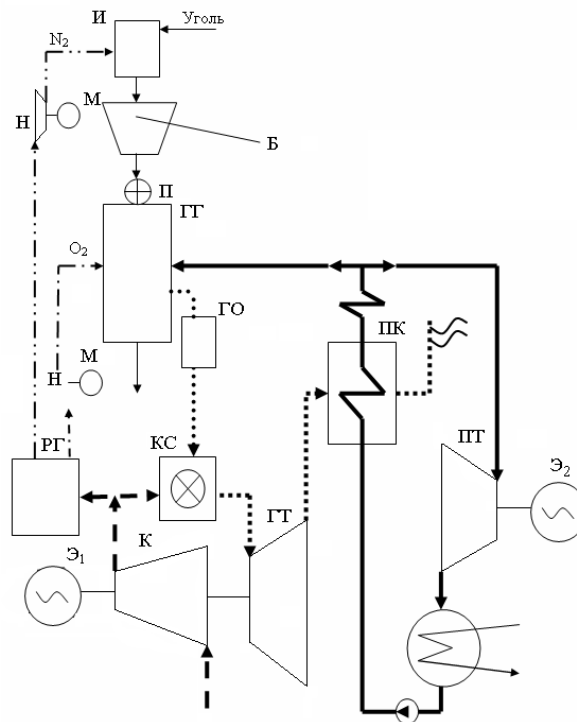
1. ПГУ -КУ;
2. ПГУ-КУ в параллели с ПТУ;
3. ПГУ с ВПГ;
4. ПГУ ТЭЦ комбинированного типа.

Вопрос № 4. На рисунке изображена принципиальная тепловая схема ...



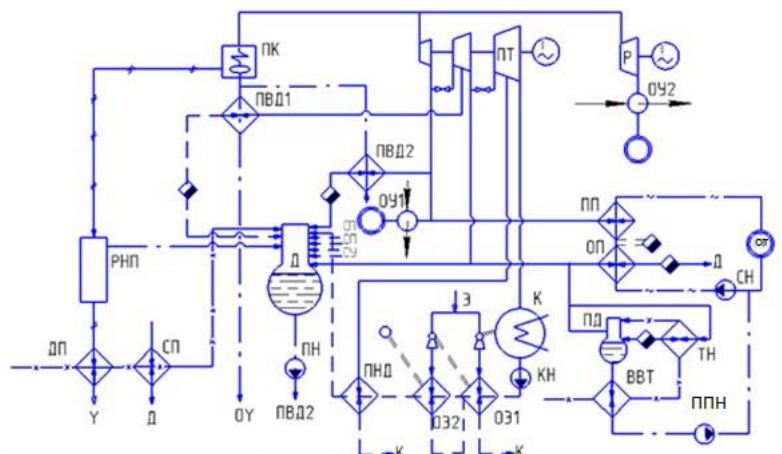
1. ПГУ -КУ;
2. ПГУ на твердом топливе;
3. ПГУ-КУ с полузамкнутым циклом;
4. ПГУ ТЭЦ комбинированного типа

*Вопрос № 5. На рисунке изображена принципиальная тепловая схема ...*



1. ПГУ ТЭЦ комбинированного типа;
2. ПГУ на твердом топливе;
3. ПГУ-КУ;
4. ПГУ-КУ с полузамкнутым циклом

*Вопрос № 6. На тепловой схеме ПТ-ТЭС на средние параметры пара символом ОУ обозначается ...*



1. охладительная установка;
2. отопительная нагрузка;
3. основной подогреватель;
4. охладитель выхлопа эжекторов

**Вопрос № 7.** КПД парогазовой установки ТЭС утилизационного типа определяется по формуле (где:  $\eta_{ку}$  - КПД котла-утилизатора,  $\eta_{пту}$  - КПД утилизационного парового турбогенератора,  $\eta_{гту}$  - КПД газотурбинной установки):

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

**Вопрос № 8.** При надстройке существующей схемы классической паротурбинной установки с применением парогазовой технологии применяют:

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

**Вопрос № 9.** КПД по отпуску тепла для схемы теплофикационной парогазовой установки (ПГУ) определяется по формуле (где  $\eta_i$  - внутренний КПД цикла,  $\eta_{тр}$  - КПД транспорта тепла,  $\eta_{тфу}$  - КПД теплофикационной установки,  $\eta_э$  - КПД электрогенератора,  $\eta_{ку}$  - КПД котла-утилизатора,  $\eta_{гт}$  - КПД газовой турбины,  $\eta_m$  - термический КПД цикла):

1.  $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу}$ ;
2.  $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу} \cdot \eta_э$ ;
3.  $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу} \cdot \eta_{гт}$ ;
4.  $\eta_Q = \eta_{ку} \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_{тфу} \cdot \eta_{гт} \cdot \eta_m$

**Вопрос № 10.** Абсолютный электрический КПД схемы утилизационной турбогенераторной установки по производству электроэнергии парогазовой установки (ПГУ) ТЭС определяется по формуле (где  $\eta_m$  - термический КПД цикла утилизационной турбины,  $\eta_{oi}$  - внутренний относительный КПД турбоустановки,  $\eta_{тр}$  - трубопровода,  $\eta_m$  - механический КПД,  $\eta_э$  - КПД электрогенератора,  $\eta_{ку}$  - КПД утилизационного котла ПГУ):

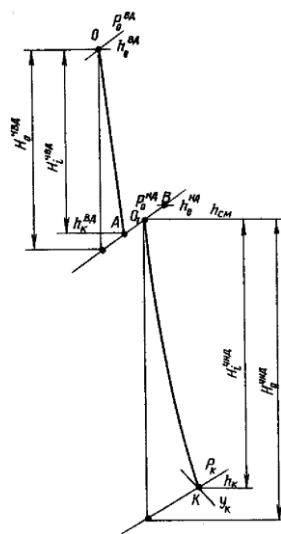
1.  $\eta_{ае} = \eta_э \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_m \cdot \eta_г$ ;
2.  $\eta_{ае} = \eta_э \cdot \eta_{ку} \cdot \eta_m \cdot \eta_г \cdot \eta_{oi}$ ;

3.  $\eta_{ae} = \eta_T \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_{ку} \cdot \eta_M \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_G$ ;
4.  $\eta_{ae} = \eta_T \cdot \eta_{oi} \cdot \eta_M \cdot \eta_{тр} \cdot \eta_G$

Вопрос № 11. Основным преимуществом схемы парогазовой установки (ПГУ) ТЭС с «вытеснением» регенерации является:

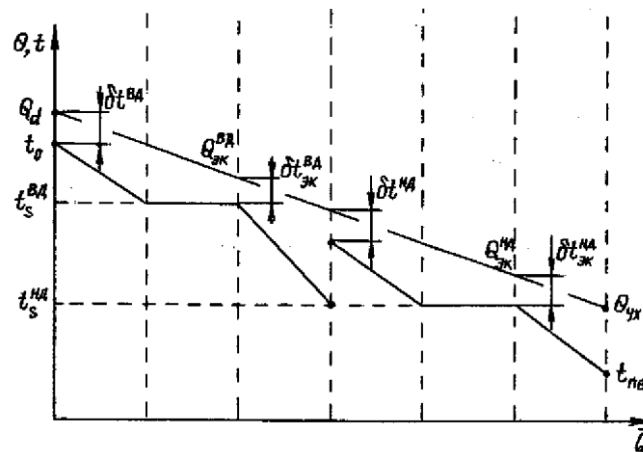
1. Высокая маневренность установки;
2. Более высокий КПД по производству электроэнергии по сравнению с КПД по производству электроэнергии двухконтурной утилизационной ПГУ;
3. Низкие требования к качеству питательной воды парового котла;
4. Отсутствие парового котла-утилизатора.

Вопрос № 12. На рисунке представлен процесс...



1. расширения пара в односекционной турбине;
2. повышения давления в питательном насосе;
3. регенеративного подогрева питательной воды;
4. расширения пара в двухсекционной турбине с промежуточным перегревом.

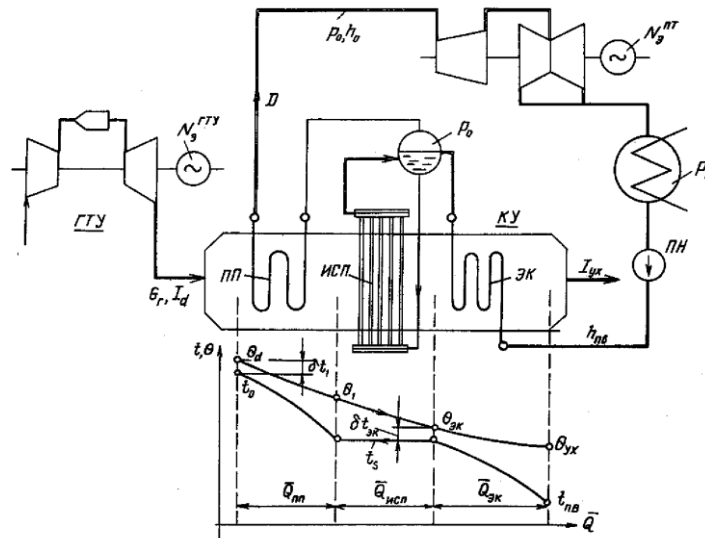
Вопрос № 13. На рисунке представлен(а) ...



1. график изменения температуры в регенеративном подогревателе;

2. тепловая диаграмма котла-утилизатора ПГУ;
3. характер изменения температуры пара по ступеням турбины;
4. процесс нагрева воды в сетевом подогревателе.

*Вопрос № 14. На рисунке представлена схема ...*



1. одноконтурной ПГУ-КУ;
2. двухконтурной ПГУ утилизационного типа;
3. трехконтурной ПГУ утилизационного типа;
4. ПГУ с конденсационной турбиной

*Вопрос № 15. При проектировании новых ТЭС - конденсационных и теплоэлектроцентралей наиболее высокую экономичность обеспечивает применение бинарных парогазовых установок с высоким температурным уровнем подвода теплоты в газотурбинном цикле и паротурбинным циклом с низкой температурой отвода. Проблемы создания такой ПГУ НЕ отражает следующее утверждение:*

1. усложнение схемы паротурбинной части УПГУ (увеличение количества контуров генерации пара, ввод промежуточного перегрева) приводит к увеличению поверхности теплообмена котла-утилизатора, его стоимости и аэродинамического сопротивления;
2. полезный эффект, связанный с ростом КПД при усложнении паросилового цикла, технико-экономически оправдывает себя только при условии выбора оптимальных значений давления и температуры генерируемого по контурам КУ пара;
3. при выборе того или иного схемного решения и параметров пара должен быть учтен фактор надежности и долговечности работы паротурбинной установки и УПГУ в целом;
4. в схеме УПГУ с типовой паровой турбиной давления генерируемого пара могут быть назначены произвольным образом.

*Вопрос № 16. При проектировании новых ТЭС - конденсационных и теплоэлектроцентралей наиболее высокую экономичность обеспечивает применение бинарных парогазовых установок утилизационного типа (УПГУ). При этом доля мощности газовой части а сравнении с ПГУ других типов является ...*

1. наименьшей;
2. наибольшей;
3. произвольной, не зависящей от типа ПГУ;

4. одинаковой, не зависящей от типа ПГУ

*Вопрос № 17. При выборе оптимальных параметров паровой части схемы ПГУ задача оптимизации параметров пара в котле-утилизаторе по наибольшему КПД УПГУ сводится к оптимизации по наибольшему КПД ПСУ:  $\eta_{\text{ПСУ}}^3 = \eta_{\text{ПТУ}}^3 \eta_{\text{КУ}}$ . При повышении параметров вырабатываемого в КУ пара, КПД ПТУ ...*

1. падает
2. растет
3. не меняется
4. меняется произвольным образом

*Вопрос № 18. При выборе оптимальных параметров паровой части схемы ПГУ задача оптимизации параметров пара в котле-утилизаторе по наибольшему КПД УПГУ сводится к оптимизации по наибольшему КПД ПСУ:  $\eta_{\text{ПСУ}}^3 = \eta_{\text{ПТУ}}^3 \eta_{\text{КУ}}$ . При повышении параметров вырабатываемого в КУ пара, КПД котла-утилизатора ...*

1. падает.
2. растет.
3. не меняется.
4. меняется произвольным образом.

*Вопрос № 19. Оптимальное значение температуры газов за одноконтурным котлом-утилизатором по наибольшему КПД теплофикационной УПГУ может быть обеспечено ...*

1. подогревом сетевой воды в, установленных после КУ, поверхностях сетевых подогревателей (СП);
2. температурой сетевой воды в теплообменниках теплофикационной установки;
3. температурой газов на входе в КУ;
4. параметрами пара на выходе из КУ.

*Вопрос № 20. В ПГУ могут применяться котлы-утилизаторы, построенные по двум принципиально отличным конструктивным схемам:*

1. продольной и поперечной;
2. низконапорной и высоконапорной;
3. горизонтальной и вертикальной;
4. явной и неявной.



## ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ К КУРСОВОЙ РАБОТЕ

### Задание

В соответствии с индивидуальными исходными данными выполнить расчет тепловой схемы паротурбинной теплоэнергетической установки (ПТ ТЭУ).

В ходе расчета студенты должны:

- принять решения по выбору рациональной тепловой схемы, параметров и профиля ТЭУ;
- выполнить расчет тепловой схемы и основных технико-экономических показателей ТЭУ;
- оценить вредное воздействие от ТЭУ на окружающую среду.

Расчеты тепловых схем выполняются по методике, подробно изложенной в материалах рекомендованных источников.

В пояснительной записке к проекту должны быть отражены следующие разделы:

- расчет тепловой схемы ТЭУ;
- определение тепловой экономичности ТЭУ;
- выбор основного и вспомогательного оборудования;
- расчет и выбор дымовой трубы.

### Исходные данные для расчета

- Тип и мощность энергоустановки.
- Конечная температура регенеративного подогрева (температура питательной воды).
- Давление и расход свежего пара. Давление производственного отбора.
- Изменение давления регулируемых теплофикационных отборов (для турбин типа ПТ и Т).
- Тепловая нагрузка теплофикационных отборов (для турбин типа ПТ и Т).
- Расчетный режим энергоустановки.

### Требования к оформлению курсовой работы

Пояснительная записка оформляется на формате А4, шрифт 14 pt, Times New Roman, интервал – 1.

Пояснительная записка курсового проекта должна содержать:

- титульный лист;
- задание на курсовой проект; содержание;
- введение; основную часть; заключение;
- список литературы;

- приложения (при необходимости).

Графическая часть работы должна включать в себя:

- графики тепловых нагрузок ТЭУ;
- тепловую схему энергоблока ТЭС – 1 лист;
- цикл паротурбинной установки в P–s-диаграмме – 1 лист;
- процесс расширения пара в турбине в h–s-диаграмме – 1 лист.

Примеры вариантов расчетных тепловых схем (рис. П.1-П.5) и параметров оборудования ТЭУ приводятся ниже в таблицах П.1-П.3.

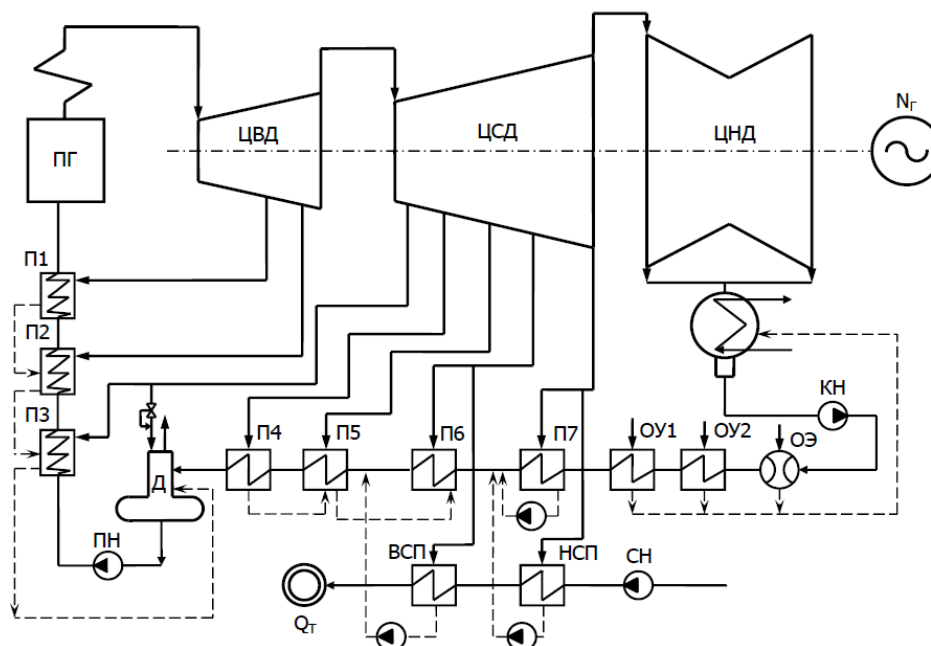


Рис. П.1 – Тепловая схема с турбиной Т-100-130 (варианты 1-4)

Таблица П.1 Основные показатели турбин типа Т-110/120-130 \*

Показатель	Модификация			
	Т-110/120-130-5М	Т-116/125-130-7М	Т-118/125-130-8	Т-120/130-130-8М
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Мощность, МВт: номинальная / максимальная	110 / 120	116 / 125	118/125	120 / 130
Расход свежего пара, т/ч: номинальный / максимальный	480 / 485	495 / 510	505/520	515 / 520
Параметры свежего пара:				
давление, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	130 (12,8)	130 (12,8)	130 (12,8)	130 (12,8)
температура, С	555	555	555	555
Тепловая нагрузка отопительная, Гкал/ч: номинальная / максимальная	175 / 184	184 / 193	188 / 197	188 / 197
Пределы изменения давления в регулируемых отборах, кгс/см <sup>2</sup> : отопительного верхнего / нижнего	0,6...2,5 / 0,5...2,0	0,6...2,5 / 0,5...2,0	0,6...2,5 / 0,5...2,0	0,6...2,5 / 0,5...2,0
Расчетная температура питательной воды, °С	234	234	235	236
Давление в конденсаторе, кПа	5,6	5,6	5,6	5,6
Расчетный расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	16000	16000	16000	16000

Показатель	Модификация			
	T-110/120-130-5M	T-116/125-130-7M	T-118/125-130-8	T-120/130-130-8M
	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Структура системы регенерации	3ПВД+Д+4ПНД	3ПВД+Д+4ПНД	3ПВД+Д+4ПНД	3ПВД+Д+4ПНД

\*Во всех турбинах семейства предусмотрен двухступенчатый подогрев сетевой воды. Во всех турбинах возможен нерегулируемый отбор пара сверх регенерации из трубопровода отбора пара к ПНД № 3 до 50 т/ч.

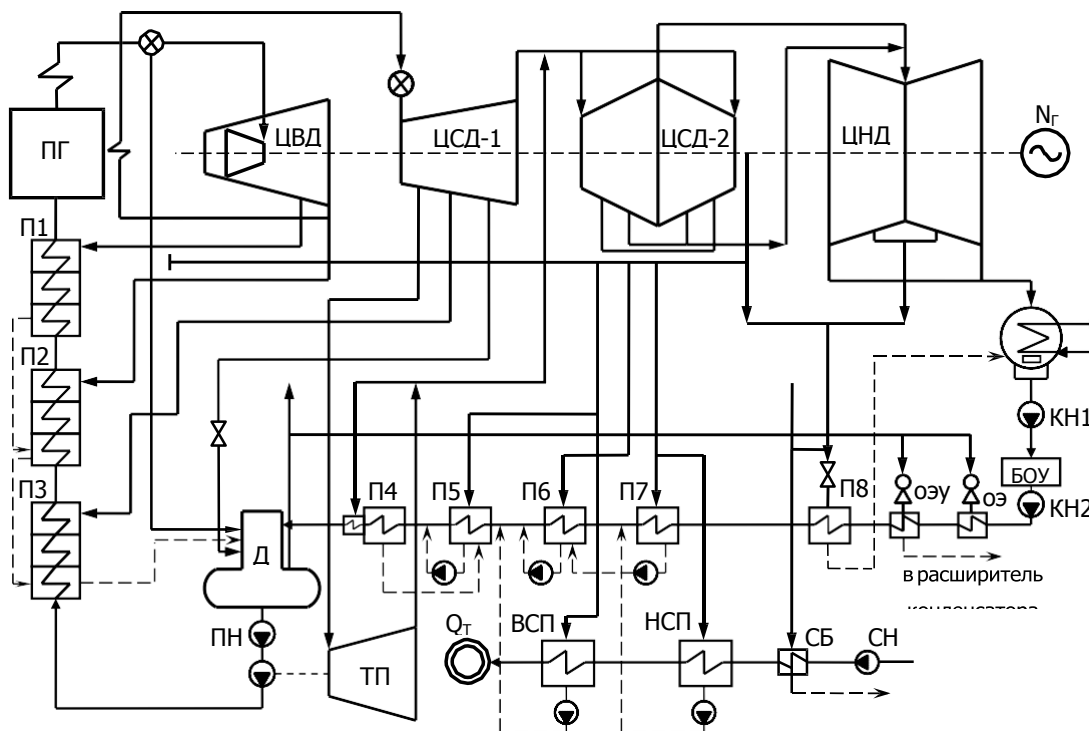


Рис. П.2 – Тепловая схема с турбиной Т-250-23,5 (варианты 5-8)

Таблица П.2 Основные показатели турбин типа Т-250/300-240\*

Показатель	Модификация			
	T-250/305-240-Д	T-255/305-240-5	T-265/305-240-С	T-285/335-240
	Вариант 5	Вариант 6	Вариант 7	Вариант 8
Мощность, МВт: номинальная / максимальная	250 / 305	260 / 305	265 / 305	285 / 335
Расход свежего пара, т/ч: номинальный / максимальный	980 / 1000	980 / 1000	980 / 1000	1050
Параметры свежего пара: давление, кгс/см <sup>2</sup> / температура, °С	240 / 540	240 / 540	240 / 540	240 / 560
Параметры пара после промпрегрева: давление, кгс/см <sup>2</sup> / температура, °С	36,8 / 540	36,8 / 540	36,8 / 540	36,8 / 560
Давление пара на турбопривод, кгс/см <sup>2</sup>	2,5			
Тепловая нагрузка, Гкал/ч: номинальная / максимальная	350 / 415	360 / 370	360 / 370	385
Пределы изменения давления в регулируемых отборах, кгс/см <sup>2</sup> : отопительного верхнего / нижнего	0,6...4,0 / 0,5...3,5	0,6...2,0 / 0,5...1,5	0,5...1,5 / 0,5...1,0	0,6...2,5 / 0,5
Температура питательной воды, °С	265	265	265	273
Давление в конденсаторе, кПа	5,8	5,8	5,8	5,8
Расчетная температура, °С	20	20	20	20
Расчетный расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	28 500	28 500	28 500	28 500
Структура системы регенерации	3ПВД+Д+4ПНД	3ПВД+Д+5ПНД	3ПВД+Д+5ПНД	3ПВД+Д+5ПНД

\*Турбина Т-265/305-240-С предназначена для ТЭЦ с пониженным до 0,3 коэффициентом теплофикации ( $\alpha_{ТЭЦ}$ ) (вместо 0,5-0,6 у базовой модели), что бывает целесообразно для ТЭЦ, расположенных в черте города. Для этого увеличивается расход сетевой воды через сетевые подогреватели ПС4 и несколько снижается давление в отборах, максимальный подогрев сетевой воды ограничен  $106\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Турбина Т-250/305-240-Д разработана для ТЭЦ дальнего теплоснабжения, расположенных в 30...35 км от города, имеет трехступенчатый подогрев сетевой воды до температуры  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  (у базовой модели двухступенчатый подогрев воды до  $117\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); устанавливается при схемах с деаэратором  $7\text{ кгс/см}^2$ .

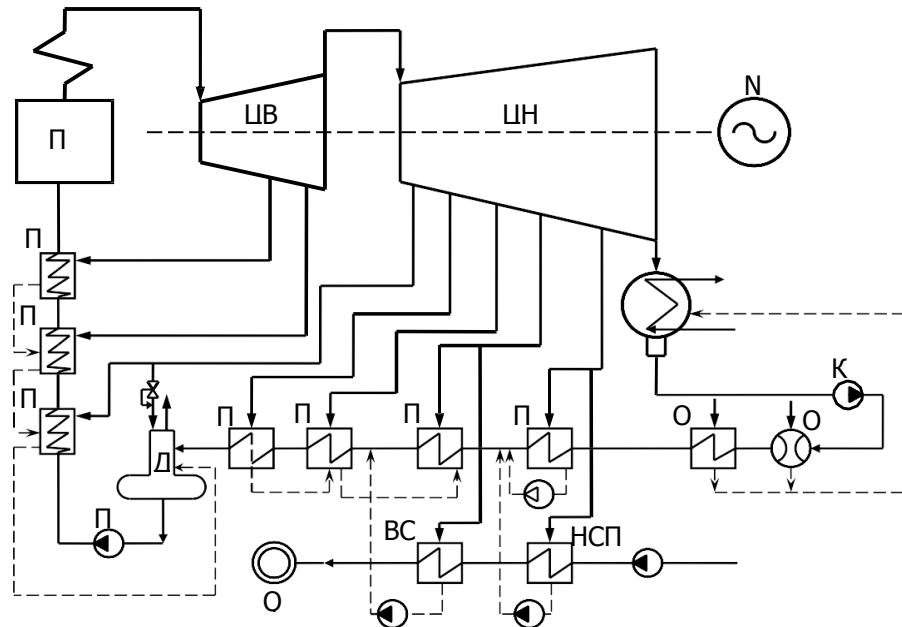


Рис. П.3 –Тепловая схема с турбиной Т-50-130 (вариант 9)

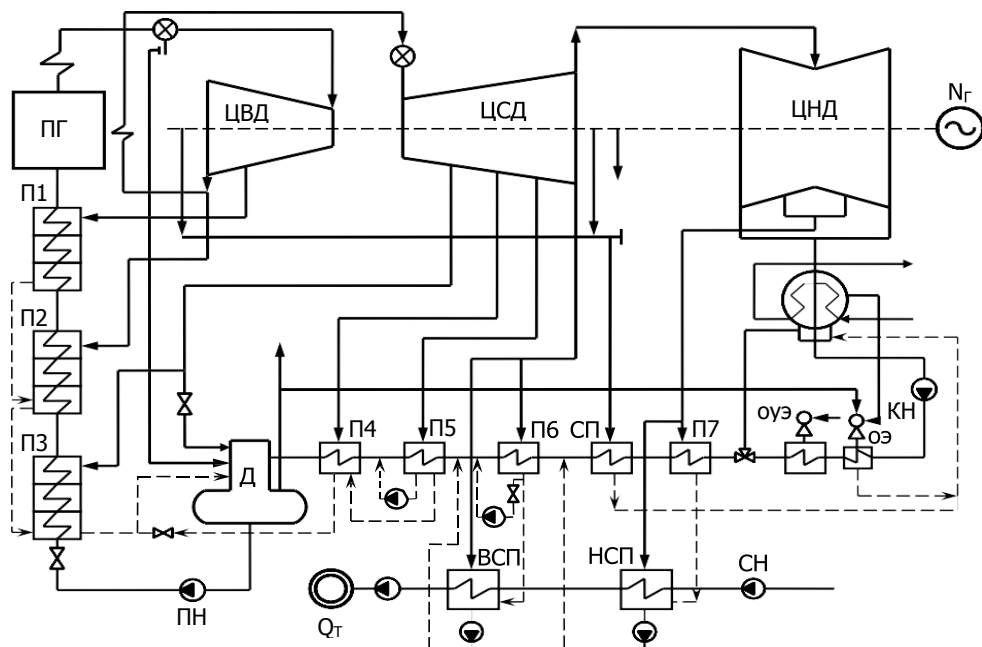


Рис. П.4 – Тепловая схема с турбиной Т-175-130 (вариант 10)

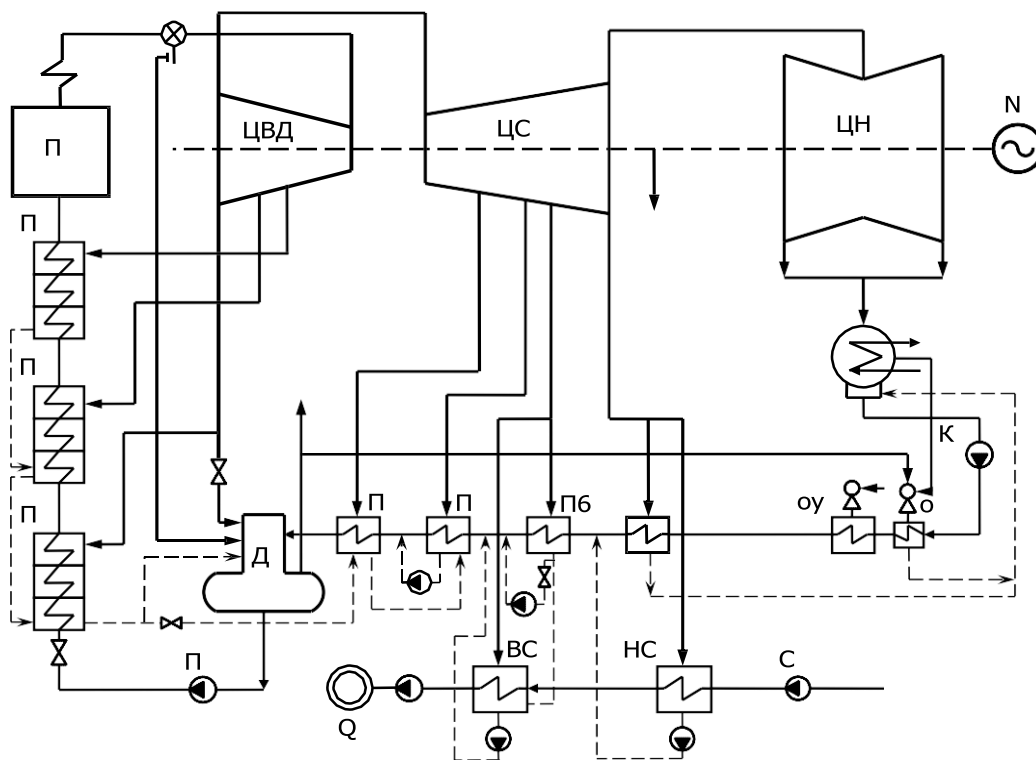


Рис. П.5 – Тепловая схема с турбиной Т-180/210-12,8 130 / Т-185/220-130 (варианты 11-12)

Таблица П.3 – Основные показатели турбин (варианты 9-12)

Показатель	Модификация			
	Т-50/60-130	Т-175/210-130	Т-180/210-130-8	Т-185/215-130-2
	Вариант 9	Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12
Мощность, МВт: номинальная / максимальная	50 / 60	175 / 210	180 / 210	185 / 215
Расход свежего пара, т/ч: номинальный / максимальный	245 / 255	745 / 760	670 / –	785 / 810
Параметры свежего пара: давление, кгс/см <sup>2</sup> (МПа) температура, °С	130 (12,8) 555	130 (12,8) 550	130 (12,8) 540	130 (12,8) 555
Параметры пара после промперегрева: давление, кгс/см <sup>2</sup> / температура, °С	–	–	0,25 / 540	–
Тепловая отопительная нагрузка, ГДж/ч	420	1170	1089	1172
Пределы изменения давления в регулируемых отборах, кгс/см <sup>2</sup> : отопительного верхнего/нижнего	0,6...2,5 / 0,5...2,0	0,6...2,9 / 0,5...2,0	0,6...1,96 / 0,5...1,47	0,6...2,9 / 0,5...2,0
Расчетная температура питательной воды, °С	232	232	232	232
Давление в конденсаторе, кПа	5,1	3,9	6,3	5,0
Расчетный расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч	7000	24 800	22 000	24 800
Структура системы регенерации	3ПВД+Д+4ПНД	3ПВД+Д+4ПНД	3ПВД+Д+4ПНД	3ПВД+Д+4ПНД

### Контрольные вопросы для защиты курсовой работы

1. Принципиальная тепловая схема проектируемой ТЭС. Её основные технико-экономические показатели.

2. КПД нетто и КПД брутто ТЭС по отпуску электрической энергии. Связь между ними.
3. Основные составляющие абсолютного КПД брутто ТЭС. Их расчет и влияние на абсолютный КПД брутто ТЭС.
4. Абсолютный электрический КПД турбоустановки. Его составляющие. Теоретическая, внутренняя, эффективная и электрическая мощность турбоустановки.
5. Определение абсолютного и удельного расходов пара на турбоустановку.
6. Определение абсолютных и удельных расходов тепла на турбоустановку.
7. Расходы теплоты и КПД ТЭЦ. Коэффициент недовыработки мощности паром теплофикационного отбора. Энергетическое уравнение турбоагрегата.
8. Удельная выработка электроэнергии на тепловом потреблении и факторы, влияющие на нее.
9. Определение расходов тепла и КПД по производству электроэнергии ТЭЦ. Коэффициент ценности теплоты пара отбора.
10. Полный КПД ТЭЦ и теплофикационной турбоустановки. Абсолютные и удельные расходы топлива на выработку тепла и электроэнергии на ТЭЦ.
11. Расходы пара, топлива и тепла при комбинированном и раздельном производстве электрической и тепловой энергии на ТЭЦ и станции с раздельными установками.
12. Определение удельных расходов топлива на выработку тепловой и электрической энергии.
13. Выбор вспомогательного оборудования турбинных установок.

Приложение №4

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

1. Опишите содержание принципиальной тепловой схемы электростанции.
2. Опишите особенности тепловой схемы электростанции без деаэратора.
3. Опишите энергоблоки с суперсверхкритическими параметрами.
4. Приведите примеры современных теплофикационных турбоустановок.
5. Расскажите, что такое «приключенная» турбина.
6. Перечислите характерные режимы ТЭС, для которых производится расчет тепловой схемы.
7. Перечислите модели, которые принимаются для математического описания процессов в элементах тепловой схемы.
8. Перечислите основные этапы расчета принципиальной тепловой схемы турбоустановки.
9. Раскройте сущность расчета тепловых схем в долях расхода отбираемого пара.
10. Раскройте сущность расчета тепловых схем по предварительно заданному расходу пара в турбину.
11. Раскройте сущность расчета тепловых схем по заданному расходу пара в конденсатор.
12. Расскажите, каким образом при разработке новой тепловой схемы энергоблока задаются основные входные и выходные параметры котельной установки.
13. Расскажите, каким образом при разработке новой тепловой схемы энергоблока определяются число отдельных цилиндров и схема их соединения, выхлопов ЦНД и регенеративных подогревателей (регенеративных отборов).
14. Расскажите, каким образом при разработке новой тепловой схемы турбоустановки выбираются типы регенеративных подогревателей.
15. Расскажите о назначении программы Water Steam Pro.
16. Расскажите об использовании пакета Water Steam Pro в Mathcad'e.
17. Объясните, как можно определить удельную энтальпию пара в Mathcad'e.
18. Объясните, как можно определить удельную энтропию пара в Mathcad'e.
19. Объясните, как можно определить адиабатическую энтальпию пара в камере регенеративного отбора турбины в Mathcad'e.
20. Объясните, как определить действительную энтальпию пара в камере регенеративного отбора турбины с применением программы Water Steam Pro.
21. Расскажите, что позволяют определить функции  $wspHPT$ ,  $wspSPT$ ,  $wspHPS$  программы

Water Steam Pro.

22. Объясните, с какой целью строится процесс расширения пара в турбине в  $h, s$ -диаграмме.
23. Объясните, с какой целью выполняется расчет системы регенерации турбоустановки при частичной нагрузке.
24. Расскажите, каковы преимущества и недостатки расчета турбоустановки по заводским характеристикам отсеков турбины.
25. Расскажите, каким образом в РД 34.08.552-95 «Методические указания по составлению отчета электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования» производится моделирование регенеративных подогревателей и расчет расходов пара и конденсата.
26. Расскажите, какими показателями характеризуется тепловая экономичность турбоустановки.
27. Расскажите, как определяются удельные расходы пара, топлива и показатели тепловой экономичности.
28. Расскажите, как определяются расходы пара и тепла на ТЭЦ.
29. Охарактеризуйте «физический» метод определения энергетических показателей ТЭЦ.
30. Назовите преимущества и недостатки определения показателей тепловой экономичности турбоустановки методом прямого баланса.
31. Назовите преимущества и недостатки определения показателей тепловой экономичности турбоустановки методом обратного баланса.
32. Расскажите, в каком из методов определения энергетических показателей ТЭЦ учитывается 2-й закон термодинамики.
33. Охарактеризуйте балансовый метод определения энергетических показателей.
34. Расскажите, каким образом производится расчет энергетических показателей паротурбинных установок в РД 34.08.552-95 «Методические указания по составлению отчета электростанции и акционерного общества энергетики и электрификации о тепловой экономичности оборудования».