



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 УСТАНОВКИ»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки

**13.03.01 ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА И ТЕПЛОТЕХНИКА**

Профиль программы  
**«ТЕПЛОВЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СТАНЦИИ»**

ИНСТИТУТ

морских технологий, энергетики и строительства

РАЗРАБОТЧИК

кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

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

Код и наименование компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ПК-2: Способен технически обеспечивать эксплуатацию основного и вспомогательного тепломеханического оборудования ТЭС	Парогазовые и газотурбинные установки	<p><i>Знать:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные типы современных ГТУ и ПГУ;</li> <li>- принцип работы и технические характеристики ГТУ и ПГУ;</li> <li>- основные направления научно-технического прогресса в использовании ГТУ и ПГУ;</li> <li>- состав оборудования, входящего в ПГУ.</li> </ul> <p><i>Уметь:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определять количественно значения технико-экономических показателей ПГУ;</li> <li>- читать и составлять тепловые схемы ТЭС с ПГУ и ГТУ.</li> </ul> <p><i>Владеть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками выполнения инженерных расчетов элементов ПГУ;</li> <li>- навыками работы с технической документацией по ГТУ и ПГУ</li> </ul>

1.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания открытого и закрытого типов;
- контрольная работа (для заочной формы обучения).

К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся соответственно:

- экзаменационные задания по дисциплине, представленные в виде тестовых заданий закрытого и открытого типов.

1.3 Критерии оценки результатов освоения дисциплины

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»
	«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 полной 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 релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные 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

1.4 Оценивание тестовых заданий закрытого типа осуществляется по системе зачтено/ не зачтено («зачтено» – 41-100% правильных ответов; «не зачтено» – 0-40 % правильных ответов) или пятибалльной системе (оценка «неудовлетворительно» – 0-40 % правильных ответов; оценка «удовлетворительно» – 41-60 % правильных ответов; оценка «хорошо» – 61-80% правильных ответов; оценка «отлично» – 81-100 % правильных ответов).

Тестовые задания открытого типа оцениваются по системе «зачтено/ не зачтено». 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

ПК-2: Способен технически обеспечивать эксплуатацию основного и вспомогательного тепломеханического оборудования ТЭС

### Тестовые задания открытого типа:

ВОПРОС 1. Эффективный КПД газотурбинных установок простого цикла, используемых для привода нагнетателей природного газа, составляет \_\_\_\_\_

**ОТВЕТ: 0,27 ... 0,35**

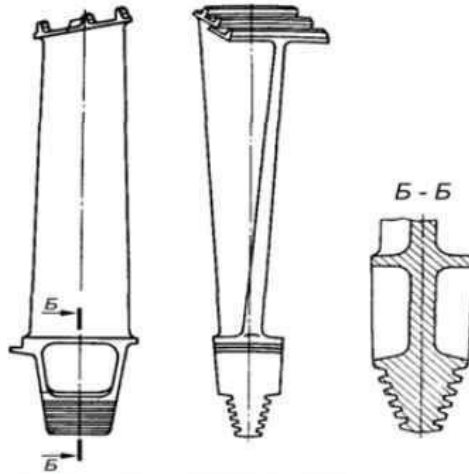
ВОПРОС 2. Основным недостатком роторов барабанного типа является \_\_\_\_\_

**ОТВЕТ: сложность конструкции**

ВОПРОС 3. Уплотнения, в которых гидравлическое сопротивление утечкам создается многократным чередованием зазоров (щелей) и расширительных камер, называются \_\_\_\_\_

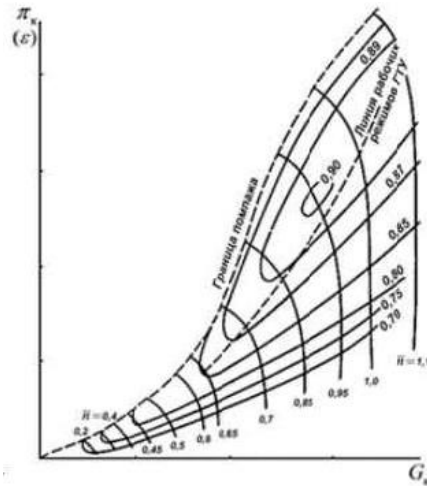
**ОТВЕТ: лабиринтными уплотнениями**

ВОПРОС 4. На рисунке изображена рабочая лопатка турбины. Она является по исполнению \_\_\_\_\_



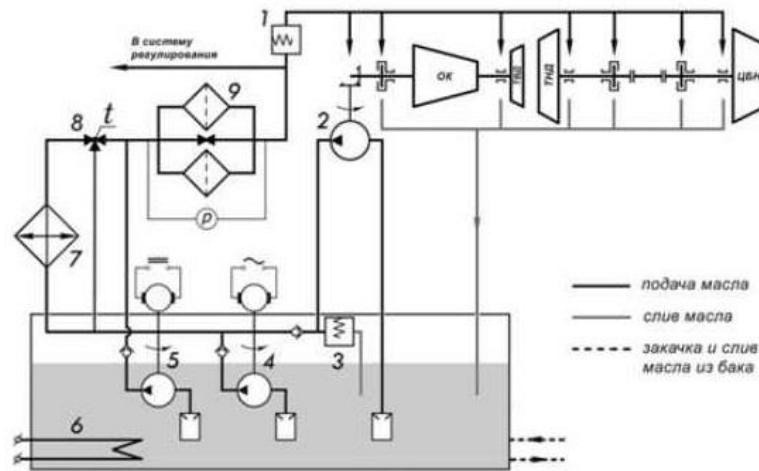
**ОТВЕТ: неохлаждаемой, с замком трапецевидного типа, без бандажной полки**

ВОПРОС 5. На рисунке представлена характеристика \_\_\_\_\_



**ОТВЕТ:** осевого компрессора

ВОПРОС 6. На рисунке представлена схема смазочной системы газотурбинной установки (с упрощениями). Аварийный масляный насос обозначен цифрой \_\_\_\_\_

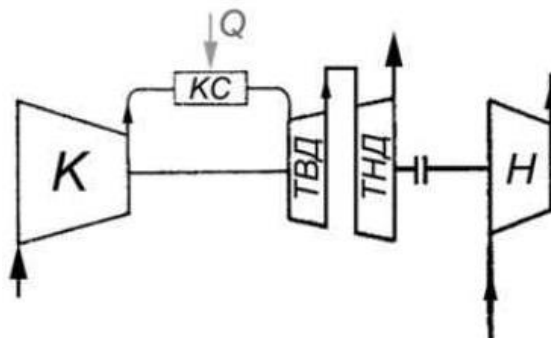


**ОТВЕТ:** 5

ВОПРОС 7. Наличие границы помпажа является особенностью характеристик \_\_\_\_\_ компрессоров

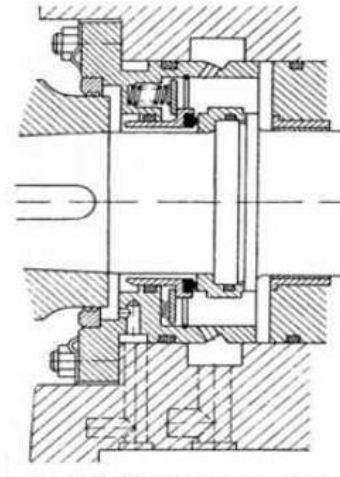
**ОТВЕТ:** осевых

ВОПРОС 12. На рисунке представлена ТЭУ типа \_\_\_\_\_



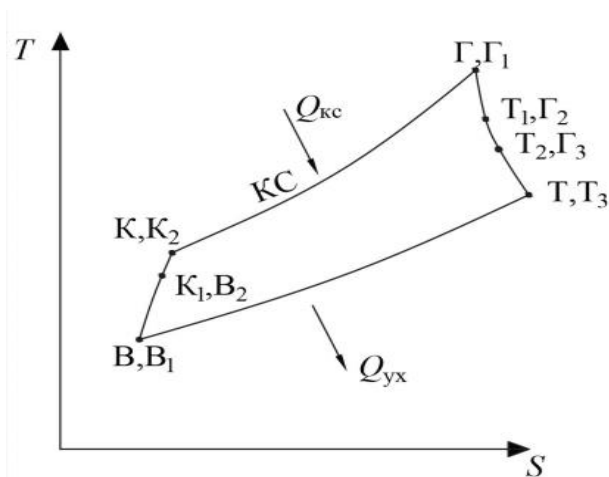
**ОТВЕТ:** однокомпрессорная двухвальная ГТУ со свободной силовой турбиной

ВОПРОС 8. На рисунке представлена схема внешнего уплотнения, используемого в центробежных нагнетателях. Этот тип уплотнения называется \_\_\_\_\_



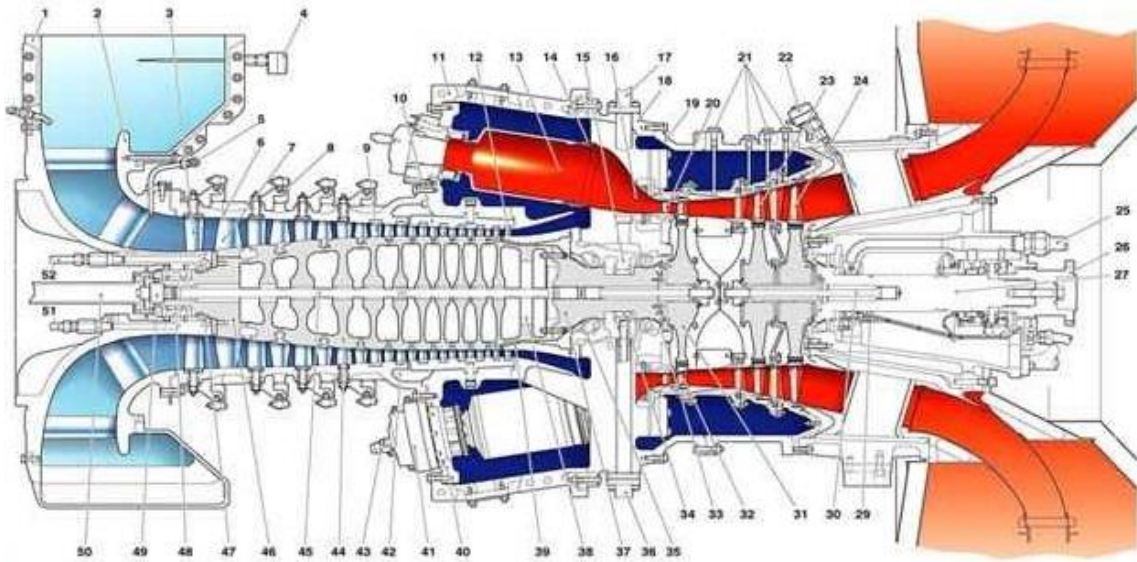
**ОТВЕТ:** масляное торцовое

ВОПРОС 9. На TS диаграмме изображен цикл газотурбинного двигателя, выполненного по схеме: \_\_\_\_\_



**ОТВЕТ:** трехвальной двухкомпрессорной ГТУ

ВОПРОС 10. На рисунке представлен продольный разрез газотурбинной установки. Тип ротора осевого компрессора \_\_\_\_\_

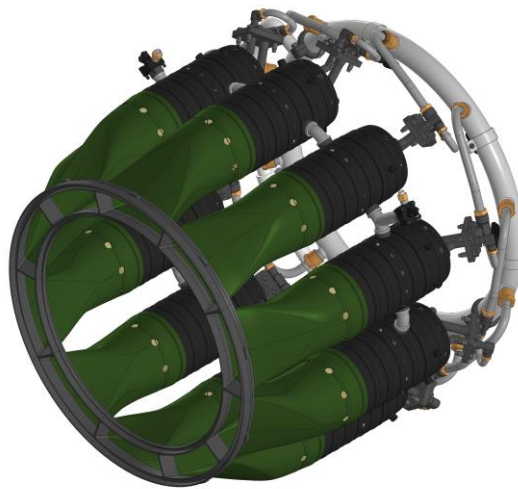


**ОТВЕТ: барабанно-дисковый сварной**

ВОПРОС 11. Действительная работа, подводимая к компрессору (нагнетателю), больше адиабатической на величину \_\_\_\_\_

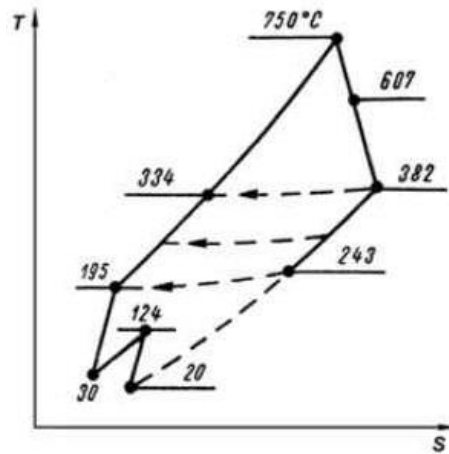
**ОТВЕТ: работы, затраченной на преодоление потерь (работы трения)**

ВОПРОС 12. На рисунке представлена конструкция камеры сгорания ГТД. По типу она \_\_\_\_\_



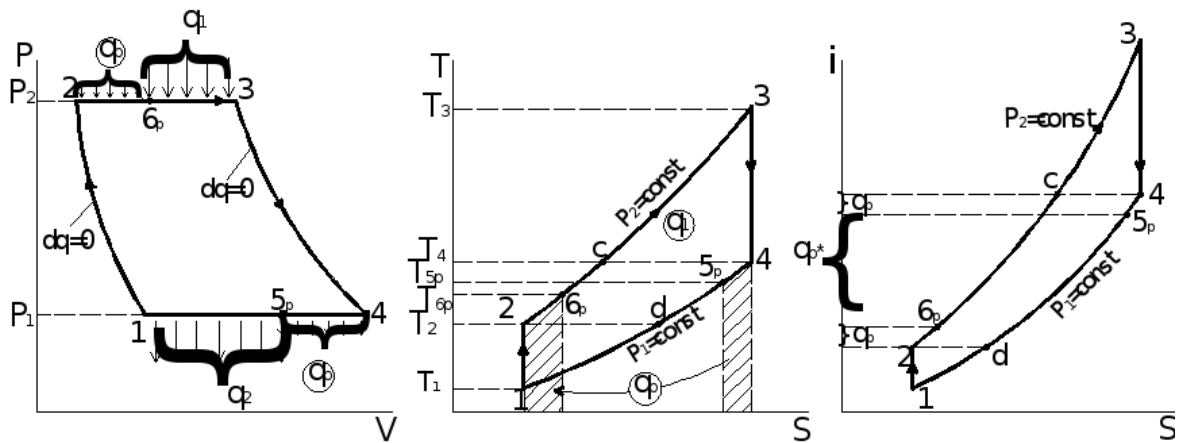
**ОТВЕТ: трубчато-кольцевая**

ВОПРОС 13. На рисунке представлен термодинамический цикл ГГУ. Температура отработавших газов на выходе из регенератора равна \_\_\_\_\_



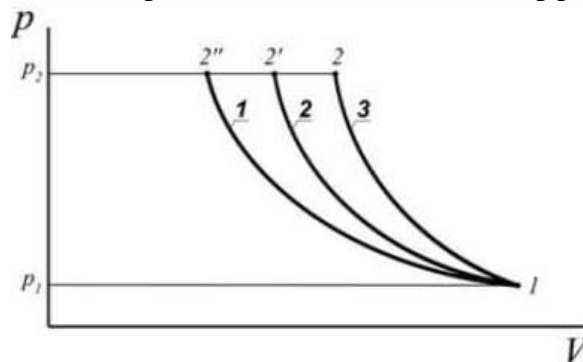
ОТВЕТ: 243 °С

ВОПРОС 14. На рисунке представлен термодинамический цикл



ОТВЕТ: ГТУ с промежуточным охлаждением при сжатии и регенерацией

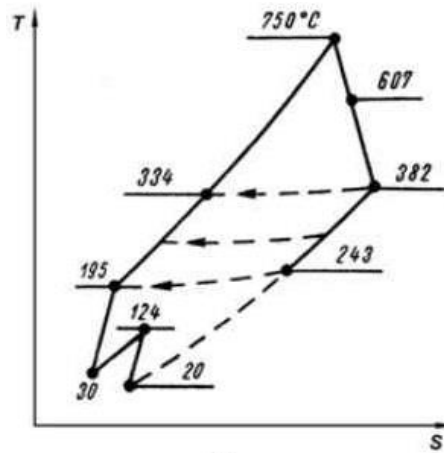
ВОПРОС 15. Из представленных процессов сжатия наименее эффективен процесс



ОТВЕТ: 3

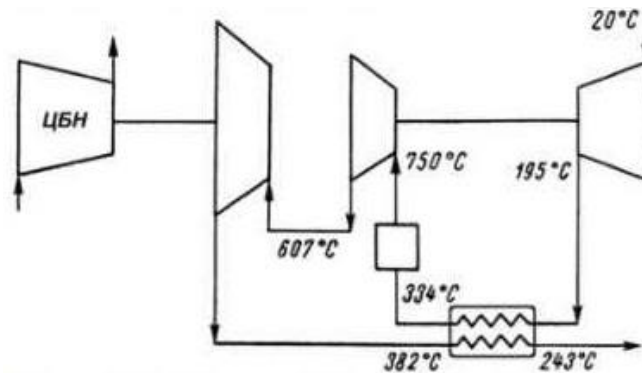
ВОПРОС 16. На рисунке представлен термодинамический цикл ГТУ. Температура газов перед силовой турбиной (турбиной низкого давления) равна





**ОТВЕТ:** 607 °С

**ВОПРОС 17.** На рисунке представлена схема ГТУ. Температурный перепад на турбине высокого давления (турбине газогенератора) составляет \_\_\_\_\_



**ОТВЕТ:** от 750 °С до 607 °С

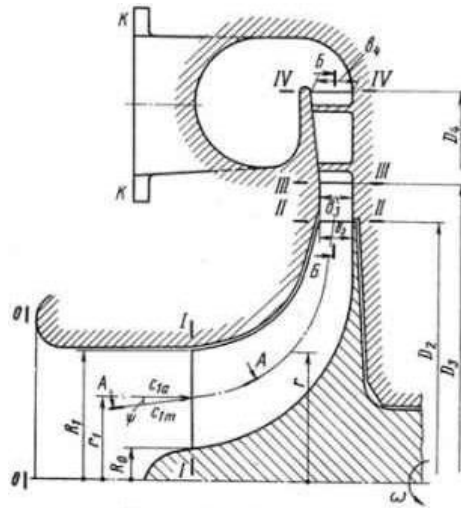
**ВОПРОС 18.** Эффективный КПД газотурбинных установок простого цикла, используемых в составе утилизационных ПГУ, составляет \_\_\_\_\_

**ОТВЕТ:** 0,34 - 0,4

**ВОПРОС 19.** Основное сжатие газа в одноступенчатом центробежном нагнетателе (компрессоре) осуществляется в \_\_\_\_\_

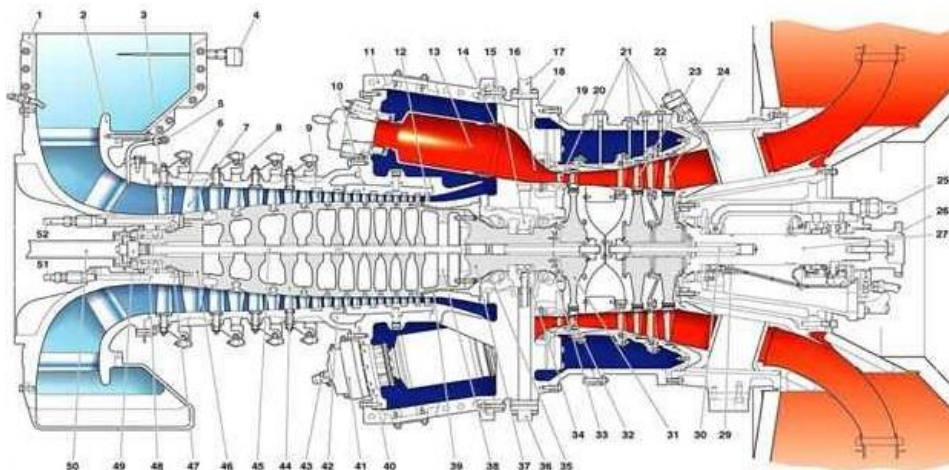
**ОТВЕТ:** рабочем колесе и диффузоре

**ВОПРОС 20.** На рисунке приведена схема проточной части одноступенчатого центробежного компрессора. Диффузор ограничен сечениями \_\_\_\_\_



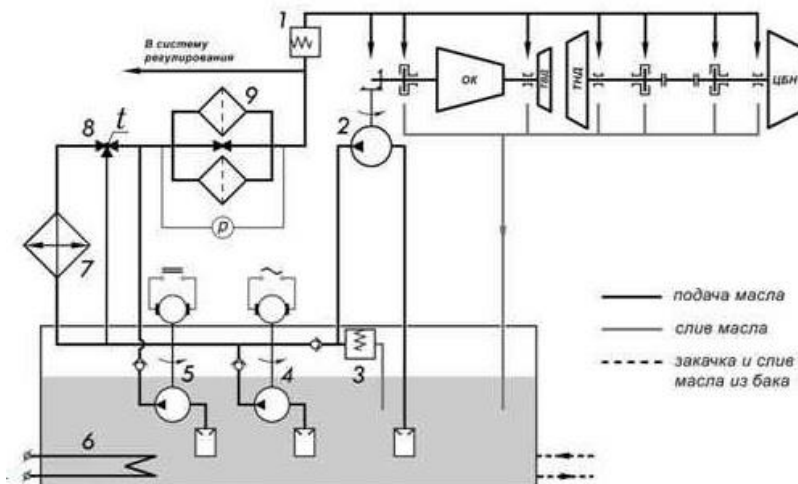
**ОТВЕТ: III и IV**

ВОПРОС 21. На рисунке представлен продольный разрез газотурбинной установки. Это \_\_\_\_\_, реализующая \_\_\_\_\_ цикл



**ОТВЕТ: двухвальная ГТУ, простой**

ВОПРОС 22. На рисунке представлена схема смазочной системы газотурбинной установки (с упрощениями). Цифрой 5 обозначен \_\_\_\_\_



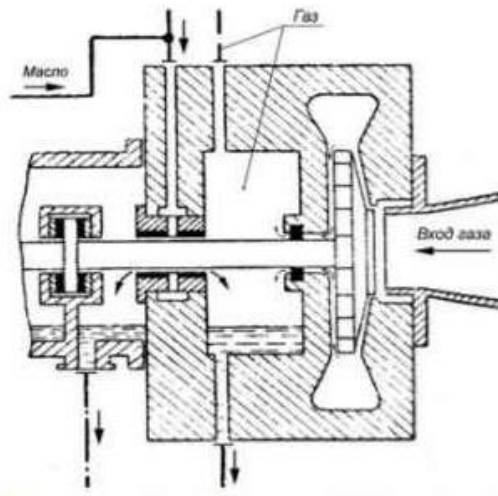
**ОТВЕТ:** аварийный масляный насос

ВОПРОС 23. Прецизионный уплотнительный узел, предназначенный для герметизации полости оборудования, которая находится под давлением или разрежением рабочей среды, и вращающимся валом, проходящим через эту полость называется:

**ОТВЕТ:** торцовым уплотнением

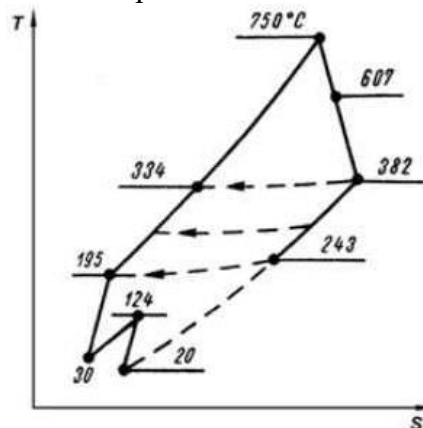
**Тестовые задания закрытого типа:**

ВОПРОС 24. В гидравлическом уплотнении (схема уплотнения представлена на рисунке) на всех режимах работы давление подаваемого масла



1. больше давления запираемого газа
2. равно давлению запираемого газа
3. меньше давления запираемого газа
4. равно 3-4 МПа

ВОПРОС 25. На рисунке представлен термодинамический цикл



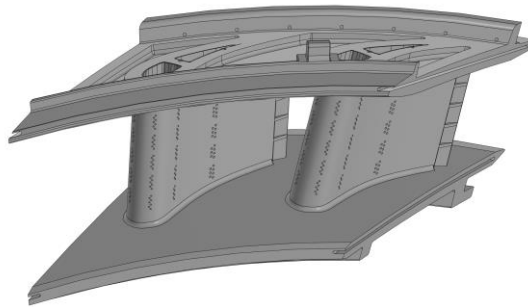
- 1 ГТУ с регенерацией
- 2 комбинированной парогазотурбинной установки
- 3 ГТУ с промежуточным охлаждением при сжатии и регенерацией**
- 4 ГТУ с промежуточным охлаждением при сжатии
- 5 ГТУ

ВОПРОС 26. Допустимая температура металла лопаток по условиям жаропрочности и возникающих напряжений в конструкции энергетических ГТУ в настоящее время:

**ОТВЕТ:**

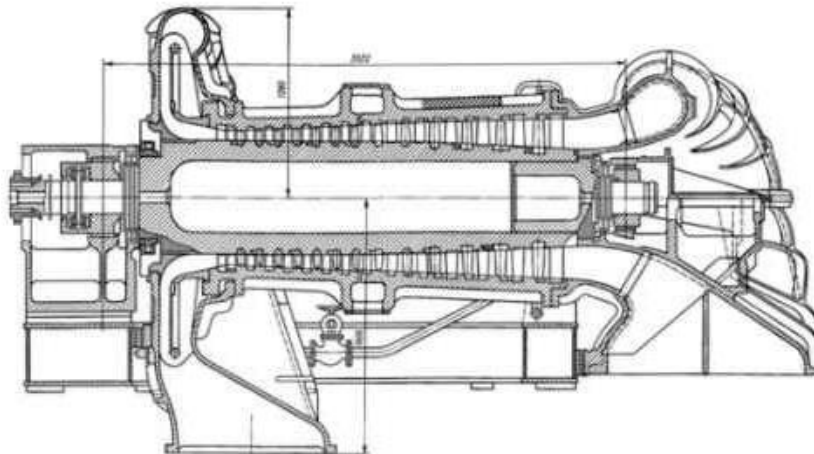
1. 500 °С
2. 750 °С
- 3. 900 °С**
4. 1050 °С
5. 1200 °С

ВОПРОС 27. На рисунке представлен вид элемента проточной части газовой турбины, в котором...



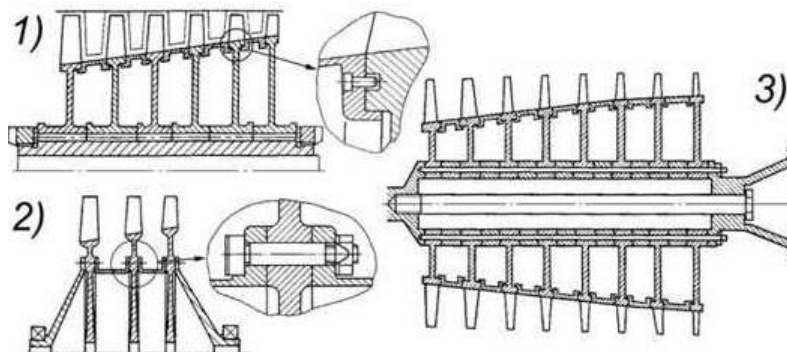
1. происходит сжатие газа
- 2. газ расширяется и приобретает необходимую закрутку**
3. происходит расширение газа
4. газ сжимается и приобретает необходимую закрутку
5. газовый поток приобретает необходимую закрутку

ВОПРОС 28. На рисунке представлен продольный разрез



1. паровой турбины
2. центробежного компрессора
3. центробежного насоса
4. многоступенчатой газовой турбины
- 5. осевого компрессора**

ВОПРОС 29. На рисунке представлены некоторые схемы роторов осевых компрессоров. Роторы дискового типа обозначены цифрами (несколько ответов):



- 1. 1 и 3
- 2. 2
- 3. 2 и 3
- 4. 1 и 2

ВОПРОС 30. Современные газотурбинные установки в составе ПГУ утилизационного типа работают по циклу:

- 1. Отто
- 2. **Брайтона**
- 3. Ренкина
- 4. Карно

### 3. 3. ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ НА КОНТРОЛЬНУЮ РАБОТУ, КУРСОВУЮ РАБОТУ/КУРСОВОЙ ПРОЕКТ, РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКУЮ РАБОТУ

Учебным планом для студентов заочной формы обучения предусмотрено выполнение контрольной работы. Контрольная работа включает в себя расчет принципиальной тепловой схемы ПГУ с одноконтурным котлом-утилизатором. 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. 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.

Перед расчетом заданного варианта задания должны быть известны, или выбраны следующие величины:

1. Тепловая схема парогазовой установки (ПГУ): количество газотурбинных установок (ГТУ) и котлов-утилизаторов (КУ), питающих паротурбинную установку; тип паротурбинной установки (с конденсационной турбиной, с турбиной с противодавлением или теплофикационной); тип котла-утилизатора одноконтурный.

2. Тип и характеристики ГТУ для номинального режима. Как правило, ГТУ выбирается из имеющейся номенклатуры (табл. 3).

Таблица 3. Исходные данные

Вариант	Тип ГТУ	$N_{ггу}$ , МВт	$\eta_{ггу}$ , %	$\eta$ , %	$t_{max}$ , °С	$t_{вых}$ , °С	$G_b$ , кг/с	$G_g$ , кг/с	$\epsilon_k$
0	ГТУ-12П	12	34,5	-	1079	470	46	-	15,8
1	ГТУ-16П	16	37,5	-	1143	466	57	-	19,6
2	ГТУ-25П	25	26,1	-	1225	441	82,8	-	30
	ГТЭ-45П	45	-	35,7	1250	544	126	128	15,6
3	ГТЭ-65П	65	-	35,7	1250	544	186	190	15,6
4	ГТЭ-80П	80	-	36,7	1280	543	217	221	17,5
	ГТЭ-170П	170	-	36,3	1250	547	515	525	15
5	ГТЭ-250П	250	-	0,37	1300	544	608	620	17,5
6	ГТЭ-150	150	-	36,0	1280	543	320	320	14
7	ГТЭ-100	100	-	35,8	1200	530	255	-	-
8	ГТЭ120	120	36,0	-	1188	525	270	-	-
9	ГТЭ-130	130	36,3	-	1220	540	290	-	-
10	ГТЭ-140	140	36,4	-	1250	547	305	-	-

Для ГТУ должны быть известны, выбраны или оценены следующие параметры: расход газов  $G_r$ , температура  $t_1$  и энтальпия  $I_r$  уходящих газов ГТУ; номинальная мощность ГТУ  $N_3$  на клеммах генератора, абсолютный электрический КПД ГТУ, теплофизические свойства газов, а также параметры окружающей среды (барометрическое давление, температура).

3. Давление в конденсаторе (для средней полосы России рекомендуется принимать равным 3,5-5 кПа и допустимую влажность пара в конце процесса расширения в турбине 10 %).  
Типовая расчетная схема одноконтурной ПГУ показана на рисунке 1.

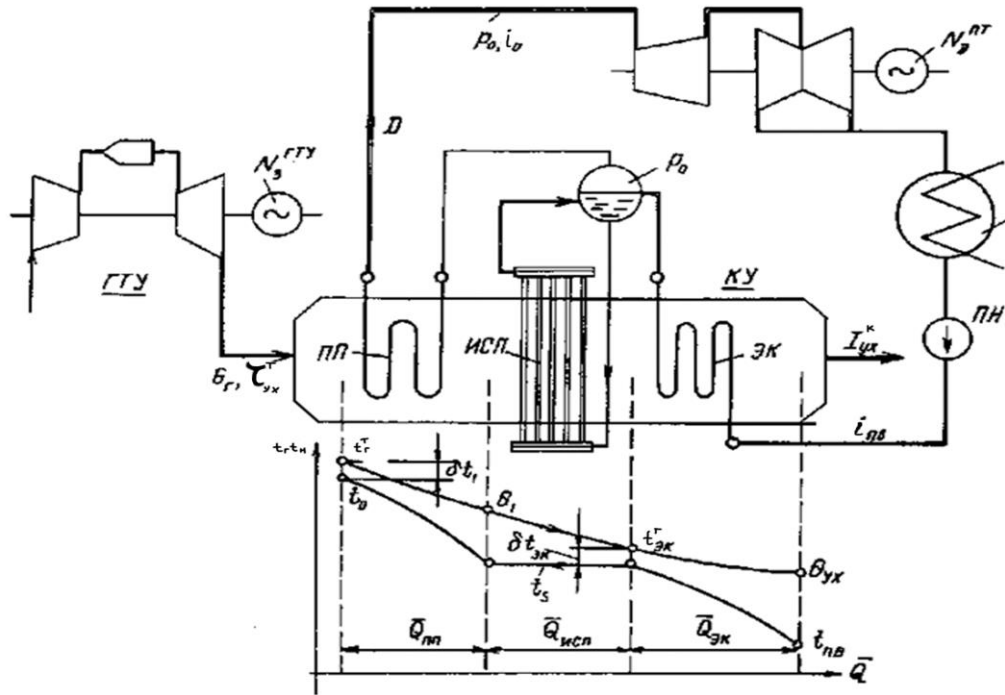


Рис. 1 – Принципиальная расчетная схема одноконтурной ПГУ

4. Давление в контурах КУ.

В результате расчета тепловой схемы должны быть получены:

- параметры пара и воды по всему тракту (давления, температуры, влажность, энтальпии и расходы);
- процесс расширения пара в турбине, КПД отсеков паровой турбины и ее мощность, внутренний относительный КПД;
- абсолютный электрический КПД парогазовой установки;
- КПД паротурбинной установки;
- степень утилизации котла-утилизатора.

Перед выполнением расчетов целесообразно построить зависимость энтальпии газов  $I_r$

---

от температуры  $t_g$ , определяемой коэффициентом избытка воздуха и химическим составом топлива.



**4 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Парогазовые и газотурбинные установки» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Тепловые электрические станции».

Преподаватель-разработчик – С. В. Юрков.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен заведующим кафедрой энергетики.

Заведующий кафедрой



В. Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен методической комиссией ИМТЭС (протокол № 8 от 26.08.2024 г).

Председатель методической комиссии ИМТЭС



О.А. Бельх

