



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 в рабочей программе дисциплины)
ТУРБИНЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ (МАГИСТЕРСКИЙ КУРС)

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-6: Способен руководить работниками, осуществляющими безопасную эксплуатацию, проектирование, ремонт и реконструкцию теплоэнергетического оборудования</p>	<p>ПК-6.2: Организация работы исполнителей, контроль и проверка выполненных работ по безопасной эксплуатации, проектированию, ремонту и реконструкции турбин тепловых электростанций</p>	<p>Турбины тепловых электростанций (магистерский курс)</p>	<p><u>Знать:</u> - принципы работы, технические характеристики и конструктивные особенности элементов и узлов энергетических турбомашин; - методы расчетов элементов, узлов и всего турбоагрегата в целом; - основные направления научно-технического прогресса в использовании турбин ТЭС и АЭС; - методы конструирования и проектирования элементов и узлов турбомашин.</p> <p><u>Уметь:</u> - произвести оптимизационные тепловой и прочностной расчеты энергетических турбомашин; - определять количественные значения технико-экономических показателей ПТУ и ГТУ; - читать и составлять тепловые схемы ТЭС, диаграммы режимов конденсационных и теплофикационных турбоагрегатов.</p> <p><u>Владеть:</u> - навыками выполнения инженерных расчетов элементов и узлов турбомашин; - навыками работы с конструкторской документацией, технической документацией и справочниками.</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 по темам практических занятий.

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

- задания по контрольной работе;
- экзаменационные вопросы.

3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1. Тестовые вопросы используются для оценки освоения тем дисциплины лекционных занятий и приведены в приложении № 1. Тестирование обучающихся проводится на практических занятиях после рассмотрения на лекциях соответствующих тем.

Результаты тестирования магистрант предъявляет преподавателю.

Оценивание осуществляется по следующим критериям:

«Зачтено» – 60-100 % правильных ответов на заданные вопросы;

«Не зачтено» – менее 60 % правильных ответов.

3.2 Контрольная работа для студентов заочной формы обучения по дисциплине (см. Приложение №2) состоит из серии задач по тепловому расчету процессов, протекающих в паровых турбинах.

3.3 Типовые задания по практическим занятиям приводятся в приложении №3. Система оценивания и критерии выставления оценки выполнения заданий по практическим занятиям представлены в таблице 2.

Текущий контроль осуществляется во время консультаций и на практических занятиях. Основная цель этой работы – углубление знаний, полученных студентами на лекциях.

Таблица 2 – Система оценивания выполнения практических заданий

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно-корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полнотой знаний и системным взглядом на изучаемый объект
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 задаче данные	В состоянии осуществлять систематический и научно-корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи

4. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1. Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена. К экзамену допускаются студенты:

– положительно аттестованные по результатам тестирования (получившие при этой аттестации оценку «зачтено»);

4.2 В приложении № 4 приведены экзаменационные вопросы по дисциплине. Экзаменационный билет содержит два вопроса из приведенного перечня.

4.3 Экзаменационная оценка («отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно») является экспертной и зависит от уровня освоения студентом тем дисциплины (наличия и сущности ошибок, допущенных студентом при ответе на экзаменационный вопрос) и выставляется в соответствии с критериями, указанными в таблице 3.

Таблица 3 – Система и критерии выставления оценки промежуточной аттестации

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

Система оценок Критерий	2	3	4	5
	0-40%	41-60%	61-80 %	81-100 %
	«неудовлетворительно»	«удовлетворительно»	«хорошо»	«отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
				предлагает новые ракурсы поставленной задачи
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 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 г.)

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

**ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТУРБИНЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ»
(МАГИСТЕРСКИЙ КУРС)**

Вариант 1

ПКС-6: Руководство работниками, осуществляющими безопасную эксплуатацию, проектирование, ремонт и реконструкцию теплоэнергетического оборудования.

Индикатор достижения компетенции ПКС-6: ПКС-6.2 – организация работы исполнителей, контроль и проверка выполненных работ по безопасной эксплуатации, проектированию, ремонту и реконструкции турбин тепловых электростанций

Вопрос 1. Главные масляные насосы турбины исполняются ...

Указать правильный ответ.

- 1) центробежными с электроприводом
- 2) объемными с приводом от вала турбины
- 3) центробежными с турбоприводом

Вопрос 2. Основное назначение валоповоротного устройства турбин

Указать правильные ответы.

- 1) предотвращение теплового искривления ротора при пуске турбины
- 2) предотвращение теплового искривления ротора при остывании турбины (после останова)
- 3) раскрутка ротора при его балансировке

Вопрос 3. Термическим КПД идеальной установки называется ...

Указать правильный ответ.

- 1) отношение теоретической работы к подведенной теплоте
- 2) отношение действительной работы к подведенной теплоте
- 3) отношение отведенной теплоты к подведенной

Вопрос 4. Относительным внутренним КПД турбины называется ...

Указать правильный ответ.

- 1) отношение располагаемого теплоперепада к теплоте, подведенной к 1 кг рабочего тела в котле
- 2) отношение использованного теплоперепада к теплоте, подведенной к 1 кг рабочего тела в котле
- 3) отношение использованного теплоперепада турбины к располагаемому

Вопрос 5. Абсолютным внутренним КПД турбоустановки называется ...

Указать правильный ответ.

- 1) отношение располагаемого теплоперепада к теплоте, подведенной к 1 кг рабочего тела в котле q_1
- 2) отношение использованного теплоперепада к теплоте, подведенной к 1 кг рабочего тела в котле q_1

3) отношение использованного теплоперепада турбины к располагаемому

Вопрос 6. Формула абсолютного электрического КПД турбоустановки ...

Указать правильный ответ.

1) $\eta_{э} = \eta_t \eta_{oi} \eta_m \eta_{э,э}$

2) $\eta_{э} = \eta_t \eta_i \eta_m \eta_{э,э}$

3) $\eta_{э} = \eta_t \eta_{о,э} \eta_m \eta_{э,э}$

Вопрос 7. Температура пара после промежуточного перегрева t_{III} принимается относительно температуры основного перегрева t_0

Указать правильный ответ.

1) $t_{III} = 1,1 t_0$

2) $t_{III} = 0,9 t_0$

3) $t_{III} = t_0 \pm (10...20)^\circ\text{C}$

Вопрос 8. Конденсат пара после турбины, протекающий на участке от деаэратора до котла, называется ...

Указать правильный ответ.

1) основной конденсат

2) питательная вода

3) котловая вода

Вопрос 9. Буквы ТР в маркировке турбины означают, что это ...

Указать правильный ответ.

1) турбина с системой регенерации

2) теплофикационная турбина с регулируемым отбором

3) теплофикационная с отопительным отбором и противодавлением

Вопрос 10. С промежуточным перегревом работают конденсационные турбины мощностью ...

Указать правильный ответ.

1) свыше 150 МВт

2) свыше 300 МВт

3) свыше 500 МВт

Вопрос 11. Номинальная мощность – это наибольшая мощность, которую турбина должна развивать ...

Указать правильный ответ.

1) длительное время при номинальных значениях всех других основных параметрах

2) при чистой проточной части и отсутствии отборов пара для внешних потребителей

3) при чистой проточной части и номинальном расходе топлива на котел

Вопрос 12. Максимальная мощность – это наибольшая мощность, которую турбина должна длительно развивать ...

Указать правильный ответ.

- 1) при номинальных значениях всех других основных параметрах
- 2) при чистой проточной части и отсутствии отборов пара для внешних потребителей
- 3) при чистой проточной части и номинальном расходе топлива на котел

Вопрос 13. Диффузорным называется течение в канале ...

Указать правильный ответ.

- 1) когда скорость потока увеличивается в направлении потока
- 2) когда скорость потока уменьшается в направлении потока
- 3) течение в сужающемся канале

Вопрос 14. Критической скоростью потока $c_{кр}$ называется ...

Указать правильный ответ.

- 1) скорость газа при течении в канале с критическим давлением на входе
- 2) скорость газа при течении в канале с критическим давлением на выходе
- 3) скорость газа в том сечении, где скорость потока равна местной скорости звука

Вопрос 15. Число Маха характеризует ...

Указать правильный ответ.

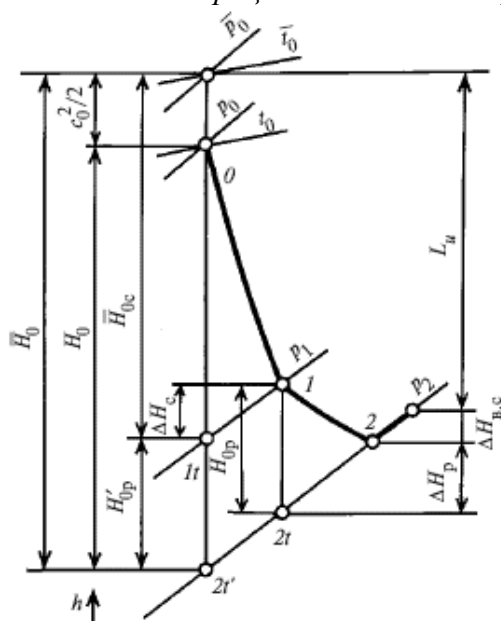
- 1) отношение скорости потока в данном сечении к критической скорости потока $c / c_{кр}$
- 2) отношение скорости потока к скорости звука в данном сечении c / a
- 3) отношение скорости потока к фиктивной скорости $c / c_{ф}$

Вариант 2

ПКС-6: Руководство работниками, осуществляющими безопасную эксплуатацию, проектирование, ремонт и реконструкцию теплоэнергетического оборудования.

Индикатор достижения компетенции ПКС-6: ПКС-6.2 – организация работы исполнителей, контроль и проверка выполненных работ по безопасной эксплуатации, проектированию, ремонту и реконструкции турбин тепловых электростанций

Вопрос 1. Формулы расчета теоретической скорости потока c_{1t} на выходе из сопл турбинной ступени (в соответствии с процессом течения пара в h - s диаграмме):



Указать правильные ответы.

1) $c_{1t} = \sqrt{2(h_0 - h_{1t}) + c_0^2}$

2) $c_{1t} = 2\sqrt{(h_0 - h_{1t}) + 2c_0^2}$

3) $c_{1t} = \sqrt{2\bar{H}_{0c}}$

Вопрос 2. Формула расчета действительной скорости истечения из сопл.

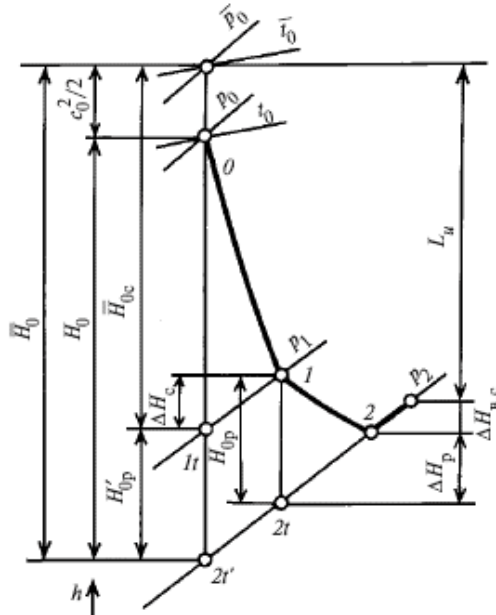
Указать правильный ответ.

1) $c_1 = c_{1t} / \varphi$

2) $c_1 = c_{1t} \cdot \varphi$

3) $c_1 = \varphi \sqrt{2c_{1t}}$

Вопрос 3. Формула расчета степени реактивности ступени ρ (в соответствии с процессом течения пара в $h-s$ диаграмме):



Указать правильные ответы.

1) $\rho = \frac{H_{0p}}{\bar{H}_{0c} + H_{0p}}$

2) $\rho \approx \frac{H_{0p}}{\bar{H}_0}$

3) $\rho = \frac{H_{0p}}{H_0 + H_{0p}}$

Вопрос 4. Относительным лопаточным КПД турбинной ступени называется ...

Указать правильный ответ.

- 1) отношение мощности, развиваемой на сопловых лопатках, к располагаемой мощности ступени
- 2) отношение теплоперепада на рабочих лопатках, к располагаемому теплоперепаду ступени
- 3) отношение мощности, развиваемой на рабочих лопатках, к располагаемой мощности ступени

Вопрос 5. Коэффициентом расхода решетки называется ...

Указать правильный ответ.

- 1) отношение действительного массового расхода через решетку к теоретическому
- 2) отношение теоретического массового расхода через решетку к действительному
- 3) отношение действительной скорости потока через решетку к теоретической

Вопрос 6. Коэффициентом скольжения при течении влажного пара называется ...

Указать правильный ответ.

- 1) отношение скорости пара к скорости капель влаги

2) отношение скорости пара к скорости звука при параметрах потока

3) отношение скорости капель влаги к скорости пара

Вопрос 7. Верностью турбинной решетки Θ называется ...

Указать правильный ответ.

1) отношение среднего диаметра ступени к высоте лопатки

2) отношение внешнего диаметра ступени к высоте лопатки

3) отношение высоты лопатки к среднему диаметру ступени

Вопрос 8. Явление возврата теплоты в многоступенчатых турбинах приводит к

Указать правильные ответы.

1) повышению температуры пара за ступенью в области перегретого пара

2) увеличению степени сухости пара за ступенью в области влажного пара

3) увеличению энтальпии пара за ступенью

Вопрос 9. Развитие эрозионного износа лопаток включает ...

Указать правильные ответы.

1) инкубационный период

2) период разрушения лопатки

3) период интенсивной эрозии

4) период замедленного темпа эрозии

Вопрос 10. Способы сепарации влаги в турбине подразделяются на ...

Указать правильные ответы.

1) периферийную сепарацию в ступени

2) внутриканальную сепарацию

3) внешнюю сепарацию в выносных сепарационных устройствах

Вопрос 11. Составляющие осевого усилия, действующие на ротор турбины

Указать правильные ответы.

1) осевое усилие от профильной части рабочих лопаток

2) осевое усилие от кольцевой части полотна диска, расположенной между корневым диаметром и диаметром ротора под диафрагменным уплотнением

3) осевое усилие на уступ ротора между диаметрами соседних диафрагменных уплотнений

4) осевое усилие на выступы уплотнений

Вопрос 12. Задачей системы смазки паровой турбины является надежная подача необходимого количества масла к подшипникам для того, чтобы ...

Указать правильные ответы.

1) уменьшить потери мощности на трение в подшипниках

2) предотвратить износ поверхностей трения

3) отвести теплоту, выделяющуюся при трении

4) отвести теплоту, передаваемую от горячих частей турбины

Вопрос 13. Международные нормы типоразмеров паровых турбин рекомендуют выбирать температуру питательной воды на входе в котел равной

Указать правильный ответ.

1) 0,5–0,6 температуры насыщения от давления в котле
2) 0,65–0,75 температуры насыщения от давления в котле
2) 0,8–0,9 температуры насыщения от давления в котле

<i>Вопрос 14. Безразмерная скорость потока λ определяется как</i> <i>Указать правильный ответ.</i>
1) отношение скорости потока в данном сечении к критической скорости потока
2) отношение скорости потока в данном сечении к скорости от параметров торможения
3) отношение скорости потока в данном сечении к скорости звука

<i>Вопрос 15. Профильные потери энергии в турбинных решетках условно разделяют на ...</i> <i>Указать правильные ответы.</i>
1) потери трения
2) кромочные потери
3) концевые потери
4) волновые потери

Вариант 3

ПКС-6: Руководство работниками, осуществляющими безопасную эксплуатацию, проектирование, ремонт и реконструкцию теплоэнергетического оборудования.

Индикатор достижения компетенции ПКС-6: ПКС-6.2 – организация работы исполнителей, контроль и проверка выполненных работ по безопасной эксплуатации, проектированию, ремонту и реконструкции турбин тепловых электростанций

<i>Вопрос 1. Относительным внутренним КПД турбины называется ...</i> <i>Указать правильный ответ.</i>
1) отношение располагаемого теплоперепада к теплоте, подведенной к 1 кг рабочего тела в котле
2) отношение использованного теплоперепада к теплоте, подведенной к 1 кг рабочего тела в котле
3) отношение использованного теплоперепада турбины к располагаемому

<i>Вопрос 2. Международные нормы типоразмеров паровых турбин рекомендуют выбирать температуру питательной воды на входе в котел равной</i> <i>Указать правильный ответ.</i>
1) 0,5–0,6 температуры насыщения от давления в котле
2) 0,65–0,75 температуры насыщения от давления в котле
2) 0,8–0,9 температуры насыщения от давления в котле

<i>Вопрос 3. Влияние давления пара перед турбиной на термический КПД идеального цикла Ренкина.</i> <i>Указать правильный ответ.</i>
1) при увеличении давления КПД возрастает
2) КПД возрастает при уменьшении давления перед турбиной
3) изменение давления перед турбиной не влияет на КПД

Вопрос 4. Влияние давление пара после турбины на термический КПД идеального цикла Ренкина.

Указать правильный ответ.

- 1) при увеличении давления КПД возрастает
- 2) КПД возрастает при уменьшении давления после турбины
- 3) изменение давления после турбины не влияет на КПД

Вопрос 5. Влияние температуры пара перед турбиной на термический КПД идеального цикла Ренкина.

Указать правильный ответ.

- 1) при увеличении температуры КПД возрастает
- 2) КПД возрастает при уменьшении температуры перед турбиной
- 3) изменение температуры перед турбиной не влияет на КПД

Вопрос 6. При осуществлении промежуточного перегрева пара в цикле паросиловой установки цикла Ренкина решаются задачи ...

Указать правильные ответы.

- 1) уменьшение влажности пара в последних ступенях турбины, что способствует снижению эрозии лопаток и снижению потерь от влажности.
- 2) повышение термический КПД цикла
- 3) повышение КПД котла

Вопрос 7. Регенеративный подогрев питательной воды до температуры насыщения при давлении в котле не осуществляется, потому что ...

Указать правильный ответ.

- 1) это приведет к снижению термического КПД турбоустановки.
- 2) это приведет к снижению КПД котла.
- 3) это приведет к снижению выработки электроэнергии на тепловом потреблении.

Вопрос 8. Максимальная мощность – это наибольшая мощность, которую турбина должна длительно развивать ...

Указать правильный ответ.

- 1) при номинальных значениях всех других основных параметрах
- 2) при чистой проточной части и отсутствии отборов пара для внешних потребителей
- 3) при чистой проточной части и номинальном расходе топлива на котел

Вопрос 9. Коэффициентом скольжения при течении влажного пара называется ...

Указать правильный ответ.

- 1) отношение скорости пара к скорости капель влаги
- 2) отношение скорости пара к скорости звука при параметрах потока
- 3) отношение скорости капель влаги к скорости пара

Вопрос 10. Конфузорным называется течение в канале ...

Указать правильный ответ.

- 1) когда скорость потока увеличивается в направлении потока
- 2) когда скорость потока уменьшается в направлении потока
- 3) течение в расширяющемся канале

Вопрос 11. Давление в каналах рабочей активной решетки ...

Указать правильный ответ.

1) увеличивается

2) не изменяется

3) уменьшается

Вопрос 12. Относительным лопаточным КПД турбинной ступени называется ...

Указать правильный ответ.

1) отношение теплоперепада на рабочих лопатках к теплоперепаду ступени

2) отношение мощности, развиваемой на рабочих лопатках, к располагаемой мощности ступени

3) отношение абсолютной скорости пара на выходе рабочих лопаток к скорости на выходе сопловых лопаток

Вопрос 13. Внутренним относительным КПД турбинной ступени называется ...

Указать правильный ответ.

1) отношение теплоперепада на сопловых лопатках к теплоперепаду ступени

2) отношение полезной мощности, развиваемой ступенью на роторе, к располагаемой мощности ступени

3) отношение абсолютной скорости пара на выходе рабочих лопаток к скорости на выходе сопловых лопаток

Вопрос 14. Степенью реактивности турбинной ступени называется ...

Указать правильный ответ.

1) отношение располагаемого теплоперепада рабочих лопаток к сумме располагаемых теплоперепадов сопловых и рабочих лопаток

2) отношение мощности, развиваемой на рабочих лопатках, к располагаемой мощности ступени

3) отношение абсолютной скорости пара на выходе рабочих лопаток к скорости на выходе сопловых лопаток

Вопрос 15. Парораспределение на паровых турбинах может быть ...

Указать правильные ответы.

1) сопловым

2) свободным

3) дроссельным

4) скользящего давления

5) обводным

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

В рамках контрольного задания нужно решить следующие задачи:

Задача №1.

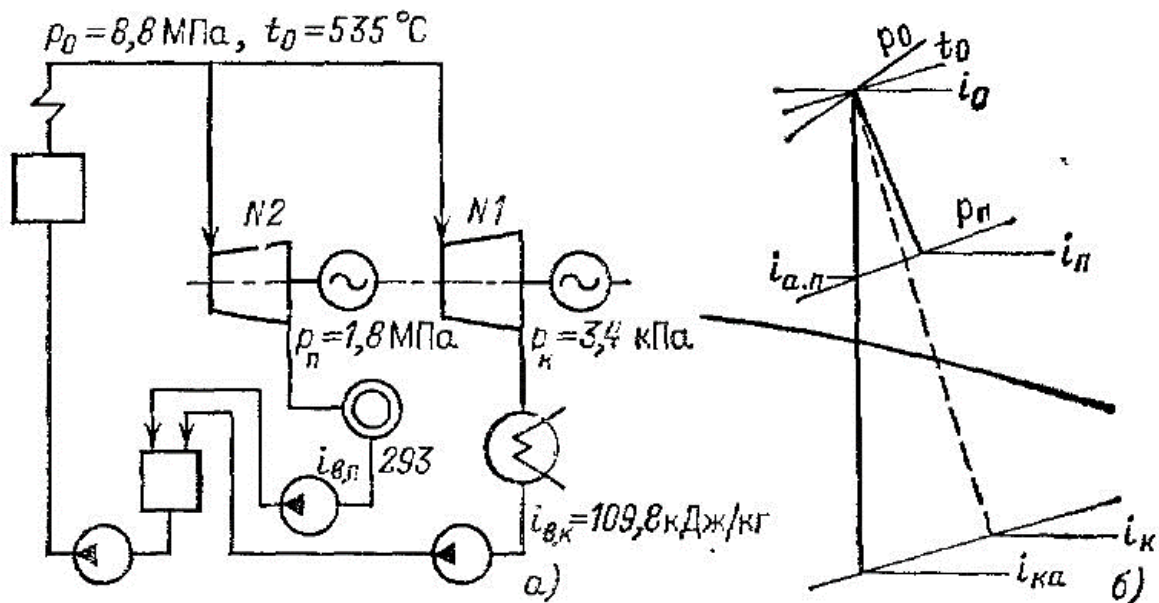


Рис. 1. К задаче №1:

- а) упрощенная схема паросиловой установки ТЭЦ.
 б) процесс расширения пара в турбинах в i - s диаграмме

На ТЭЦ установлены две турбины при начальных параметрах пара p_0, t_0 .

КПД механический и генератора $\eta_m = 0,995$; $\eta_{\Gamma} = 0,99$

КПД котельной установки и теплового потока $\eta_{\kappa\gamma} = 0,9$; $\eta_{\text{ТП}} = 0,98$

Теплота сгорания условного топлива $Q_{\text{yt}} = 29300 \text{ кДж/кг}$

Турбина №1 конденсационная $N_{\text{э}_1} = 100 \text{ МВт}$, работающая по циклу Ренкина

с $p_k = 3,5 \text{ кПа}$; $\eta_{oi_1} = 0,82$

Турбина №2 – при тех же начальных параметрах и $\eta_{oi_2} = 0,75$

с противодавлением $p_n = 1,8 \text{ МПа}$ и отпуском пара $D_{\text{пр}} = 70 \text{ кг/с}$.

Определить:

1. Количество теплоты, отпускаемой внешним потребителям, принимая, что конденсат от потребителей возвращается полностью с температурой $t_{ок} = 70^{\circ}\text{C}$.
2. Мощность турбины с противодавлением.
3. Суммарную мощность и часовую выработку электроэнергии при полной нагрузке турбин №1 и №2.
4. Полный часовой расход топлива на ТЭЦ.
5. Удельный расход условного топлива на выработанный 1кВт·ч:
 - на конденсационную выработку;
 - на теплофикационную выработку;
 - на комбинированную выработку.

Примечание: при расчете удельного расхода условного топлива производить разделение расходов на тепловое потребление и электроэнергию по физическому методу.

Задача №2.

Для повышения экономичности турбоустановки, рассмотренной в задаче №1, осуществлено повышение энтальпии конденсата турбины №1 $i_{БК}$ до энтальпии конденсата, возвращаемого от теплового потребителя $i_{ВП}$ путем подогрева его паром из выхлопа турбины №2, рис. 2.

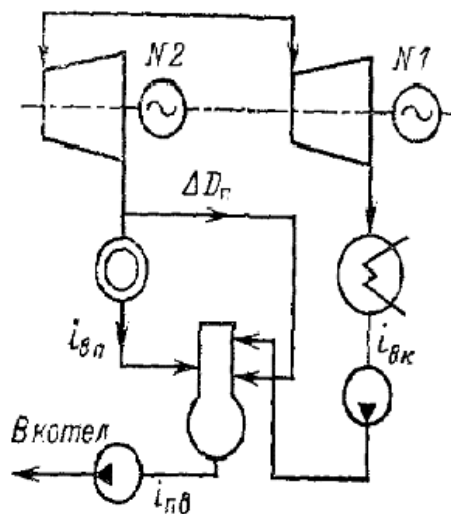


Рис. 2. Упрощенная схема паросиловой установки ТЭЦ.

Необходимо определить эффективность данного мероприятия. Привести решение в аналитической форме и решить численный пример, пользуясь данными задачи №1.

Определить:

1. Дополнительный расход пара ΔD_{II} из турбины №2.
2. Приращение мощности ΔN_2 турбины №2.
3. Приращение расхода теплоты ΔQ_0 в свежем паре.
4. Удельный расход теплоты на дополнительную мощность турбины №2.
5. При условии, что мощность ТЭЦ не будет меняться, найти:
 - выигрыш в расходе теплоты (уменьшение) в свежем паре ΔQ_{0-N} ($N_{ТЭЦ} = const$);
 - экономию удельного расхода условного топлива $\Delta b_{комб}$ при комбинированном режиме на ТЭЦ (по сравнению с задачей №1);

Пояснение к задаче:

Дополнительный расход пара ΔD_{II} из турбины №2 определяется из теплового баланса подогревателя конденсата.

Задача №3.

Просчитать для условий задачи №2 повышение температуры конденсата турбины №1 и обратного конденсата от теплового потребителя турбины №2 до температуры насыщения пара после ТГ-2 $t_s = f(p_{II})$ в подогревателе конденсата.

Определить:

1. Дополнительный расход пара ΔD_{II} из турбины №2.
2. Приращение мощности ΔN_2 турбины №2.

В выводах оценить возможность реализации данного мероприятия и как оно повлияет на экономичность работы котла (КПД брутто). Обосновать сделанное заключение.

Приложение № 3

ТИПОВЫЕ ЗАДАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

1. При испытании конденсационной турбины малой мощности, работающей без отборов пара, были измерены мощность на зажимах генератора $P_{Э}$, расход пара G , параметры свежего пара p_0 , t_0 , давление в конденсаторе p_k (исходные данные выдаются индивидуально).

Необходимо найти:

– удельный расход теплоты q_3 и удельный расход пара d_3 на турбину;

– относительный электрический КПД турбоагрегата $\eta_{оэ}$;

– абсолютный электрический КПД турбоустановки η_3 .

2. Определить теоретический (термический) КПД турбинных циклов при различных параметрах пара:

– при начальных параметрах пара p_0 , t_0 (перегретый пар) и давлении в конденсаторе p_k ;

– при начальном давлении p_0 , сухой насыщенный пар, давлении в конденсаторе p_k ;

– при начальных параметрах пара p_0 , t_0 (перегретый пар); с промежуточным перегревом пара с параметрами p_m , t_m и давлении в конденсаторе p_k ;

– при начальном давлении p_0 , сухой насыщенный пар с внешней сепарацией и промежуточным перегревом свежим паром и давлении в конденсаторе p_k .

3. Определить параметры изоэнтропного торможения – давление \bar{p}_0 и температуру \bar{T}_0 перед сопловой решеткой промежуточной ступени газовой турбины, если известны статические параметры газа перед решеткой:

– давление p_0 , температура T_0 ;

– скорость газа C_0 .

Принять $k = 1,312$; $R=289,7$ Дж/(кг*К).

4. Определить выходную площадь рабочей решетки F_2 первой нерегулируемой ступени паровой турбины при заданных параметрах:

- параметры перегретого пара перед решеткой p_1 , энтальпия h_1 ;
- давление за решеткой p_2 ;
- относительная скорость входа в решетку W_1 ;
- расход пара G .

5. Параметры пара перед первой нерегулируемой ступенью турбины К-300-240 составляют:

- давление перегретого пара $\bar{p}_0 = p_0$;
- температура перегретого пара $\bar{t}_0 = t_0$;
- давление пара за ступенью p_2 ;
- отношение скоростей u / c_ϕ ;
- степень реактивности ρ ;
- углы выхода потока из решеток α_1 и β_2 ;
- коэффициенты скорости φ и ψ .

Построить треугольники скоростей и определить относительный лопаточный КПД $\eta_{o.l.}$. Найти мощность на лопатках $P_{o.l.}$, если известен расход пара G .

Приложение № 4

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«ТУРБИНЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ» (МАГИСТРСКИЙ КУРС)**

1. Роль паровых турбин в стационарной энергетике.
2. Современный уровень технико-экономических показателей и перспективы развития ПТУ.
3. Тепловой цикл ПТУ. Влияние начальных и конечных параметров на КПД цикла ПТУ.
4. Способы повышения КПД цикла ПТУ.
5. Тепловые схемы турбинных установок АЭС.
6. Промежуточная сепарация и перегрев пара в турбинах АЭС.
7. Расширение рабочей среды в косом срезе сопла. Предельная расширительная способность косого среза.
8. Работа сужающихся сопел при изменении начального и конечного давления.
9. Особенности работы расширяющихся сопел при изменении давления за соплом.
10. Действительный процесс расширения в соплах и рабочих лопатках. Потери энергии в сопловых и рабочих лопатках.
11. Преобразование энергии в рабочих решетках. Треугольники скоростей.
12. Ступени с относительно длинными лопатками. Профилирование лопаток.
13. Многоступенчатые турбины и их преимущества. Коэффициент возврата теплоты.
14. Особенности конструкции активных и реактивных многоступенчатых турбин.
15. Основы проектирования паровых турбин.
16. Особенности проектирования регулирующих ступеней турбин.
17. Особенности проектирования первых нерегулируемых ступеней ЦВД.
18. Предельная мощность одноступенчатой конденсационной турбины.
19. Потери, связанные с парциальностью.
20. Сравнение ступеней активного и реактивного типов.
21. Относительный внутренний КПД. Внутренняя мощность.
22. Основное уравнение теории истечения из сопел. Полные параметры. Процесс расширения активной и реактивной ступени в i -s диаграмме.
23. Внутренние потери и способы их уменьшения.
24. Относительный лопаточный КПД. Зависимость его от соотношения (U/C_ϕ) .

25. Оптимальные условия работы реактивной ступени. Оптимальные треугольники скоростей.
26. Оптимальные условия работы активной ступени. Оптимальные треугольники скоростей.
27. Турбины со ступенями скорости. Область их применения.
28. Использование выходной энергии в многоступенчатых турбинах.
29. Дроссельное, сопловое и обводное парораспределение.
30. Распределение давления при переменном пропуске пара.
31. Особенности проектирования турбин АЭС.
32. Турбины с промежуточным регулируемым отбором пара.
33. Выбор способа парораспределения. Метод регулирования скользящими параметрами.
34. Влияние отклонения начального давления на мощность и надежность турбин.
35. Влияние температуры перегретого пара на мощность и надежность турбин.
36. Влияние конечного давления пара на мощность и надежность турбин.
37. Турбины с противодавлением и регулируемым отбором пара.
38. Турбины с противодавлением.
39. Работа турбинной ступени на нерасчетном режиме.
40. Турбины с двумя отопительными отборами.
41. Регенеративный подогрев питательной воды.
42. Конденсационные установки. Тепловые процессы в конденсаторе. Тепловой баланс конденсатора. Воздушная и гидравлическая плотность конденсатора.
43. Тепловой расчет конденсатора.
44. Основы эксплуатации конденсационных установок.
45. Профильные и концевые потери в турбинной ступени.
46. Потери от утечек в турбинной ступени.
47. Потери от влажности пара.
48. Потери от трения и вентиляции.
49. ПТУ с промежуточным перегревом пара.
50. Регенеративный нагрев питательной воды.
51. Комбинированная выработка тепловой и электрической энергии