

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

2021г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине (модулю)

Б1.О.22 «Техническая термодинамика»

(код и наименование дисциплины (модуля))

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

«Энергообеспечение предприятий»

(наименование профиля/специализации)

бакалавр

квалификация

Форма обучения очная

Нижнекамск, 2021

Составитель ФОС:

Доцент


(подпись)

А.А.Сагдеев

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ПАХТ,
протокол от 16 02 2021 г. №5

Зав. кафедрой

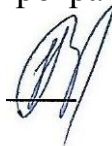

(подпись)

Д.Н.Латыпов

СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания кафедры ЭТЭОП, реализующей подготовку основной образовательной программы от 16 02 2021 г. № 7

Зав. кафедрой



Е.В.Тумаева

Эксперт:

Руководитель ООП Д.Б.Вафин профессор каф. ЭТЭОП
Ф.И.О., должность, организация, подпись



***Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины Б1.О.22 «Техническая термодинамика»
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
Профиль подготовки «Энергообеспечение предприятий»***

1. ОПК-2 Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач
 - ОПК-2.1 Знает базу физико-математического аппарата, методов анализа и моделирования и исследования систем производства энергии и энергообеспечения объектов.
 - ОПК-2.2 Умеет анализировать и моделировать системы производства пара, горячей воды и электрической энергии, а также системы энергоснабжения различных объектов.
 - ОПК-2.3 Владеет методами анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования источников производства и распределения энергии.
2. ОПК-3 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах.
 - ОПК-3.1 Знает способы получения, преобразования, преобразования и использования теплоты в технологических установках.
 - ОПК-3.2 Умеет производить контроль качества монтажа котельного, основного и вспомогательного оборудования систем теплоснабжения.
 - ОПК-3.3 Владеет методами обеспечения надежной работы источников производства теплоты и систем ее транспортировки.
3. ОПК-5 Способен проводить измерения электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники

ОПК-5.1 Знает способы измерения неэлектрических и электрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники.

ОПК-5.2 Умеет пользоваться измерительными средствами электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники.

ОПК-5.3 Владеет методами использования измерительных средств электрических и неэлектрических величин на объектах теплоэнергетики и теплотехники.

Индикаторы достижения компетенции	Этапы формирования в процессе освоения дисциплины (указать все темы из РПД)				Наименование оце- ночного средства
	Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Курсовой проект (работа)	
ОПК- 2.1	<i>Тема 2, Тема3, Тема 4, Тема 7, Тема 8.</i>	<i>Тема 2, Тема3, Тема 4, Тема 7, Тема 8.</i>	<i>Не предусмот- рены</i>	<i>Не предусмотре- ны</i>	<i>Экзамен, тест, прак- тическое занятие, реферат.</i>
ОПК- 2.2	<i>Тема 2, Тема3, Тема 4, Тема 6, Тема 7, Тема 12.</i>	<i>Тема 2, Тема3, Тема 4, Тема 6, Тема 7, Тема 12</i>	<i>Не предусмот- рены</i>	<i>Не предусмотре- ны</i>	<i>Экзамен, тест, прак- тическое занятие, реферат.</i>
ОПК- 2.3	<i>Тема 2, Тема3, Тема 4, Тема 7.</i>	<i>Тема 2, Тема3, Тема 4, Тема 7.</i>	<i>Не предусмот- рены</i>	<i>Не предусмотре- ны</i>	<i>Экзамен, тест, прак- тическое занятие, реферат.</i>
ОПК- 3.1	<i>Темы 1-13.</i>	<i>Темы 1-13.</i>	<i>Не предусмот- рены</i>	<i>Не предусмотре- ны</i>	<i>Экзамен, тест, прак- тическое занятие..</i>
ОПК- 3.2	<i>Тема 9, Тема10, Тема 11, Тема12, Тема 13.</i>	<i>Тема 9, Те- ма10, Тема 11, Тема12, Тема</i>	<i>Не предусмот- рены</i>	<i>Не предусмотре- ны</i>	<i>Экзамен, тест, прак- тическое занятие.</i>

		<i>13.</i>			
ОПК- 3.3	<i>Тема 9, Тема10, Тема 11, Тема 12, Тема 13.</i>	<i>Тема 9, Те-ма10, Тема 11, Тема 12, Тема 13.</i>	<i>Не предусмот-рены</i>	<i>Не предусмотре-ны</i>	<i>Экзамен, тест, прак-тическое занятие.</i>
ОПК- 5.1	<i>Тема 5, Тема 6.</i>	<i>Тема 5, Тема 6.</i>	<i>Не предусмот-рены</i>	<i>Не предусмотре-ны</i>	<i>Экзамен, практиче-ское занятие.</i>
ОПК- 5.2	<i>Тема 5, Тема 6, Тема 13.</i>	<i>Тема 5, Тема 6, Тема 13.</i>	<i>Не предусмот-рены</i>	<i>Не предусмотре-ны</i>	<i>Экзамен, практиче-ское занятие.</i>
ОПК- 5.3	<i>Тема 5, Тема 6.</i>	<i>Тема 5, Тема 6.</i>	<i>Не предусмот-рены</i>	<i>Не предусмотре-ны</i>	<i>Экзамен, практиче-ское занятие.</i>

Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)

Форма обучения	Наименование оценочных средств	Количество баллов
	3 семестр	
очная	Тест	max 40 - min 22
	Практические занятия	max 40 - min 28
	Реферат	max 20 - min 10
	Итого	max 100 - min 60
	<i>Форма контроля –диф. зачет</i>	
	4 семестр	
	Экзамен	max 40 - min 24
	Практические занятия.	max 60 - min 36
	Итого	max 100 - min 60
	<i>Форма контроля – экзамен</i>	

Шкала оценивания

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.

Краткая характеристика оценочных средств

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного сред- ства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1.	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные задания по теме практического занятия
2	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения	Темы рефератов
3.	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет механический
Кафедра ПАХТ

Семестр 3

Тест

Вариант 1

1. Основные параметры состояния тела:

1) абсолютное давление; 2) удельная теплота; 3) удельный объем; 4) абсолютная температура; 5) удельная работа

2. Давление газа в соответствии с молекулярно-кинетической теорией определяется соотношением:

$$1) P = \frac{2}{3} n \cdot \frac{m\omega^2}{2}; \quad 2) P = \frac{3}{2} \frac{m\omega^2}{2} n; \quad 3) P = \frac{2}{3} \frac{m\omega^2}{2} \nu; \quad 4)$$

$$P = \frac{m\omega^2}{2} n.$$

3. Найти абсолютное давление в случае вакуума:

$$1) P_{абс} = P_{атм} - P_{вак}; \quad 2) P_{абс} = P_{атм} + P_{вак};$$

$$3) P_{абс} = P_{атм} + P_{изб}; \quad 4) P_{абс} = P_{атм} - P_{изб}.$$

4. Укажите соответствие величины давления 20 кПа, записанного в различных системах измерения:

$$1) 0,2 \text{ бар}$$

$$2) 2 \text{ МПа}$$

$$3) 20 \text{ МПа}$$

$$4) 200 \text{ бар}$$

5. Физический смысл газовой постоянной R – представляет собой удельную работу изменения объема, совершаемую 1 кг рабочего вещества при изменении его температуры на 1 К в:

1) изобарном процессе;

2) адиабатном процессе;

3) изохорном процессе;

4) изотермическом процессе.

6. Укажите размерность газовой постоянной R :

$$1) \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \quad 2) \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}; \quad 3) \frac{\text{Вт}}{\text{кг} \cdot \text{К}}; \quad 4) \frac{\text{Вт}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}.$$

7. Укажите уравнение Клапейрона – Менделеева:

$$1) pV_{\mu} = R_m \cdot T;$$

$$2) p\nu = RT;$$

$$3) pV = mRT;$$

$$4) \quad RV = RT.$$

8. Отметьте правильное выражение для закона Бойля-Мариотта:

$$1) \frac{v_1}{v_2} = \frac{p_1}{p_2}; \quad 2) \frac{v_1}{v_2} = \frac{p_2}{p_1}; \quad 3) \frac{T_1}{T_2} = \frac{p_2}{p_1}; \quad 4) \frac{T_1}{T_2} = \frac{v_2}{v_1}.$$

9. Чем отличаются реальные газы от идеальных

- 1) молекулы этих газов имеют конечные собственные объемы и связаны между собой силами взаимодействия;
- 2) молекулы этих газов имеют конечные собственные объемы и не связаны между собой силами взаимодействия;
- 3) представляют систему материальных точек, находящихся в беспорядочном движении и не взаимодействующих между собой;
- 4) представляют систему материальных точек, находящихся в беспорядочном движении и взаимодействующих между собой.

10. Какая из перечисленных диаграмм называется диаграммой Эндрюса:

- 1) $p v$ - диаграмма реального вещества;
- 2) $p v$ - диаграмма идеального вещества;
- 3) $T s$ - диаграмма влажного пара;
- 4) $i s$ - диаграмма влажного воздуха.

11. Укажите аналитическое выражение I закона термодинамики:

- 1) $dq = du + dl$; 2) $du = dq + dl$;
- 3) $dq = di - v dp$; 4) $dq = di - p dv$.

12. Укажите правильные выражения, устанавливающие связь между теплоемкостями:

$$1) C_p = C'_p \cdot v_0 = \frac{\mu C_p}{\mu}; \quad 2) C'_p = \frac{C_p}{\rho};$$

$$3) C_p - C_v = R; \quad 4) C_p = C_v - R;$$

$$5) C_v = \frac{C'_v}{\rho_0} = \frac{\mu C_v}{\mu}; \quad 6) C'_v = \frac{\mu C_v}{22,4}$$

13. Укажите какие из перечисленных выражений являются уравнениями 1-го закона термодинамики для адиабатического процесса:

- 1) $dq = p \cdot dv$;
- 2) $du = -p \cdot dv$;
- 3) $dq = du$;
- 4) $du = -v \cdot dp$.

14. Укажите выражение, определяющее величину холодильного коэффициента обратного термодинамического цикла:

$$1) \varepsilon = \frac{q_2}{l}; \quad 2) \varepsilon = \frac{q_1}{l};$$

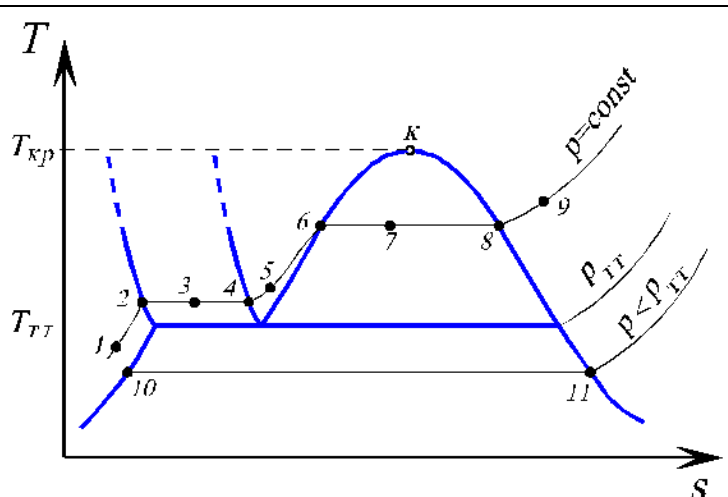
$$3) \varepsilon = \frac{l}{q_1}; \quad 4) \varepsilon = \frac{l}{q_2}$$

15. Что такое степень сухости:

- 1) отношение массы сухого пара к массе влажного;
- 2) отношение массы сухого пара к массе жидкости;
- 3) отношение массы влажного пара к массе сухого;
- 4) отношение массы жидкости к массе сухого пара.

16. На Ts – диаграмме отмечены точки 1, 2, 3, 4, 5. Какому состоянию вещества соответствуют положения точек 1 и 2.

Переохлажденная жидкость
Влажный пар
Насыщенный пар
Насыщенная жидкость
Перегретый пар
Твердое состояние



17. Укажите выражение для определения термического коэффициента полезного действия прямого цикла:

1) $\eta_t = \frac{q_1 - q_2}{q_1}$;

2) $\eta_t = \frac{l}{q_1}$;

3) $\eta_t = \frac{q_1}{q_1 - q_2}$;

4) $\eta_t = \frac{q_2}{q_1}$.

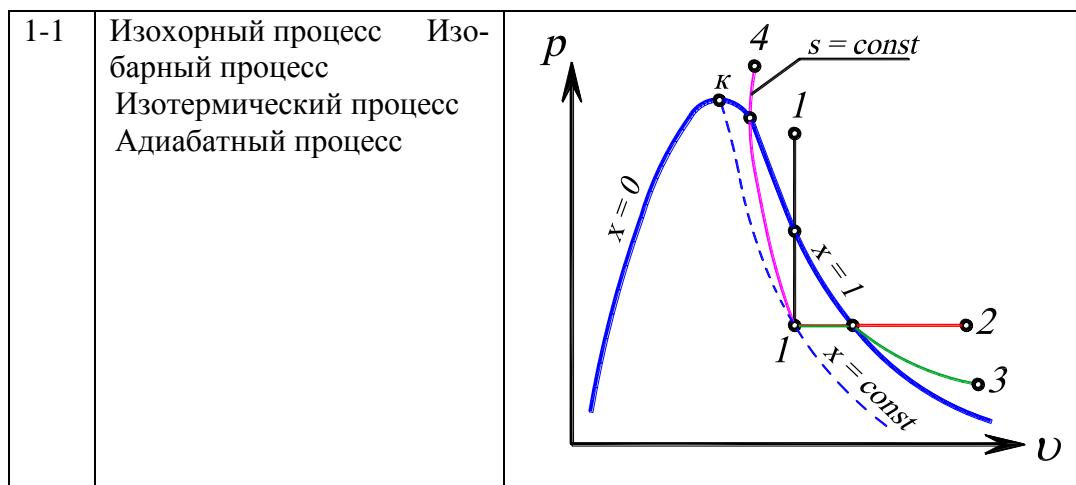
18. Под холодильным коэффициентом обратного термодинамического цикла понимается:

- 1) какое количество теплоты отнимается от холодного источника при затрате одной единицы работы;
- 2) отношение количества теплоты, превращенной в положительную работу за один цикл, по всей теплоте, подведенной к рабочему телу;
- 3) отношение количества теплоты, превращенной в положительную работу к количеству теплоты, отнимаемого от холодного источника;
- 4) отношение количества теплоты, отнимаемое от холодного источника, ко всей теплоте, подведенной к рабочему телу.

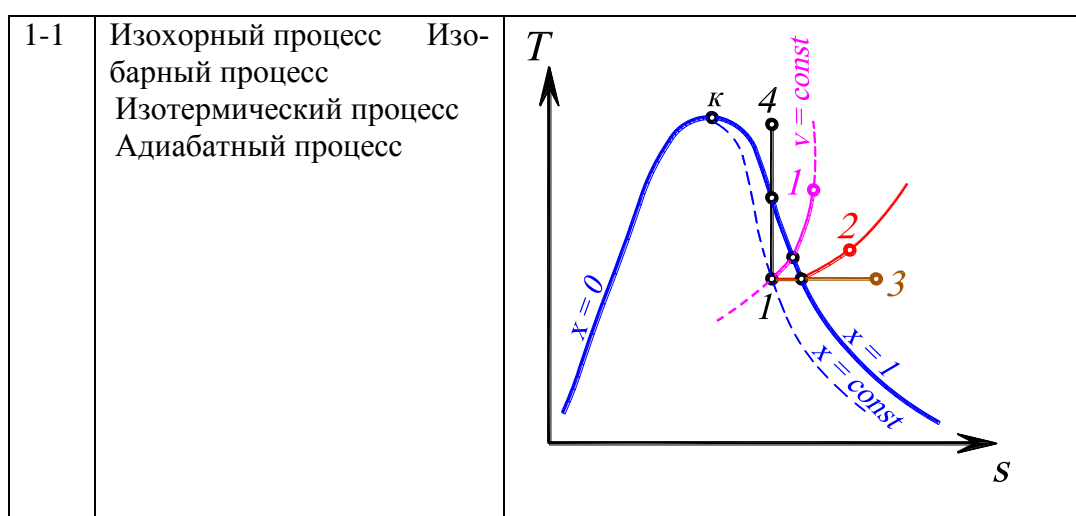
19. Что происходит в критической точке:

- а) исчезает различие между жидкостью и паром;
- б) находятся в равновесии три фазы однородного вещества;
- в) осуществляется переход твердого вещества непосредственно в пар;
- г) процесс превращения вещества из жидкого состояния в парообразное

20. На $p-v$ -диаграмме водяного пара изображены четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3 и 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-1 и его названием.



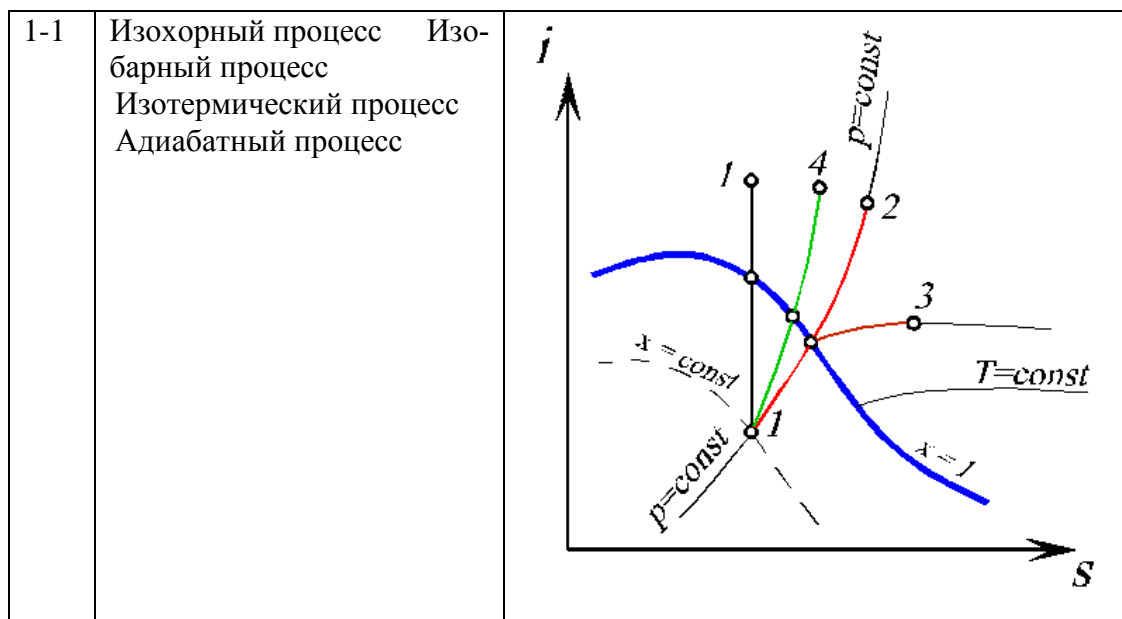
21. На Ts-диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1 - 1; 1 - 2; 1 - 3 и 1 - 4. Укажите соответствие между процессом 1-1 и его названием.



22. Какие точки располагаются на верхней и нижней пограничных кривых p - v -диаграммы водяного пара.

- 1) соответствующие состоянию кипения и сухого насыщенного пара;
- 2) влажного пара и перегретого воздуха;
- 3) кипения и перегретого воздуха;
- 4) влажного и сухого насыщенного пара.

23. На is -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3; 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-1 и его названием.

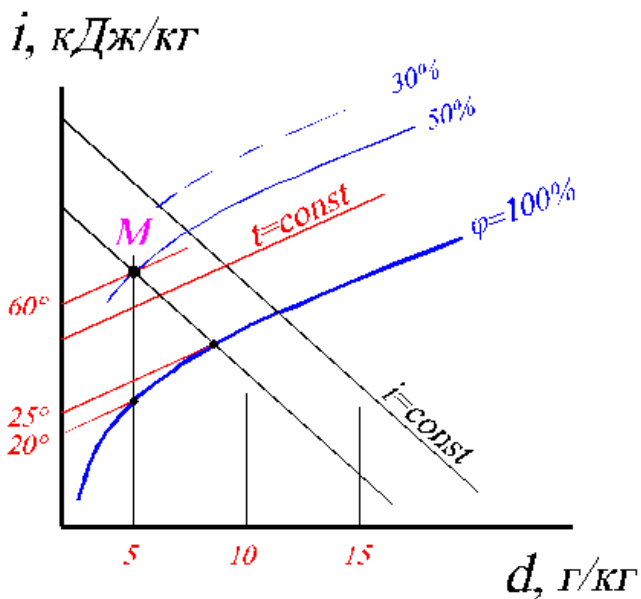


24. Укажите, как определяется количество теплоты в изохорном процессе.

- 1) $q = u_2 - u_1 = i_2 - i_1 - \nu(p_2 - p_1)$;
- 2) $q = i_2 - i_1$;
- 3) $q = T(s_2 - s_1)$;
- 4) $q = 0$

25. На id - диаграмме влажного воздуха отмечена точка М, укажите значения параметров влажного воздуха в этой точке.

- 1) температура сухого термометра (температура воздуха);
- 2) температура мокрого термометра.



Вариант 2

1. Единицей измерения количества энергии является:

- 1) Вт;
- 2) Дж;
- 3) $\frac{H}{M^2}$;
- 4) $\frac{Дж}{с}$.

2. Удельный объем есть величина, обратная:

- 1) давлению;
- 2) плотности;
- 3) объему;
- 4) температуре.

3. Найти абсолютное давление в случае избыточного давления:

- 1) $P_{абс} = P_{атм} - P_{вак}$;
- 2) $P_{абс} = P_{атм} + P_{вак}$;
- 3) $P_{абс} = P_{атм} + P_{изб}$;
- 4) $P_{абс} = P_{атм} - P_{изб}$.

4. Укажите соответствие величины давления 20 бар, записанного в различных системах измерения:

- 1) 0,2 МПа; 2) 20 МПа;
3) 2 МПа; 4) 200 кПа.

5. Универсальная газовая постоянная R_m есть работа 1 кмоль идеального газа, совершаемая при изменении температуры на 1 °С при постоянном значении!

- 1) объема; 2) давления;
3) энтропии; 4) энтальпии.

6. Укажите размерность универсальной газовой постоянной R_m :

- 1) $\frac{Дж}{кг \cdot K}$; 2) $\frac{Вт}{кг \cdot K}$; 3) $\frac{Дж}{кмоль \cdot K}$; 4) $\frac{Вт}{моль \cdot K}$.

7. Температура при нормальных физических условиях равна:

- 1) 273,15 К; 2) 283,15 К;
3) 293,15 К; 4) 303,15 К.

8. Отметьте правильное выражение для закона Гей-Люссака:

- 1) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{p_1}{p_2}$; 2) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{p_2}{p_1}$; 3) $\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_2}{p_1}$; 4) $\frac{T_1}{T_2} = \frac{v_2}{v_1}$.

9. Какое определение подходит к понятию идеального газа.

- 1) молекулы этих газов имеют конечные собственные объемы и связаны между собой силами взаимодействия;
2) молекулы этих газов имеют конечные собственные объемы и не связаны между собой силами взаимодействия;
3) представляют систему материальных точек, находящихся в беспорядочном движении и не взаимодействующих между собой;
4) представляют систему материальных точек, находящихся в беспорядочном движении и взаимодействующих между собой.

10. Закон Дальтона справедлив для

- 1) идеального газа;
2) газовой смеси идеальных газов;
3) реального газа;
4) газовой смеси реальных газов

11. Точка, в которой исчезает различие между газообразной и жидкой фазами, называют:

- 1) тройной; 2) критической;
3) плавления; 4) кипения.

12. Укажите уравнение Майера:

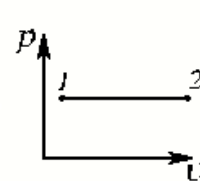
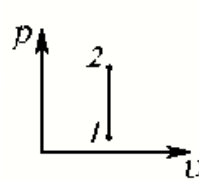
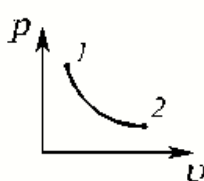
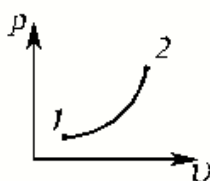
- 1) $C_p = C_v + R$; 2) $R = C_p + C_v$;
3) $C_v = C_p + R$; 4) $C_p = C_v - R$;

13. Укажите какие из перечисленных выражений являются уравнениями 1-го закона термодинамики для изотермического процесса:

- 1) $dq = p \cdot dv$;
2) $du = -p \cdot dv$;
3) $dq = du$;
4) $du = -v \cdot dp$.

14. Отметьте правильное графическое изображение для закона Бойля-Мариотта.

- 1) 2) 3) 4)



15. Укажите уравнения, отображающие поведение реального газа.

- 4) Ван-дер-Ваальса;
- 5) Клапейрона;
- 6) Клапейрона-Менделеева;
- 4) Вукаловича и Новикова.

16. Отметьте, какие из ниже перечисленных суждений описывают 2-й закон термодинамики:

- 1) теплота не может переходить от холодного тела к более нагретому сама собой;
- 2) не вся теплота, полученная в тепловом двигателе от источника теплоты, может перейти в работу;
- 3) осуществление вечного двигателя второго рода не возможно;
- 4) количество теплоты подведенное к телу, или отводимое от него, зависит от характера процесса.

17. Какой из ниже перечисленных термодинамических циклов является прямым?

- 1) в результате которого получается положительная работа (в нем работа расширения больше работы сжатия);
- 2) в результате которого получается положительная работа (работа расширения меньше работы сжатия);
- 3) в результате которых расходуется работа (в нем работа сжатия больше работы расширения);
- 4) в результате которых расходуется работа (в нем работа сжатия меньше работы расширения).

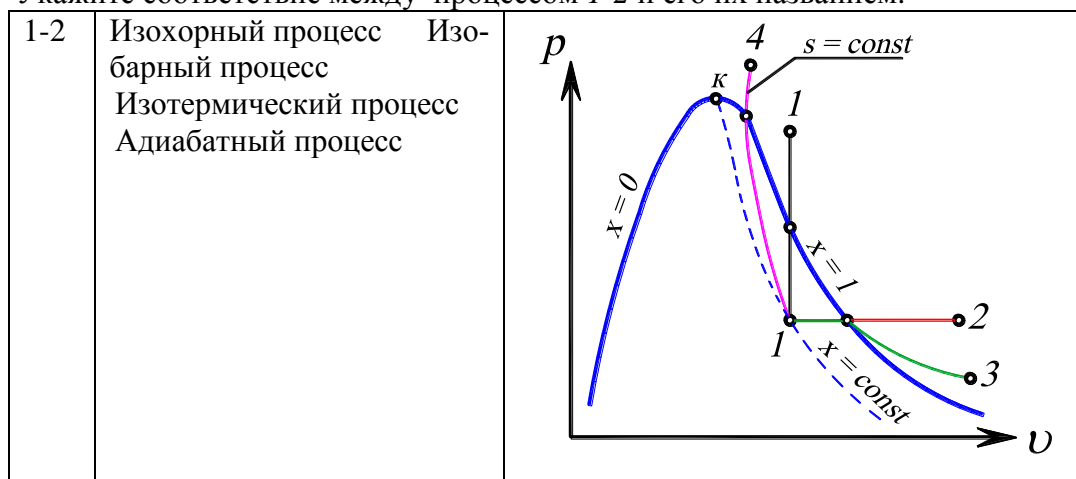
18. Переход вещества из твердого состояния в жидкое называют:

- 1) сублимацией;
- 2) плавлением;
- 3) парообразованием;
- 4) конденсацией.

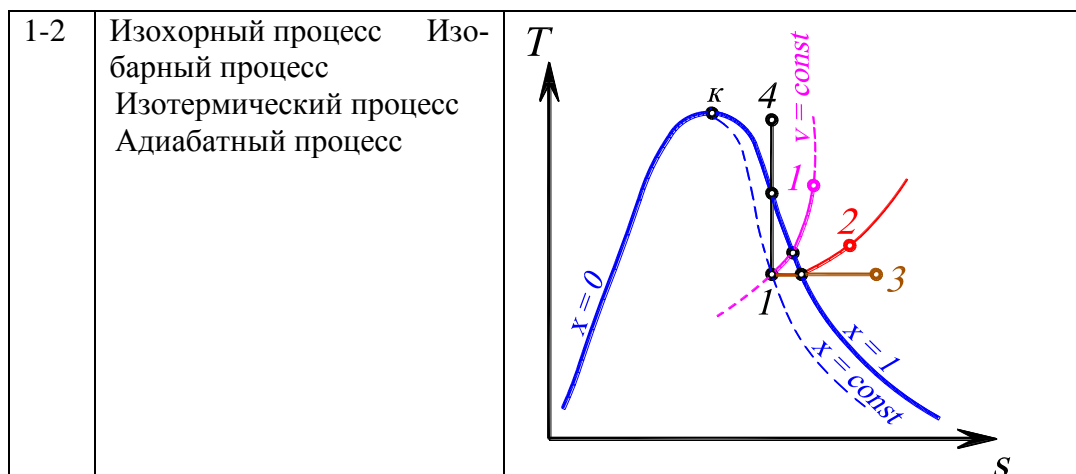
19. Цикл Карно состоит из 2^x адиабатных процессов и 2^x :

- 1) изохорных;
- 2) изотермических;
- 3) изобарных;
- 4) политропных.

20. На $p-v$ -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3 и 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-2 и его названием.



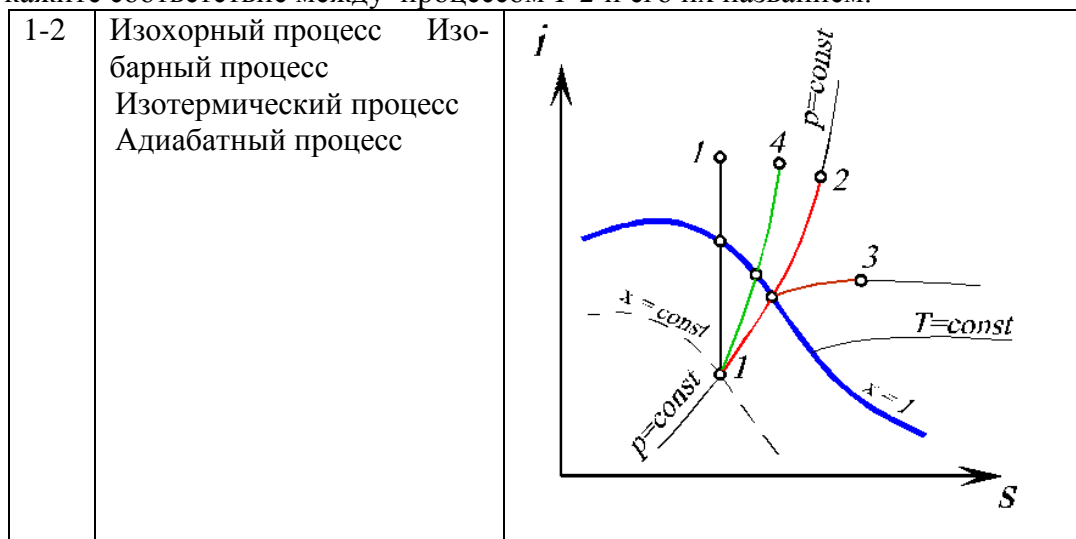
21. На Ts -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1 - 1; 1 - 2; 1 - 3 и 1 - 4. Укажите соответствие между процессом 1-2 и его названием.



22. Как называют машину, предназначенную для сжатия различных газов?

- 1) насосом;
- 2) компрессором;
- 3) детандером;
- 4) конденсатором.

23. На is -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3; 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-2 и его названием.



24. Укажите, как определяется количество теплоты в изобарном процессе.

- 1) $q = u_2 - u_1 = i_2 - i_1 - \nu(p_2 - p_1)$;
- 2) $q = i_2 - i_1$;
- 3) $q = T(s_2 - s_1)$;
- 4) $q = 0$

25. Выберите четыре основных элемента паровой компрессорной холодильной установки.

- 1) компрессор;
- 2) детандер;
- 3) конденсатор;
- 4) дроссельный вентиль;
- 5) испаритель;
- 6) генератор.

Вариант 3

1. С точки зрения молекулярно-кинетической теории средний результат ударов молекул газа, находящихся в непрерывном хаотическом движении, о стенки сосуда есть :

- 1) температура;
- 2) давление;
- 3) удельный объем;
- 4) плотность.

2. Способ передачи энергии, который осуществляется при непосредственном контакте тел, имеющих различную температуру, путем обмена кинетической энергией между молекулами соприкасающихся тел называют:

- 1) работой;
- 2) теплотой;
- 3) энтальпией;
- 4) энтропией.

3. Общее давление смеси газов, равно сумме парциальных давлений отдельных газов, составляющих смесь согласно закону:

- 1) Фурье; 2) Дальтона;
3) Ньютона; 4) Рихмана.

4. Укажите соответствие величины давления 3 МПа, записанного в различных системах измерения:

- 1) 300 бар; 2) 30 бар;
3) 300 кПа; 4) 30 кПа.

5. Укажите уравнение Ван-дер-Ваальса:

- 1) $PV = RT$; 2) $\left(P + \frac{a}{V^2}\right) \cdot V = RT$;
3) $\left(P + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = RT$; 4) $P \cdot (V - b) = RT$

6. Аналитическое выражение I закона термодинамики для изохорного процесса:

- 1) $dq = di - Vdp$; 2) $dq = di$; 3) $dq = du + pdV$; 4) $dq = du$.

7. Изменение энтальпии, выраженное через теплоемкость:

- 1) $di = c_v dT$; 2) $di = c_p dT$;
3) $di = c_v + R$; 4) $di = c_p + R$

8. Отметьте правильное выражение для закона Шарля:

- 1) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{p_1}{p_2}$; 2) $\frac{v_1}{v_2} = \frac{p_2}{p_1}$; 3) $\frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$; 4) $\frac{T_1}{T_2} = \frac{v_2}{v_1}$.

9. Процесс, протекающий без подвода и отвода теплоты, т.е. при отсутствии теплообмена с окружающей средой называют:

- 1) изотермическим; 2) изохорным;
3) изобарным; 4) адиабатным.

10. Отношение удельного количества теплоты, превращенного в положительную удельную работу за один цикл, ко всему количеству теплоты, подведенному к рабочему телу называют:

- 1) термический коэффициент полезного действия;
2) холодильный коэффициент;
3) показатель адиабаты;
4) показатель политропы.

11. Переход вещества из газообразного состояния в жидкое называют:

- 1) плавлением; 2) сублимацией;
3) кристаллизацией; 4) конденсацией.

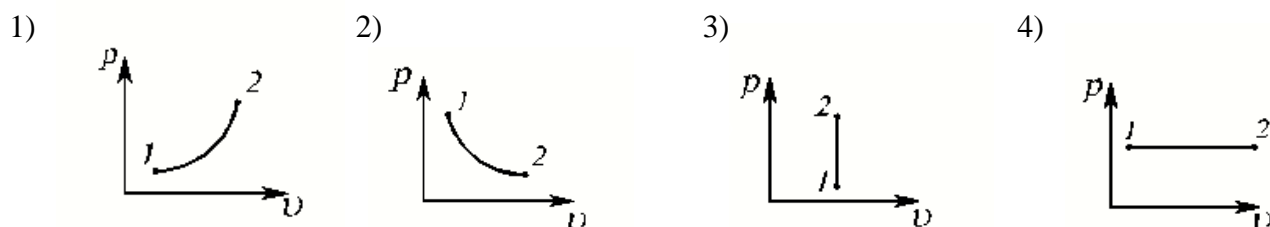
12. Укажите уравнение Клапейрона-Клаузиуса:

- 1) $r = T(V_2 - V_1) \cdot \frac{dP}{dT}$; 2) $r = T(P_2 - P_1) \cdot \frac{dV}{dT}$;
3) $r = V(T_2 - T_1) \cdot \frac{dP}{dV}$; 4) $r = P(T_2 - T_1) \cdot \frac{dT}{dP}$;

13. Укажите какие из перечисленных выражений являются уравнениями I-го закона термодинамики для изохорного процесса:

- 1) $dq = p \cdot dv$;
2) $du = -p \cdot dv$;
3) $dq = du$;
4) $du = -v \cdot dp$.

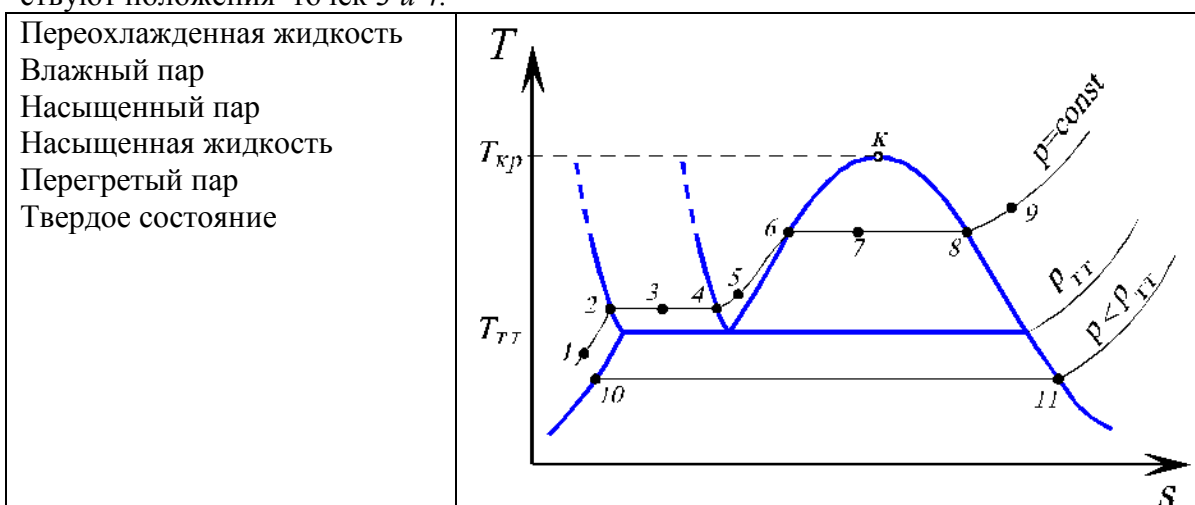
14. Отметьте правильное графическое изображение для закона Шарля.



15. пар, имеющий при данном давлении более высокую температуру, чем сухой насыщенный пар называют

- 7) насыщенным;
- 8) перегретым;
- 9) влажным;
- 4) сухим.

16. На Ts – диаграмме отмечены точки 1,2,3,4,5. Какому состоянию вещества соответствуют положения точек 3 и 4.



17. Какой из ниже перечисленных термодинамических циклов является обратным?

- 1) в результате которого получается положительная работа (в нем работа расширения больше работы сжатия);
- 2) в результате которого получается положительная работа (работа расширения меньше работы сжатия);
- 3) в результате которых расходуется работа (в нем работа сжатия больше работы расширения);
- 4) в результате которых расходуется работа (в нем работа сжатия меньше работы расширения).

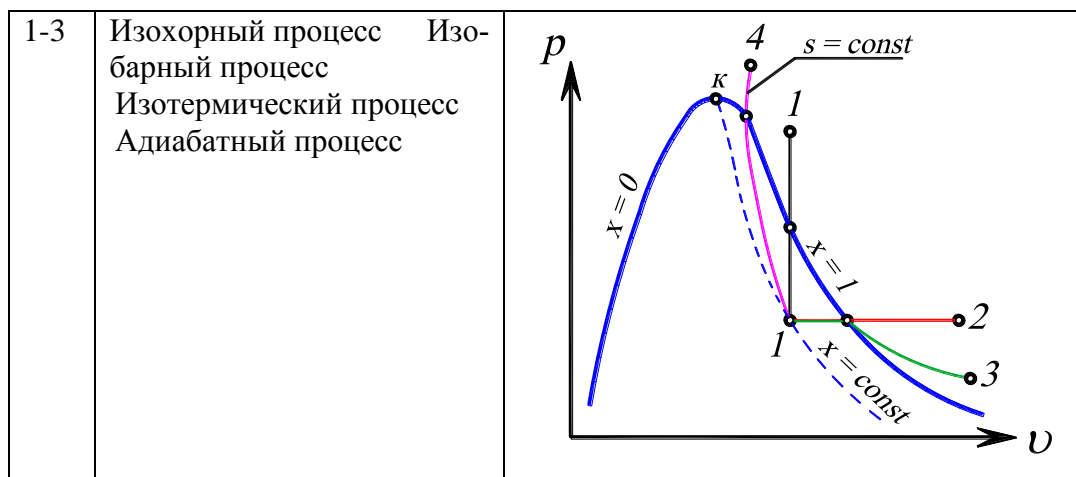
18. Отношение массы водяного пара во влажном воздухе к массе сухого воздуха в нем называют:

- 1) абсолютной влажностью;
- 2) влагосодержанием;
- 3) относительной влажностью;
- 4) насыщением.

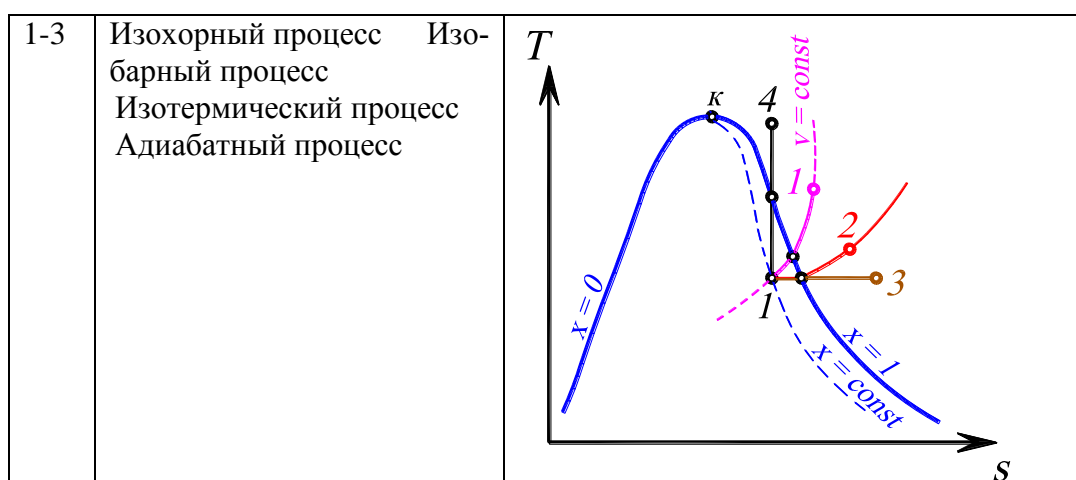
19. За основной цикл в паротурбинной установке принят идеальный цикл

- 1) карно;
- 2) Ренкина;
- 3) Отто;
- 4) Дизеля.

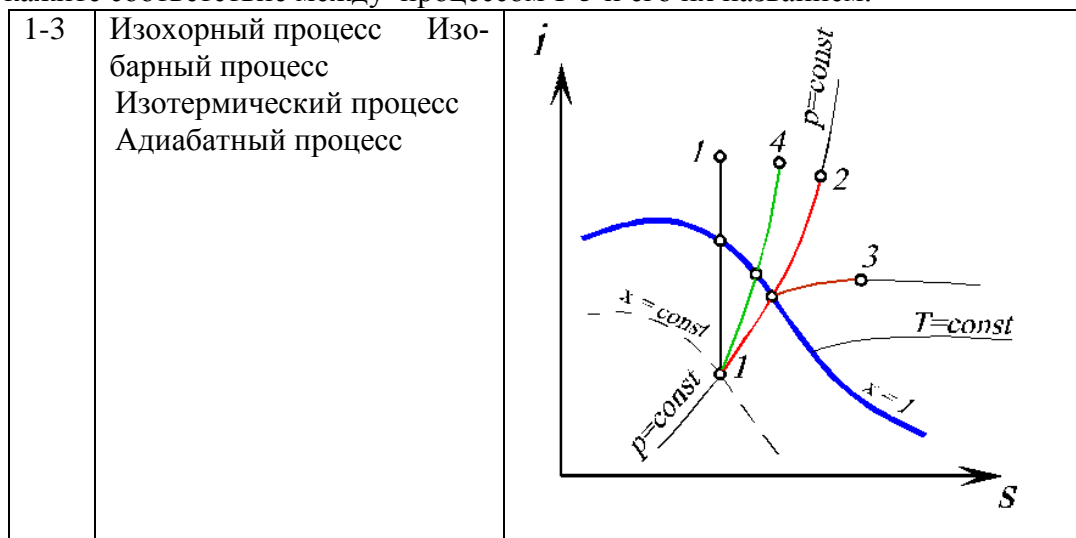
20. На $p-v$ -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3 и 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-3 и его названием.



21. На Ts-диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1 - 1; 1 - 2; 1 - 3 и 1 - 4. Укажите соответствие между процессом 1-3 и его их названием.



22. На is-диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3; 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-3 и его их названием.



23. Идеальный цикл воздушной холодильной установки состоит из 2^x адиабатных процессов и 2^x :

- | | |
|--------------------|-----------------|
| 1) изохорных; | 2) изобарных; |
| 3) изотермических; | 4) политропных. |

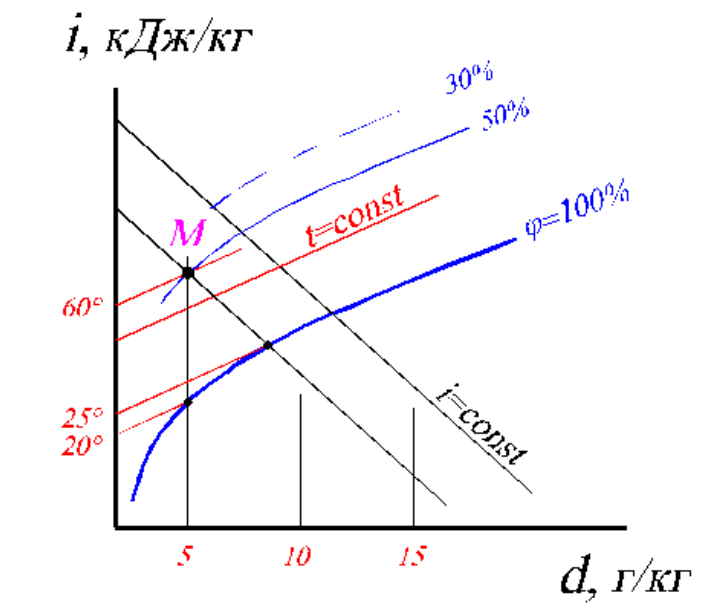
24. Основные характеристики цикла двигателя внутреннего сгорания:

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| 1) степень сжатия; | 2) степень повышения давления; |
|--------------------|--------------------------------|

3) степень предварительного расширения; 4) степень сухости.

25. На id - диаграмме влажного воздуха отмечена точка М, укажите значения параметров влажного воздуха в этой точке.

- 1) относительная влажность;
- 2) влагосодержание,



Вариант 4

1. Совокупность изменений состояния термодинамической системы при переходе из одного равновесного состояния в другое называют:

- 1) термодинамическим процессом;
- 2) работой;
- 3) циклом;
- 4) теплотой.

2. Согласно закону Авогадро:

- 1) $\frac{\rho_1}{\rho_2} = \frac{M_1}{M_2}$;
- 2) $Pv = RT$;
- 3) $R = \frac{8,314}{\mu}$;
- 4) $C_p = C_v + R$.

3. Средняя молярная масса смеси газов равна:

- 1) $M = \sum z_i M_i$;
- 2) $M = \bar{Z} g_i M_i$;
- 3) $M = 8,314 \cdot R$;
- 4) $M = \frac{1}{\sum g_i M_i}$.

4. Укажите соответствие величины давления 5000 Па, записанного в различных системах измерения.

- 1) 50 бар;
- 2) 5 бар;
- 3) 0,5 бар;
- 4) 50 кПа.

5. Аналитическое выражение работы расширения процесса.

- 1) $l = p(v_2 - v_1)$;
- 2) $l = v(p_2 - p_1)$;
- 3) $l' = l + p_1 v_1 - p_2 v_2$;
- 4) $l' = p_1 v_1 - p_2 v_2$.

6. Удельная энтальпия представляет собой сложенную функцию вида:

- 1) $i = S - p v$;
- 2) $i = u + p v$;
- 3) $i = p + S v$;
- 4) $i = S + u$.

7. Изменение внутренней энергии выраженное через теплоемкость:

- 1) $du = C_v dT$;
- 2) $du = C_p dT$;

$$3) du = C_p R;$$

$$4) du = C_v + R.$$

8. Отметьте правильное выражение для закона Бойля-Мариотта:

$$1) P_1 v_1 = RT_1$$

$$3) P_1 T_1 = R v_1$$

$$2) P_1 v_1 = P_2 v_2$$

$$4) R P_1 = T_1 v_1$$

9. Для обратимого адиабатного процесса:

$$1) S = const;$$

$$2) v = const;$$

$$3) T = const;$$

$$4) P = const.$$

10. Какое количество теплоты отнимается от теплоприемника при затрате одной единицы работы показывает:

1) термический коэффициент полезного действия;

2) холодильный коэффициент;

3) показатель адиабаты;

4) показатель политропы.

11. Переход вещества из твердого состояния в газообразное называют:

1) плавлением;

2) сублимацией;

3) кристаллизацией;

4) конденсацией.

12. Точка, в которой находятся в равновесии все три фазы вещества называют:

1) критической;

2) тройной;

3) насыщения;

4) плавления.

13. Укажите какие из перечисленных выражений являются уравнениями 1-го закона термодинамики для изобарного процесса:

$$1) dq = p \cdot dv;$$

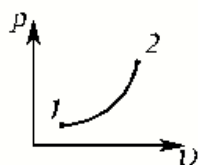
$$2) du = -p \cdot dv;$$

$$3) dq = du;$$

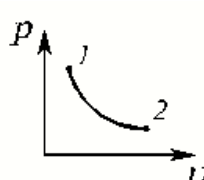
$$4) du = -v \cdot dp.$$

14. Отметьте правильное графическое изображение для закона Гей-Люссака.

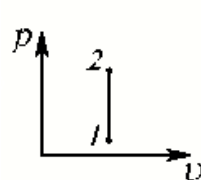
1)



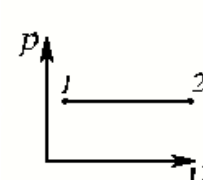
2)



3)



4)



15. Назовите наиболее общее уравнение для идеальных газов:

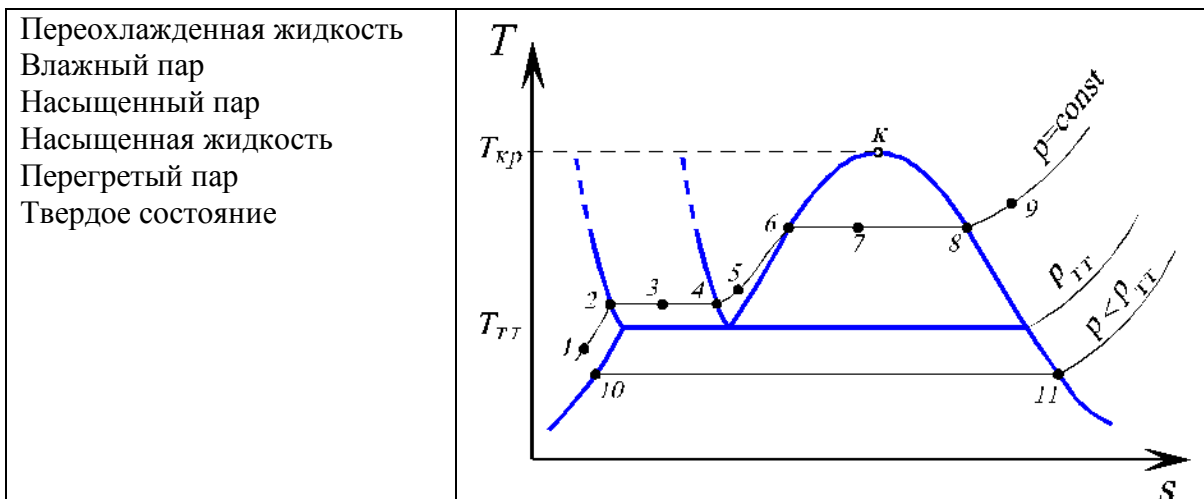
10) Ван-дер-Ваальса;

11) Клапейрона;

12) Клапейрона-Менделеева;

4) Вукаловича и Новикова.

16. На Ts – диаграмме отмечены точки 1,2,3,4,5. Какому состоянию вещества соответствуют положения точек 5 и 6.



17. Температура, до которой необходимо охладить влажный воздух при постоянном давлении, чтобы он стал насыщенным, называют:

- 1) температурой точки росы;
- 2) температурой мокрого термометра;
- 3) температурой влажного воздуха;
- 4) температурой кипения.

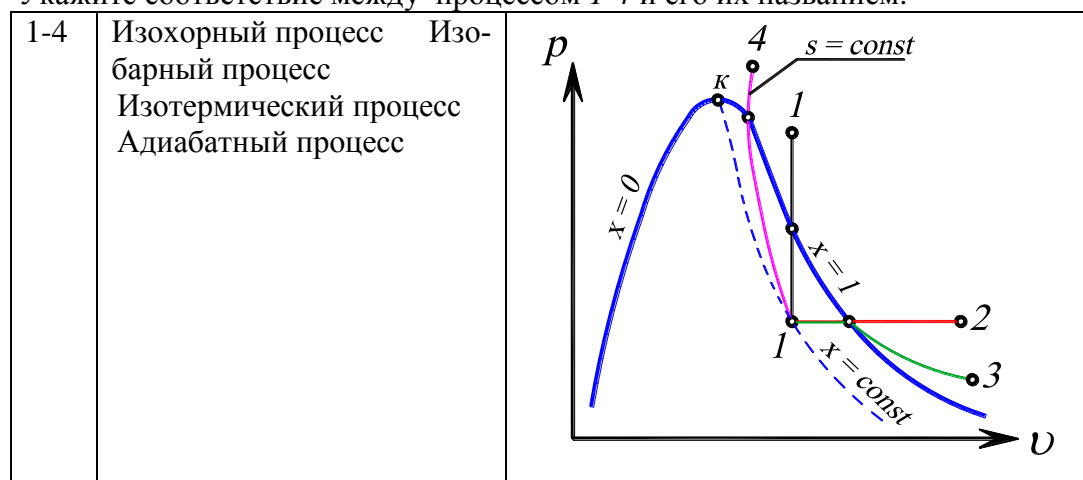
18. Машины, где топливо сжигается непосредственно в цилиндре под поршнем, называются:

- 1) газотурбинными установками;
- 2) двигателями внутреннего сгорания;
- 3) компрессорами;
- 4) насосами.

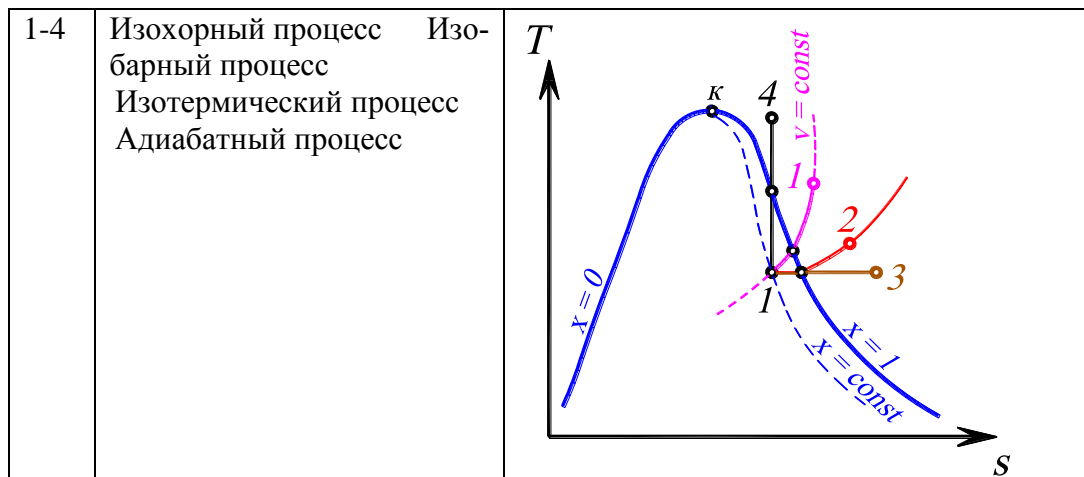
19. Двигатель внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты это есть цикл:

- 1) Отто;
- 2) Дизеля;
- 3) Тринклера;
- 4) Ренкина.

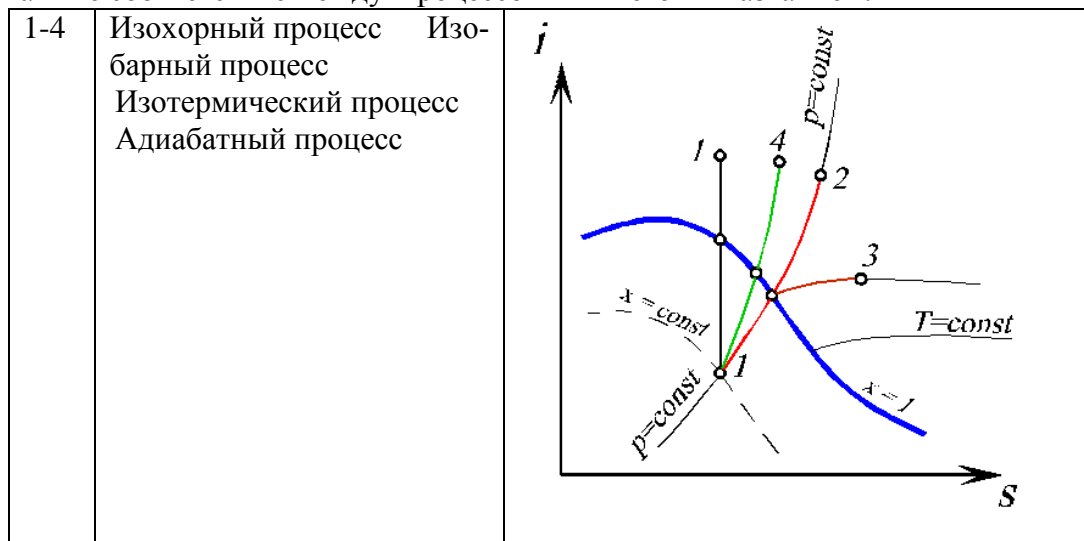
20. На $p-v$ -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: $1-1$; $1-2$; $1-3$ и $1-4$. Укажите соответствие между процессом $1-4$ и его названием.



21. На Ts -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: $1-1$; $1-2$; $1-3$ и $1-4$. Укажите соответствие между процессом $1-4$ и его названием.



22. На is -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3; 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-4 и его названием.



23. Цикл, состоящий из 2^x адиабатных и 2^x изобарных процессов, характерен для цикла:

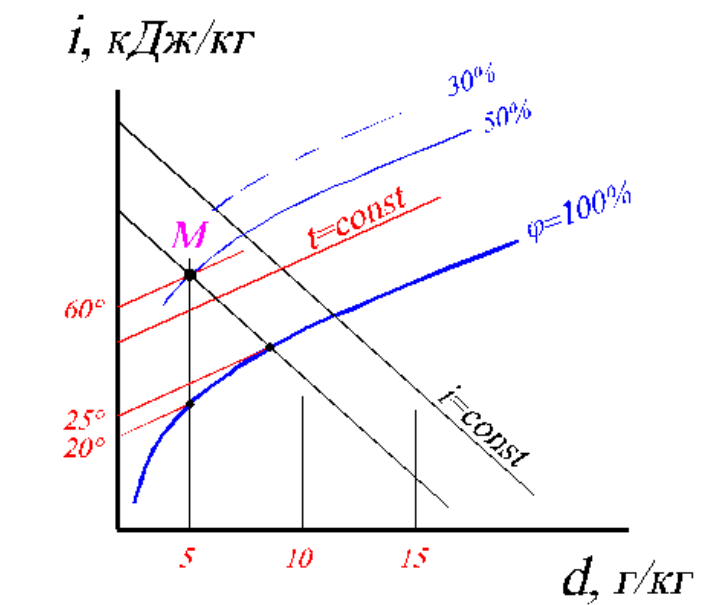
- 1) двигателя внутреннего сгорания;
- 2) воздушной холодильной установки;
- 3) Отто;
- 4) Дизеля.

24. Бескомпрессорный двигатель, в котором сгорание топлива сначала происходит при постоянном объеме, а затем при постоянном давлении:

- 1) Отто;
- 2) Дизеля;
- 3) Тринклера;
- 4) Ренкина.

25. На id - диаграмме влажного воздуха отмечена точка М, укажите значения параметров влажного воздуха в этой точке.

- 1) температура точки росы.



Критерии оценки теста (3сем.)

Ответ оценивается на **«отлично» от 33 до 40 баллов**: если даны правильные ответы на 22 и более вопросов, т.е. правильно выполнено 88-100% работы.

Ответ оценивается на **«хорошо» от 28.8 до 33 баллов**: если даны правильные ответы на 18 - 21 вопросов, т.е. правильно выполнено 72-84% работы.

Ответ оценивается на **«удовлетворительно» от 22 до 28.8 баллов**: если даны правильные ответы на 14 - 17 вопросов, т.е. правильно выполнено 56-68% работы.

Ответ оценивается на **«неудовлетворительно»**: если правильно выполнено менее 55 % работы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет механический

Кафедра ПАХТ

Семестр 3

Темы рефератов

По дисциплине Б1.О.22 «Техническая термодинамика»

1. Паровая машина Ползунова И.И.
2. Тепловая теорема Нернста.
3. Основы механической теории теплоты (по работам Ломоносова М.В.).
4. Принцип сохранения энергии применительно к химическим процессам (Г. Гесс).
5. Параметры состояния – энтальпия и энтропия.
6. Эффект Джоуля-Томсона.
7. Дросселирование реальных газов.
8. Двигатели внутреннего сгорания (цикл Отто).
9. Двигатели внутреннего сгорания (цикл Дизеля).
10. Двигатели внутреннего сгорания (цикл Тринклера).
11. Газотурбинная установка.
12. Идеальные циклы реактивных двигателей.
13. Воздушная холодильная установка.
14. Пароэжекторная холодильная установка.
15. Абсорбционная холодильная установка.

Критерии оценки рефератов:

- актуальность темы;
- соответствие содержания теме;
- глубина проработки материала;
- правильность и полнота использования источников;
- оформление реферата.

«Отлично» - от 17 до 20 баллов - присутствие всех вышеуказанных требований; знание изложенного материала, умение грамотно и аргументировано изложить проблемы; умение анализировать фактический материал, свободно беседовать по любому пункту реферата, отвечать на поставленные вопросы по теме реферата.

«Хорошо» - от 13 до 16 баллов - мелкие замечания по оформлению реферата; незначительные трудности по одному из вышеперечисленных требований.

«Удовлетворительно» от 10 до 12 баллов - тема реферата раскрыта недостаточно полно; неполный список литературы и источников; затруднения в изложении материала.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет механический
Кафедра ПАХТ

Учебным планом по направлению подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» для обучающихся предусмотрено проведение **практических занятий** по дисциплине **Б1.О.22 «Техническая термодинамика»** в 3,4 семестрах. Обучающимся предлагаются разноуровневые задачи, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал.

Комплект заданий для практических занятий

При изучении дисциплины в 3 семестре предусматривается выполнение **26 задач**:

Семестр 3

ЗАНЯТИЕ 1

**Основные термодинамические параметры состояния.
Основные законы идеальных газов**

Контрольные задания

Задача 1.1. В сосуде объемом V имеется газ массой m . Определить удельный объем и плотность газа. Варианты задания представлены в табл. 1.1.

Таблица 1.1

№ варианта	$V, \text{ м}^3$	$m, \text{ кг}$
1	1,0	1,5
2	1,5	2,0
3	2,0	3,0
4	2,5	4,0
5	3,0	5,0
6	3,5	6,0

7	4,0	7,0
8	4,5	8,0
9	5,0	9,0
10	5,5	9,5

Задача 1.2. Определить абсолютное давление в сосуде, если показания манометра составляют $P_{изб}$, а барометрическое давление равно P_0 . Абсолютное давление выразить в МПа. Варианты задания представлены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

№ варианта	$P_{изб}$, кгс/см ²	P_0 , мм.рт.ст
1	1,7	743
2	2,1	730
3	2,25	731
4	1,89	740
5	3,5	775
6	4,3	752
7	5,2	765
8	6,9	750
9	8,7	720
10	12,9	715

Задача 1.3. Определить удельный объем газа, если абсолютное давление воздуха составляет P , а температура равна t . Варианты задания представлены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

№ варианта	газ	P , МПа	t , °C
1	воздух	2,3	270
2	азот	2,4	275
3	кислород	2,5	280
4	водород	2,8	290
5	окись углерода	2,7	295
6	двуокись углерода	2,6	300
7	метан	2,3	315
8	сернистый газ	2,5	305
9	водяной пар	2,8	310
10	этан	2,2	275

Задача 1.4. В цилиндрическом сосуде, имеющем внутренний диаметр 0,6 м, высоту 2,4 м, находится газ при температуре t и избыточном давлении 0,765 МПа. Барометрическое давление составляет 101858 Па. Определить массу газа. Варианты задания представлены в табл. 1.4.

Таблица 1.4

№ варианта	газ	$t, ^\circ\text{C}$
1	воздух	18
2	азот	20
3	кислород	40
4	водород	50
5	окись углерода	60
6	двуокись углерода	30
7	метан	45
8	сернистый газ	35
9	водяной пар	25
10	этан	55

Задача 1.5. В сосуде объемом $0,5 \text{ м}^3$ находится газ при избыточном давлении $P_{изб}$ и температуре t . Сколько кг газа нужно откачать из сосуда, чтобы разрежение в нем составило 56 кПа при условии, что температура в сосуде не изменится. Атмосферное давление равно 768 мм.рт.ст. Варианты задания представлены в табл. 1.5.

Таблица 1.5

№ варианта	газ	$P_{изб}, \text{МПа}$	$t, ^\circ\text{C}$
1	воздух	0,22	29,0
2	азот	1,25	35,0
3	кислород	0,32	100
4	водород	0,55	120
5	окись углерода	0,40	200
6	двуокись углерода	0,45	130
7	метан	0,50	150
8	сернистый газ	0,65	70,0
9	водяной пар	0,70	90,0
10	этан	0,20	120

ЗАНЯТИЕ 2

Смесь идеальных газов

Контрольные задания

Задача 2.1. Определить среднюю молекулярную массу сухого атмосферного воздуха по известному объемному составу. Варианты задания

представлены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

№ варианта	Объемные доли смеси (атмосферного воздуха), %		
	CO ₂	N ₂	O ₂
1	20	50	30
2	50	50	–
3	30	50	20
4	79	–	21
5	50	15	35
6	–	30	70
7	25	15	60
8	45	15	40
9	55	20	25
10	30	–	70

Задача 2.2. По известному объемному составу газовой смеси и ее параметрам – давлению P_1 и температуре t_1 определить: среднюю молекулярную массу и газовую постоянную смеси; плотность и удельный объем при заданных и нормальных условиях; парциальное давление N₂. Варианты задания представлены в табл. 2.2

Таблица 2.2

№ варианта	Объемные доли газовой смеси, %				P_1 , МПа	t_1 , °C
	CO ₂	H ₂ O	N ₂	O ₂		
1	–	10	72	18	0,12	140
2	20	–	68	12	0,14	160
3	25	15	60	–	0,16	180
4	15	–	75	10	0,11	220
5	–	12	65	23	0,15	170
6	–	18	50	32	0,17	230
7	32	13	55	–	0,19	240
8	–	8	62	30	0,16	260
9	10	–	79	11	0,18	280
10	25	15	60	–	0,18	230

ЗАНЯТИЕ 3

Теплоемкость газов

Контрольные задания

Задача 3.1. Рассчитать количество тепла, которое необходимо для изобарного нагрева 5 м^3 газа, находящегося под давлением P при начальной температуре t_1 до $t_2 = 700 \text{ °C}$. Теплоемкость газа определить из теплофизических таблиц как среднюю арифметическую для начальной и конечной температур газа. Варианты задания представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

№ варианта	газ	$t_1, \text{ °C}$	$P, \text{ МПа}$
1	воздух	100	0,1
2	азот	400	0,4
3	кислород	300	0,3
4	водород	500	0,5
5	окись углерода	150	0,15
6	двуокись углерода	200	0,2
7	азот	450	0,45
8	сернистый газ	350	0,4
9	водяной пар	250	0,25
10	кислород	600	0,6

Теплоемкости различных газов в зависимости от температуры даны в приложении 3.

Задача 3.2. Воздух, имеющий начальные параметры P_1 , V_1 и t_1 , нагревается при постоянном объеме до t_2 . Определить массу воздуха и количество подводимой теплоты. Варианты задания представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

№ варианта	$V_1, \text{ м}^3$	$t_1, \text{ °C}$	$t_2, \text{ °C}$	$P, \text{ МПа}$
1	0,3	50	250	0,5
2	0,4	100	300	1
3	0,5	150	350	1,5
4	0,6	200	400	2
5	0,7	250	450	2,5
6	0,8	300	500	3
7	0,9	350	550	3,5
8	1,0	400	600	4
9	1,1	450	650	4,5
10	1,2	500	700	5

Задача 3.3. Рассчитать массовую изобарную теплоемкость газа согласно молекулярно-кинетической теории.

Сравнить полученный результат с табличным значением теплоемкости при 0 °С и объяснить возможные причины расхождения. Варианты задания представлены в табл. 3.3.

Таблица 3.3

№ варианта	газ
1	воздух
2	азот
3	кислород
4	водород
5	окись углерода
6	двуокись углерода
7	метан
8	сернистый газ
9	водяной пар
10	этан

Задача 3.4. В цилиндре с поршнем, первоначальный объем которого равен V , находится идеальный газ при температуре t_1 . В изобарном процессе при абсолютном давлении $P_{абс} = 0,65$ МПа от газов отводится теплота. В конце процесса температура снижается до $t_2 = 0$ °С. Определить работу расширения в кДж. Варианты задания представлены в табл. 3.4.

Таблица 3.4

№ варианта	t_1 , °С	V , л
1	275	5000
2	234	3500
3	147	3800
4	368	2800
5	353	1800
6	267	1200
7	143	1500
8	280	1650
9	164	1400
10	126	1300

ЗАНЯТИЕ 4

Первый закон термодинамики

Контрольные задания

Задача 4.1. Определить изменение внутренней энергии газа массой 20 кг, если температура его в результате нагрева повысилась от t_1 до t_2 . Варианты задания представлены в табл. 4.1.

Таблица 4.1

№ варианта	газ	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
1	воздух	25	500
2	азот	100	600
3	кислород	50	700
4	водород	150	800
5	окись углерода	200	900
6	двуокись углерода	0	1000
7	кислород	25	400
8	окись углерода	100	300
9	воздух	150	700
10	водород	200	800

Задача 4.2. Газ объемом V , находящийся в нормальных условиях, нагревается до температуры t $^\circ\text{C}$. Определить количество тепла, затраченного на нагрев газа. Температурную зависимость считать линейной. Варианты задания представлены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

№ варианта	газ	$V, \text{л}$	$t, ^\circ\text{C}$
1	2	3	4
1	воздух	300	290
2	азот	350	280
3	кислород	250	300
4	водород	240	180

1	2	3	4
5	окись углерода	150	190
6	двуокись углерода	180	200
7	метан	200	250
8	сернистый газ	240	220
9	водяной пар	330	210
10	этан	300	180

Задача 4.3. В закрытом сосуде объемом V находится газ при нормальных условиях. В результате нагрева температура газа повысилась до t °С. Определите давление в нагретом сосуде, изменение внутренней энергии газа, работу расширения и полезную работу, количество теплоты. Температурную зависимость теплоемкости считать постоянной. Варианты решений представлены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

№ варианта	газ	V , л	t , °С
1	воздух	1200	170
2	азот	1100	140
3	кислород	1000	200
4	водород	1400	170
5	окись углерода	1800	150
6	двуокись углерода	1300	160
7	метан	1400	140
8	сернистый газ	1500	180
9	водяной пар	1700	190
10	этан	1600	110

ЗАНЯТИЕ 5

Основные термодинамические процессы идеальных газов

Контрольные задания

Какие процессы называются изобарными, изотермическими, изохорными, адиабатными? Напишите уравнения этих процессов. Изобразите эти процессы в PV - и Ts -диаграммах.

Задача 5.1. Воздух объемом V_1 и начальным абсолютным давлением P_1 , был сжат до конечного давления P_2 . Определите конечный объем, работу расширения, считая процесс сжатия: а) адиабатным; б) изотермическим. Варианты задания представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

№ варианта	V , м ³	P_1 , МПа	P_2 , кгс/см ²
1	4	0,6	20,4

2	9	0,8	23,8
3	8	0,7	26,0
4	7	0,5	30,6
5	6	0,4	34,0
6	5	0,9	29,0
7	3	0,8	22,0
8	6	0,7	29,9
9	9	0,5	25,0
10	8	0,7	24,0

Задача 5.2. При адиабатном сжатии V азота с температурой t_1 объем газа уменьшается в n раз. Определите изменение внутренней энергии и энтальпии газа, если масса газа равна M . Варианты задания представлены в табл. 5.2.

Таблица 5.2

№ варианта	$V, \text{ м}^3$	$n, \text{ раз}$	$t, ^\circ\text{C}$	$M, \text{ кг}$
1	4	2	19	2
2	9	3	20	3
3	8	4	18	4
4	7	5	16	5
5	6	3	17	6
6	5	6	16	7
7	3	2	15	3
8	6	4	12	5
9	9	3	13	6
10	8	5	17	2

Задача 5.3. Воздух, объемом V , с начальным давлением P_1 и температурой t_1 сжимается при постоянной температуре до конечного давления P_2 . Определить конечный объем, затраченную на сжатие работу и количество тепла, которое необходимо отвести от газа. Варианты задания представлены в табл. 5.3.

Таблица 5.3

№ варианта	$V, \text{ м}^3$	$P_1, \text{ бар}$	$P_2, \text{ МПа}$	$t, ^\circ\text{C}$
1	3	0,5	0,6	18
2	4	0,6	0,7	19
3	5	0,7	0,5	17
4	6	0,9	0,4	14

5	3	0,5	0,5	15
6	2	0,4	0,7	13
7	7	0,6	0,5	17
8	8	0,6	0,4	20
9	4	0,5	0,3	21
10	6	0,3	0,2	23

ЗАНЯТИЕ 6

Второй закон термодинамики. Энтродия идеального газа

Контрольные задания

Дайте формулировку второго закона термодинамики. Приведите формулы для расчета изменения энтропии в изохорном, изобарном, изотермическом, адиабатном и политропном процессах.

Задача 6.1. Определить энтропию 1 кг кислорода при давлении, равном P , и температуре t . Теплоемкость считать постоянной. Варианты задания представлены в табл. 6.1.

Таблица 6.1

№ варианта	P , бар	t , °C
1	7,0	230
2	7,1	235
3	7,2	240
4	7,4	260
5	7,5	255
6	7,6	275
7	7,8	280
8	7,9	290
9	8,0	285
10	8,2	275

Задача 6.2. Воздух объемом V , находящийся в нормальных условиях, сжимается до конечной температуры t . Определить значение энтропии в конце каждого процесса при условии, что сжатие производится: а) по изохоре; б) по адиабате; в) по политропе с показателем политропы $n = 2,2$. Значение энтропии при нормальных условиях считать равным нулю, а теплоемкость воздуха считать постоянной. Варианты задания представлены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

№ варианта	t , °C
1	2

1	380
2	390
3	400
4	420
5	440
6	410
7	420
8	430
9	450
10	460

Задача 6.3. В процессе политропного расширения воздуха температура его уменьшилась от начальной температуры t_1 до конечной температуры t_2 . Начальное давление воздуха равно P_1 , а масса воздуха равна M . Определить изменение энтропии в этом процессе, если количество подведенной к воздуху теплоты равно Q . Варианты задания представлены в табл. 6.3.

Таблица 6.3

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	P_1 , бар	M , кг	Q , кДж
1	20	–32	5,5	1,8	80
2	23	–34	5,3	2,0	90
3	25	–35	4,5	3,0	85
4	24	–38	5,6	3,2	95
5	26	–35	5,8	4,0	94
6	28	–30	5,9	2,9	87
7	27	–33	4,8	3,0	90
8	29	–31	4,9	3,3	100
9	30	–37	4,0	4,0	120
10	32	–36	4,4	4,4	132

ЗАНЯТИЕ 7

Реальные газы. Водяной пар

Контрольные задания

Покажите на Pv -, Ts -, hs -диаграммах области воды, влажного сухого и перегретого пара, пограничные кривые жидкости и сухого насыщенного пара. Как меняется температура кипения жидкости при повышении давления?

Задача 7.1. Сколько воды содержится во влажном насыщенном паре, если его степень сухости равна x , а масса пара составляет M . Варианты задания представлены в табл. 7.1.

Таблица 7.1

№ варианта	x	M , кг
1	2	3
1	0,1	2
2	0,4	3
3	0,5	6
4	0,3	4
5	0,8	5
6	0,9	8
7	0,7	6
8	0,6	4
9	0,4	5
10	0,9	6

Задача 7.2. В паровом котле объемом V находится вода массой M и пар при давлении P и температуре, равной температуре насыщения. Определить массу воды и массу сухого насыщенного пара, находящегося в котле. Варианты задания представлены в табл. 7.2.

Таблица 7.2

№ варианта	V , м ³	M , кг	P , бар
1	12,0	3000	31
2	12,5	3100	32
3	13,5	3400	33
4	14,0	3450	34
5	15,0	2500	35
6	14,0	2300	36
7	13,5	2700	37
8	17,0	4000	38
9	16,0	4500	39
10	15,5	3500	40

Задача 7.3. Влажный пар имеет при давлении P бар степень сухости x_1 . Какое количество тепла необходимо сообщить 1 кг пара, чтобы довести его степень сухости при постоянном давлении до x_2 . Варианты задания представлены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

№ варианта	P , бар	x_1	x_2
1	12,0	0,2	0,70
2	12,5	0,1	0,75
3	13,0	0,3	0,65

4	14,0	0,4	0,60
5	13,5	0,5	0,90
6	15,0	0,4	1,00
7	15,5	0,3	0,95
8	16,0	0,4	0,90
9	16,5	0,1	0,80
10	17,0	0,2	0,75

ЗАНЯТИЕ 8

Влажный воздух

Контрольные задания

Что называется насыщенным и ненасыщенным влажным воздухом, назовите основные параметры влажного воздуха, напишите основное уравнение состояния влажного воздуха.

Задача 8.1. Определить с помощью h -диаграммы влажного воздуха недостающие параметры влажного воздуха в процессе его нагревания от температуры t_1 до температуры t_2 , с последующей сушкой воздуха до температуры t_3 . Процесс сушки считать идеальным. Варианты задания представлены в табл. 8.1.

Таблица 8.1

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$	$h_2, \text{кДж/кг}$	$\varphi_1, \%$	$\varphi_2, \%$	$\varphi_3, \%$	$d_1, \text{г/кг}$	$d_3, \text{г/кг}$
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
1	15	54	30		15				
2	16	55	31		16				
3	17	56	36		17				
4	18	57	34		20				
5	19	58	35		15				
6	20	59	33		16				
7	21	60	30		25				
8	22	61	32		18				

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
9	23	62	36		20				
10	24	63	31		25				

Задача 8.2. Для сушки используется воздух с температурой t_1 и относительной влажностью φ_1 . В калорифере воздух нагревается до температуры t_2 и направляется в сушилку, откуда выходит с температурой t_3 . Определить конечное влагосодержание и расход воздуха и тепла, затраченного на испа-

рение 1 кг влаги. Варианты задания представлены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$\varphi_1, \%$	$t_2, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$
1	10	40	40	20
2	12	45	45	25
3	14	50	50	35
4	8	60	60	40
5	10	35	35	15
6	11	40	40	20
7	8	45	45	25
8	12	55	55	30
9	13	45	45	20
10	14	40	40	25

Задача 8.3. Воздух массой $m_в$ с температурой $t_в$ и относительной влажностью $\varphi_в$ увлажняется насыщенным водяным паром массой m_n с парциальным давлением P_n . Определить конечные параметры увлажненного воздуха (h_k, d_k). При решении задачи применить таблицы теплофизических свойств водяного пара и h - d -диаграмму влажного воздуха. Варианты задания представлены в табл. 8.3.

Таблица 8.3

№ варианта	$m_в, \text{кг}$	$t_в, ^\circ\text{C}$	$\varphi_в, \%$	$m_n, \text{кг}$	$P_n, \text{МПа}$
1	400	18	15	1,5	0,20
2	410	19	20	1,6	0,30
3	420	20	25	1,9	0,15
4	430	22	18	2,0	0,18
5	440	24	15	1,5	0,22
6	410	25	18	1,4	0,30
7	430	18	22	1,2	0,50
8	425	25	28	1,0	0,22
9	375	24	30	1,8	0,30
10	400	20	25	1,6	0,25

Критерии оценки практических занятий(3сем.)

Практическая работа оценивается на **«отлично» от 37 до 40 баллов:** если из 26 задач 24- выполнены правильно, а в двух задачах имеются недочеты.

Практическая работа оценивается на **«хорошо» от 29 до 36 баллов:** если 19-23 задачи выполнены правильно, а в других задачах имеются недочеты.

Практическая работа оценивается на «*удовлетворительно*» от 22 до 28 баллов: если 14-18 задач выполнены правильно, а в других задачах имеются недочеты, или допущена ошибка.

Практическая работа оценивается на «*неудовлетворительно*»: если выполнены правильно менее 14 задач.

Комплект заданий для практических занятий

. При изучении дисциплины в 4 семестре предусматривается выполнение **19 задач**:

Семестр 4

ЗАНЯТИЕ 9

Истечение газов и паров

Контрольные задания

Напишите первый закон термодинамики для потока движущегося газа. Что называется критической скоростью и критическим давлением? Как изменяется скорость потока, давление, температура, энтропия газа после дросселирования? Какой параметр не меняется и почему? В чем заключается физический смысл дросселирующего эффекта Джоуля-Томпсона?

Задача 9.1. Воздух из резервуара с постоянным давлением P_1 и температурой t_1 вытекает в атмосферу через трубку с внутренним диаметром $d_{вн}$. Определить скорость истечения воздуха и его секундный расход. Наружное давление принять равным 1 бар. Процесс расширения газа считать адиабатным. Варианты задания представлены в табл. 9.1.

Таблица 9.1

№ варианта	P_1 , бар	t_1 , °C	$d_{вн}$, мм
1	90	14	7
2	95	15	6
3	98	17	8
4	100	16	4
5	97	18	6
6	93	19	4
7	89	15	8
8	85	12	9
9	95	10	6
10	100	20	5

Задача 9.2. В резервуаре, заполненном кислородом, поддерживают давление P_1 . Газ вытекает через суживающееся сопло в среду с давлением

P_{cp} . Начальная температура кислорода t_1 . Определить теоретическую скорость истечения, если площадь выходного сечения сопла равна f . Найти также теоретическую скорость истечения кислорода, его расход, если истечение будет происходить в атмосферу (барометрическое давление принять равным 1 бар). В обоих случаях истечение считать адиабатным. Варианты задания представлены в табл. 9.2.

Таблица 9.2

№ варианта	P_1 , бар	t_1 , °C	P_{cp} , МПа	f , мм ²
1	40	90	4,0	17
2	42	91	4,2	16
3	45	93	4,4	19
4	57	95	4,5	20
5	41	87	4,6	21
6	42	88	4,7	23
7	46	85	4,3	35
8	48	73	4,4	19
9	46	79	4,8	18
10	47	90	4,6	20

Задача 9.3. Давление воздуха при движении его по трубопроводу понижается вследствие местных сопротивлений от P_1 до P_2 . Начальная температура воздуха составляет t_1 . Определить изменение температуры и энтропии в данном процессе. Варианты задания представлены в табл. 9.3.

Таблица 9.3

№ варианта	P_1 , бар	P_2 , бар	t_1 , °C
1	7,0	5,0	18
2	7,2	5,1	19
3	7,3	5,2	17
4	7,5	5,2	15
5	7,4	5,7	16
6	7,2	5,6	20
7	7,1	5,5	21
8	7,4	5,3	19
9	7,8	5,2	18
10	7,7	5,4	16

Задача 9.4. Водяной пар, находящийся при давлении P_1 и температуре t_1 дросселируется до конечного давления P_2 . Определить температуру пара в конце дросселирования и изменение температуры перегрева пара. Варианты задания представлены в табл. 9.4.

Таблица 9.4

№ варианта	P_1 , бар	P_2 , бар	t_1 , °C
1	20	12	240
2	19	11	250
3	18	10	230
4	16	9	200
5	17	7	190
6	15	6	180
7	19	9	220
8	17	8	240
9	18	7	230
10	16	5	210

ЗАНЯТИЕ 10**Теоретические циклы паротурбинных установок (ПТУ)****Контрольные задания**

Задача 10.1. Паросиловая установка работает по циклу Ренкина. Параметры начального состояния: температура равна t_1 , давление равно P_1 , давление в конденсаторе – P_2 . Определить термический к.п.д. цикла. Варианты задания представлены в табл. 10.1.

Таблица 10.1

№ варианта	t_1 , °C	P_1 , МПа	P_2 , бар
1	290	1,0	0,025
2	280	1,5	0,050
3	300	2,0	0,045
4	180	3,0	0,030
5	190	2,5	0,025
6	200	2,3	0,350
7	250	2,3	0,019
8	220	2,4	0,025
9	210	1,8	0,018
10	180	1,9	0,015

Примечание: решить задачу, используя hs - диаграмму

Задача 10.2. Путем сравнительного расчета доказать, что применение пара с высокими начальными параметрами и низким конечным давлением в цикле Ренкина повышает к.п.д. Варианты задания представлены в табл. 10.2

Таблица 10.2

№ варианта	P_1 , МПа	t_1 , °C	P_2 , кПа	P_1' , МПа	t_1' , °C	P_2' , кПа
1	2,0	290	80	7,0	450	3
2	3,0	280	70	6,0	500	2
3	2,2	300	60	5,5	480	5
4	2,5	280	50	6,8	520	4
5	3,5	390	65	13	470	5
6	4,0	400	75	7,5	600	6
7	4,5	350	70	8,0	560	2
8	5,0	320	45	10	550	4
9	4,8	310	55	11	450	3
10	3,6	480	65	12	490	2

Примечание: решить задачу, используя hs -диаграмму и теплофизические таблицы.

Задача 10.3. Паротурбинная установка работает по циклу Ренкина с перегретым паром при начальных параметрах: P_1 , t_1 , и конечном давлении P_2 . Определить термический к.п.д. цикла и удельный расход пара. Варианты задания представлены в табл. 10.3.

Таблица 10.3

№ варианта	P_1 , МПа	t_1 , °C	P_2 , бар
1	2,0	390	0,080
2	3,0	380	0,070
3	2,2	300	0,060
4	2,5	370	0,050
5	2,2	390	0,065
6	2,0	370	0,075
7	2,1	350	0,070
8	1,8	320	0,045
9	2,6	310	0,055
10	2,4	280	0,065

Примечание: решить задачу, используя hs -диаграмму и аналитические уравнения.

ЗАНЯТИЕ 11

Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС)

Контрольные задания

Задача 11.1. Для идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме определить параметры всех основных точек, полезную

удельную работу, удельное количество подведенной и отведенной теплоты, термический к.п.д. цикла, если даны P_1 , T_1 , ε , λ . Рабочим телом служит воздух, теплоемкость воздуха считать постоянной. Варианты задачи представлены в табл. 11.1.

Таблица 11.1

№ варианта	P_1 , МПа	T_1 , К	$\varepsilon = v_1/v_2$	$\lambda = P_3/P_2$
1	0,06	300	3,6	3,6
2	0,07	305	3,7	3,7
3	0,08	310	3,8	3,8
4	0,09	315	3,9	3,9
5	0,1	320	4,0	4,0
6	0,11	325	4,1	4,1
7	0,12	330	4,2	4,2
8	0,13	335	4,3	4,3
9	0,14	340	4,4	4,4
10	0,15	345	4,5	4,5

Примечание: при выполнении задачи необходимы следующие базовые знания по темам: а) основные термодинамические параметры; б) основные процессы идеальных газов; в) цикл ДВС с изохорным подводом тепла.

Задача 11.2. Для идеального цикла ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении определить параметры во всех основных точках цикла, полезную удельную работу, удельное количество подведенной и отведенной теплоты, термический к.п.д. цикла, если даны P_1 , T_1 , ε , ρ . Рабочим телом служит воздух, теплоемкость воздуха считать постоянной. Варианты задачи представлены в табл. 11.2.

Таблица 11.2

№ варианта	P_1 , МПа	T_1 , К	$\varepsilon = v_1/v_2$,	$\rho = v_3/v_2$
1	0,06	300	16	1,6
2	0,07	305	17	1,7
3	0,08	310	18	1,8
4	0,09	315	19	1,9
5	0,1	320	20	2,0
6	0,11	325	21	2,1
7	0,12	330	22	2,2
8	0,13	335	23	2,3
9	0,14	340	24	2,4
10	0,15	345	25	2,5

Примечание: при выполнении задачи необходимы знания по следующим темам: а) основные термодинамические параметры состояния; б) основные процессы идеальных газов; в) циклы ДВС с подводом теплоты при $P = \text{const}$.

Задача 11.3. Для идеального цикла ДВС со смешанным подводом теплоты определить основные параметры газа во всех основных точках, полезную удельную работу, удельное количество подведенной и отведенной теплоты, термический к.п.д. цикла, если даны начальное давление P_1 , начальная температура T_1 , а также основные характеристики цикла: ε , λ , ρ . Рабочее тело – воздух. Варианты задачи представлены в табл. 11.3.

Таблица 11.3

№ варианта	P_1 , МПа	T_1 , К	$\varepsilon = v_1/v_2$	$\lambda = P_3/P_2$	$\rho = v_3/v_2$
1	2	3	4	5	6
1	0,06	293	9,0	1,30	1,30
2	0,07	295	10,0	1,34	1,35
3	0,08	297	10,5	1,36	1,40
4	0,09	299	11,0	1,38	1,45
5	0,01	300	11,5	1,40	1,50
6	0,11	302	12,0	1,42	1,55
7	0,12	305	12,5	1,44	1,60

1	2	3	4	5	6
8	0,13	307	13,5	1,46	1,65
9	0,14	309	14,0	1,48	1,70
10	0,15	302	14,5	1,50	1,75

Примечание: при выполнении задачи необходимы следующие базовые знания по темам: а) основные термодинамические параметры; б) основные процессы идеальных газов; в) циклы ДВС со смешанным подводом тепла.

Задача 11.4. В цикле поршневого двигателя внутреннего сгорания со смешанным подводом тепла начальное давление P_1 , начальная температура t_1 . Количество подведенной в процесс теплоты q , а степень сжатия рабочего тела в цилиндре поршневого двигателя ε . Необходимо определить: какая часть тепла должна выделяться в процессе при $v = \text{const}$, если максимальное давление в системе составляет P_{\max} ? Рабочим телом считать воздух, теплоемкость которого постоянна. Варианты задачи представлены в табл. 11.4.

Таблица 11.4

№ варианта	P_1 , бар	t_1 , °С	$\varepsilon = v_1/v_2$	q , кДж/кг	P_{\max} , бар
1	0,6	65	9,0	1050	41
2	0,7	66	8,0	1060	42
3	0,8	67	10,5	1070	43
4	0,85	68	11,0	1080	44
5	0,90	69	10,0	1090	45
6	1,10	70	12,0	1100	46
7	1,25	71	12,5	1110	47

8	1,30	72	13,5	1200	48
9	1,45	73	14,0	1300	49
10	1,50	74	14,5	1400	50

Примечание: при выполнении задачи необходимы следующие базовые знания по темам: а) основные термодинамические параметры; б) основные процессы идеальных газов; в) циклы ДВС со смешанным подводом теплоты при $v = \text{const}$ и при $P = \text{const}$.

ЗАНЯТИЕ 12

Циклы газотурбинных установок (ГТУ)

Контрольные задания

Задача 12.1. Для идеального цикла ГТУ с подводом теплоты при $P = \text{const}$ определить параметры воздуха в характерных точках, работу расширения, сжатия, и полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический к.п.д. цикла. Начальные параметры воздуха: P_1 , T_1 , степень повышения давления в компрессоре $\beta = P_2/P_1$ и степень изобарного расширения $\rho = v_3/v_2$. Температура в точке 3 равна 1000 К, теплоемкость воздуха считать постоянной. Варианты задачи представлены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

№ варианта	P_1 , МПа	T_1 , К	$\beta = P_2/P_1$	$\rho = v_3/v_2$
1	0,091	280	8,00	800
2	0,092	285	8,50	850
3	0,093	290	9,00	900
4	0,095	295	9,50	950
5	0,100	300	10,0	1000
6	0,110	305	10,5	1050
7	0,120	310	11,0	1100
8	0,130	315	11,5	1150
9	0,140	320	12,0	1200
10	0,150	325	12,5	1250

Задача 12.2. Для идеального цикла ГТУ с подводом теплоты при $v = \text{const}$ определить параметры воздуха в характерных точках, работу расширения, сжатия, и полезную работу, количество подведенной и отведенной теплоты, термический к.п.д. цикла. Начальные параметры воздуха: P_1 , T_1 , степень увеличения давления в адиабатном процессе сжатия $\beta = P_2/P_1$. Температура в точке 3 равна 1000 К. Варианты задачи представлены в табл. 12.2.

Таблица 12.2

№ варианта	P_1 , МПа	T_1 , К	$\beta = P_2/P_1$	k
------------	-------------	-----------	-------------------	-----

1	0,091	280	8,00	1,40
2	0,092	285	8,50	1,35
3	0,093	290	9,00	1,38
4	0,095	295	9,50	1,40
5	0,100	300	10,0	1,40
6	0,110	305	10,5	1,38
7	0,120	310	11,0	1,35
8	0,130	315	11,5	1,40
9	0,140	320	12,0	1,60
10	0,150	325	12,5	1,40

Задача 12.3. Компрессор всасывает G воздуха при давлении на входе в компрессор P_1 и температуре T_1 . Давление на выходе из компрессора составляет P_2 . Провести исследование и выбрать наиболее оптимальный режим работы компрессора, если процессы сжатия: а) изотермический; б) адиабатный; в) политропный при $n = 2,5$. Степень сжатия компрессора $\beta = P_2/P_1$. Варианты задачи представлены в табл. 12.3.

Таблица 12.3

№ варианта	$G, \text{ м}^3$	$T_1, \text{ К}$	$P_1, \text{ МПа}$	$P_2, \text{ МПа}$
1	70	260	0,080	0,50
2	85	270	0,085	0,55
3	90	280	0,090	0,60
4	95	290	0,095	0,65
5	100	300	0,100	0,70
6	105	310	0,105	0,80
7	110	320	0,110	0,85
8	115	330	0,115	0,90
9	120	340	0,120	0,95
10	125	350	0,125	1,00

ЗАДАНИЕ 13

Теоретические циклы холодильных установок

Контрольные задания

Задача 13.1. Рассчитайте работу сжатия в компрессоре, если температура поступающего в компрессор воздуха составляет t_1 , а температура сжатого воздуха равна t_2 . Определить холодильный коэффициент идеального цикла воздушной холодильной установки. Теплоемкость воздуха считать постоянной. Варианты задачи представлены в табл. 13.1.

Таблица 13.1

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$
1	–10	25
2	–11	20
3	–12	21
4	–13	30
5	–14	29
6	–15	27
7	–15	25
8	–16	23
9	–17	22
10	–18	21

Задача 13.2. В компрессор воздушной установки поступает воздух из испарителя с параметрами P_1 , t_1 , после адиабатного сжатия в компрессоре воздух с давлением P_2 поступает на охлаждение в воздухоохладитель, где охлаждается до t_3 и поступает в детандер, в котором адиабатно расширяется и поступает в испаритель холодильной камеры. Определить температуру воздуха в холодильной камере, работу цикла, холодильный коэффициент ВХУ и цикла Карно. Варианты задачи представлены в табл. 13.2.

Таблица 13.2

№ варианта	P_1 , бар	$t_1, ^\circ\text{C}$	P_2 , бар	$t_3, ^\circ\text{C}$
1	1,0	–8	4,5	8
2	1,2	–9	4,6	9
3	1,3	–10	4,7	10
4	1,4	–11	4,8	12
5	1,5	–12	4,9	10
6	1,2	–13	5,0	11
7	1,3	–14	5,1	13
8	1,6	–10	5,2	14
9	1,5	–12	5,4	10
10	1,4	–11	4,9	9

Задача 13.3. Воздушная холодильная установка производит 198 кг/ч льда при температуре -6°C из воды с температурой 12°C . Воздух в компрессоре сжимается от давления P_1 до давления P_2 . Начальная температура воздуха равна t_1 . Сжатый воздух охлаждается в холодильнике до температуры t_3 . Определить часовой расход воздуха и потребляемую машиной мощность. Варианты задачи представлены в табл. 13.3.

Таблица 13.3

№ варианта	P_1 , бар	t_1 , °C	P_2 , бар	t_3 , °C
1	1,0	–8	4,5	30
2	1,2	–9	4,6	32
3	1,3	–10	4,7	36
4	1,4	–11	4,8	38
5	1,5	–12	4,9	34
6	1,2	–13	5,0	30
7	1,3	–14	5,1	28
8	1,6	–10	5,2	30
9	1,5	–12	5,4	34
10	1,4	–11	4,9	30

Задача 13.4. В компрессор холодильной установки поступает аммиак со степенью сухости x и температурой t_1 . После адиабатного сжатия в компрессоре аммиачный пар становится сухим насыщенным с температурой t_2 . При охлаждении сухого пара в конденсаторе температура охлаждающей воды повышается с t_{1w} до t_{2w} .

После дросселирования аммиак направляется в испаритель, где от него отводится теплота. Определить холодильный коэффициент цикла и массу охлаждающей воды в конденсаторе, если холодопроизводительность аммиачной холодильной установки равна Q_0 . Варианты задачи представлены в табл. 13.4.

Таблица 13.4

№ варианта	x	t_1 , °C	t_2 , °C	t_{1w} , °C	t_{2w} , °C	Q_0 , кВт
1	0,95	–10	20	12	22	50
2	0,96	–12	22	11	23	52
3	0,97	–13	23	10	20	55
4	0,95	–11	24	13	22	54
5	0,94	–14	21	12	24	52
6	0,95	–12	25	14	21	56
7	0,97	–16	27	10	24	57
8	0,98	–14	25	9	19	58
9	0,94	–15	24	8	18	60
10	0,95	–12	23	12	20	65

Задача 13.5. Аммиачная холодильная установка производительностью Q_0 работает при температуре испарения t_1 . Пар из испарителя выходит сухим насыщенным. Температура конденсации равна t_3 , причем конденсат переохлажден до температуры t . Определить холодильный коэффициент теорети-

ческого цикла, а также часовой расход холодильного агента (аммиака). Варианты задачи представлены в табл. 13.5.

Таблица 13.5

№ варианта	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_3, ^\circ\text{C}$	$Q_0, \text{кВт}$	$t, ^\circ\text{C}$
1	-10	26	112	21
2	-12	27	113	22
3	-13	28	114	23
4	-11	29	115	24
5	-14	31	116	25
6	-12	30	117	26
7	-16	32	118	27
8	-14	33	119	28
9	-15	34	120	29
10	-12	36	121	30

Критерии оценки практических занятий(4сем.)

Практическая работа оценивается на **«отлично» от 51 до 60 баллов:** если из 19 задач 16- выполнены правильно, а в трех задачах имеются недочеты.

Практическая работа оценивается на **«хорошо» от 45 до 50 баллов:** если 14-18 задач выполнены правильно, а в других задачах имеются недочеты.

Практическая работа оценивается на **«удовлетворительно» от 36 до 44 баллов:** если 10-13 задач выполнены правильно, а в других задачах имеются недочеты, или допущена ошибка.

Практическая работа оценивается на **«неудовлетворительно»:** если выполнены правильно менее 10 задач.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Нижекамский химико-технологический институт (филиал) федерального
государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

Факультет механический

Кафедра ПАХТ

**Экзаменационные вопросы
по дисциплине Б1.О.22 «Техническая термодинамика»**

1. Предмет технической термодинамики и ее задачи.
2. Понятие открытая, закрытая, адиабатная и равновесная система.
3. Основные термодинамические параметры состояния.
4. Основные законы идеальных газов. Универсальное уравнение состояния идеального газа.
5. Свойства реальных газов. Уравнение состояния Ван-дер-Ваальса.
6. Закон сохранения и превращения энергии. Аналитическое выражение 1 закона термодинамики.
7. Внутренняя энергия. Обратимые и необратимые процессы.
8. Энтальпия. Выражение 1 закона термодинамики через энтальпию.
9. Виды теплоемкости и связь между ними. Элементы молекулярно-кинетической теорий теплоемкости.
10. Энтропия. Вычисление энтропии идеального газа.
11. Тепловая TS-диаграмма.
12. Особенности PV- диаграммы водяного пара.
13. IS-диаграмма водяного пара.
14. Теплота парообразования. Процессы кипения, испарения.
15. Влажный воздух. Влагосодержание, абсолютная и относительная влажность, точка росы.
16. Газовые смеси. Закон Дальтона.
17. Термодинамические процессы идеальных газов. Изохорный процесса
18. Термодинамические процессы идеальных газов. Изобарный процесс.
19. Термодинамические процессы идеальных газов. Изотермический процесс.
20. Термодинамические процессы идеальных газов. Адиабатный процесс.
21. Термодинамические процессы идеальных газов. Политропный процесс.
42. Цикл абсорбционной холодильной установки.
22. Основные положения 2 закона термодинамики.
23. Круговые термодинамические процессы или циклы.
24. Термический КПД и холодильный коэффициент циклов.
25. Прямой обратимый цикл Карно.

26. Обратный обратимый цикл Карно.
27. Одноступенчатый и многоступенчатый компрессор. Индикаторная диаграмма.
28. Двигатели внутреннего сгорания. Характеристики цикла двигателя внутреннего сгорания.
29. Цикл ДВС с подводом теплоты в процессе $V = \text{const}$.
30. Цикл ДВС с подводом теплоты в процессе $P = \text{const}$.
31. Цикл ДВС со смешанным подводом количества теплоты.
32. Газотурбинные установки (ГТУ). Положительные стороны газотурбин и реактивных двигателей.
33. Цикл ГТУ с подводом количества теплоты в процессе $P = \text{const}$.
34. Цикл ГТУ с подводом количества теплоты в процессе $V = \text{const}$.
35. Метод повышения КПД ГТУ.
36. Циклы паротурбинных установок. Цикл Карно для водяного пара.
37. Цикл Ренкина. Влияние основных параметров на КПД цикла Ренкина.
38. Эффективный КПД паротурбинной установки.
39. Цикл холодильных установок. Цикл паровой компрессорной холодильной установки.
40. Цикл воздушной холодильной установки.
41. Цикл парожетекторной холодильной установки.

Критерии оценки знаний студентов на экзамене

Оценка «отлично» за ответ на *вопрос* выставляется, если интервал баллов рейтинга студента $12 \leq R < 14$ и студент:

- показал глубокие и всесторонние знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, основной и дополнительной литературой, требований к выполнению соответствующих физических законов ($7 \leq R < 10$);
- самостоятельно, логически стройно и последовательно излагает учебный материал, демонстрируя умение анализировать различные научные взгляды, аргументированно отстаивать собственную позицию ($1,6 \leq R < 1,8$);
- творчески связывает теоретические положения с практикой ($1,6 \leq R < 1,8$);
- обладает культурой речи ($1,6 \leq R < 1,8$).

Оценка «хорошо» за ответ на *вопрос* выставляется, если интервал баллов рейтинга студента $10 \leq R < 12$ и студент:

- показывает твердые и достаточно полные знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, уверенно ориентируется в основной литературе, знает требования к физическим законам ($6,6 \leq R < 7,2$);
- самостоятельно и последовательно излагает учебный материал, предпринимает попытки анализировать различные научные взгляды и обосновать собственную позицию, при этом допускает незначительные ошибки ($1,3 \leq R < 1,6$);
- умеет связывать теоретические положения с практической деятельностью ($1,3 \leq R < 1,6$);
- отличается развитой речью ($1,3 \leq R < 1,6$).

Оценка «удовлетворительно» за ответ на *вопрос* выставляется, если интервал баллов рейтинга студента $8 \leq R < 10$ и студент:

- показывает твердые знания по вопросу билета в соответствии с учебной программой, ориентируется лишь в некоторых литературных источниках, знает отдельные требования к физическим законам ($4,0 \leq R < 5,3$);

- учебный материал излагает репродуктивно, допуская некоторые ошибки ($1 \leq R < 1,3$);

- предпринимает попытки анализировать различные научные взгляды, обосновать собственную позицию по требованию преподавателя ($1 \leq R < 1,3$);

- с трудом умеет установить связь теоретических положений с практикой ($1 \leq R < 1,3$);

- речь не всегда логична и последовательна ($1 \leq R < 1,3$).

Оценка «неудовлетворительно» за ответ на *вопрос* выставляется, если рейтинг студента $R < 8$ баллов и студент:

- демонстрирует незнание основных положений вопроса билета ($R < 4$);

- не ориентируется в основных литературных источниках ($R < 1$);

- не знает требований к соответствующим физическим законам ($R < 1$);

- не в состоянии дать самостоятельный ответ на вопросы, обосновать собственную позицию ($R < 1$);

- не умеет устанавливать связь теоретических положений с практикой ($R < 1$);

- речь слабо развита и маловыразительна ($R < 1$).

Оценка знаний студентов на экзамене выставляется по результатам ответов на три вопроса билета:

- «отлично», если интервал рейтинга за экзамен составляет $32 \leq R < 40$;

- «хорошо», если интервал рейтинга за экзамен составляет $28 \leq R < 32$;

- «удовлетворительно», если интервал рейтинга за экзамен составляет $24 \leq R < 28$;

- «неудовлетворительно», если интервал рейтинга $R < 24$ балла.