

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

\_\_\_\_\_ 2022 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

**Б1.В.12 «Техническая термодинамика»**

(код и наименование дисциплины (модуля))

**20.03.01 «Техносферная безопасность»**

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

**«Безопасность технологических процессов и производств»**

(наименование профиля/специализации)

бакалавр

(квалификация)

Форма обучения очно-заочная/заочная

Нижнекамск, 2022

Составитель ФОС:

Доцент

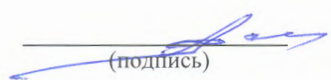
(должность)

  
(подпись)

А.А.Сагдеев\_  
(Ф.И.О)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры ПАХТ,  
протокол от 06 04 2022г. № 4

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Д.Н.Латыпов\_  
(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП Латыпов Д. Н. зав. каф. ПАХТ

Ф.И.О., должность, организация, подпись



### ***Перечень компетенций с указанием уровней их формирования***

*Компетенция:*

УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

УК-2.1 Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность

УК-2.2 Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, анализировать и выбирать альтернативные способы решения; оценивать ресурсы и ограничения и соблюдать правовые нормы при достижении профессиональных результатов

УК-2.3 Владеет навыками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией

<b><i>Индекс Компетенции</i></b>	<b><i>Содержание компетенции</i></b>	<b><i>Лекции</i></b>	<b><i>Практические занятия</i></b>	<b><i>Лабораторные занятия</i></b>	<b><i>Наименование оценочного средства</i></b>
УК-2.1	Знает виды ресурсов и ограничений для решения профессиональных задач; основные методы оценки разных способов решения задач; действующее законодательство и правовые нормы, регулирующие профессиональную деятельность	<b><i>Тема 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10</i></b>	-	<b><i>Тема 5,6</i></b>	Тест.  Лабораторные работы.  Реферат.  Контрольная работа
УК-2.2	Умеет определять круг задач в рамках поставленной цели, анализировать и выбирать альтернативные способы решения; оценивать ресурсы и ограничения и соблюдать правовые	<b><i>Тема 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10</i></b>	-	<b><i>Тема 5,6</i></b>	Тест.  Лабораторные работы.  Реферат.

	нормы при достижении профессиональных результатов				Контрольная работа
УК-2.3.	Владеет навыками разработки цели и задач проекта; методами оценки потребности в ресурсах, продолжительности и стоимости проекта; навыками работы с нормативно-правовой документацией	<b>Тема 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10</b>		<b>Тема 5,6</b>	Тест.  Лабораторные работы.  Реферат.  Контрольная работа

***Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)***

<b>Форма обучения</b>	<b>Наименование оценочных средств</b>	<b>Количество баллов</b>
Очно-заочная	Тест	max 20 - min 10
	Реферат	max 20 - min 10
	Лабораторные работы	max 60 - min 40
	итого	max 100 - min 60
	<b><i>Форма контроля –диф. зачет</i></b>	

<b>Форма обучения</b>	<b>Наименование оценочных средств</b>	<b>Количество баллов</b>
заочная		
	Контрольная работа	max 20 - min 10
	Реферат	max 20 - min 10
	Лабораторные работы	max 60 - min 40
	итого	max 100 - min 60
	<b><i>Форма контроля –диф. зачет</i></b>	

### *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 средства

<i>№ п/п</i>	<i>Наименование оценочного средства</i>	<i>Краткая характеристика оценочного средства</i>	<i>Представление оценочного средства в фонде</i>
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
1.	Лабораторная работа	<p>Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта.</p> <p>Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования</p>	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы
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
4	Контрольная работа	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.	Комплект контрольных заданий по вариантам



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*

**Б1.В.12 «Техническая термодинамика»**

(код и наименование дисциплины (модуля))

**20.03.01 «Техносферная безопасность»**

**Тест**

**по дисциплине Б1.В.12 «Техническая термодинамика»**

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 бар | 2) 2 МПа   |
| 3) 20 МПа  | 4) 200 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)  $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ; 2)  $\frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$ ; 3)  $\frac{\text{Вт}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ ; 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)  $RV = RT$ .

8. Отметьте правильное выражение для закона Бойля-Мариотта:

1)  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{p_1}{p_2}$ ; 2)  $\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{p_2}{p_1}$ ; 3)  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{p_2}{p_1}$ ; 4)  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1}$ .

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)  $p\nu$  - диаграмма реального вещества;
- 2)  $p\nu$  - диаграмма идеального вещества;
- 3)  $Ts$  – диаграмма влажного пара;
- 4)  $is$  – диаграмма влажного воздуха.

11. Укажите аналитическое выражение I закона термодинамики:

- 1)  $dq = du + dl$ ;      2)  $du = dq + dl$ ;  
 3)  $dq = di - \nu dp$ ;      4)  $dq = di - p d\nu$ .

12. Укажите правильные выражения, устанавливающие связь между теплоемкостями:

- 1)  $C_p = C'_p \cdot \nu_0 = \frac{\mu C_p}{\mu}$ ;    2)  $C'_p = \frac{C_p}{\rho}$ ;  
 3)  $C_p - C_v = R$ ;      4)  $C_p = C_v - R$ ;  
 5)  $C_v = \frac{C'_v}{\rho_0} = \frac{\mu C_v}{\mu}$ ;      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)  $dq = p \cdot d\nu$ ;  
 2)  $du = -p \cdot d\nu$ ;  
 3)  $dq = du$ ;  
 4)  $du = -\nu \cdot dp$ .

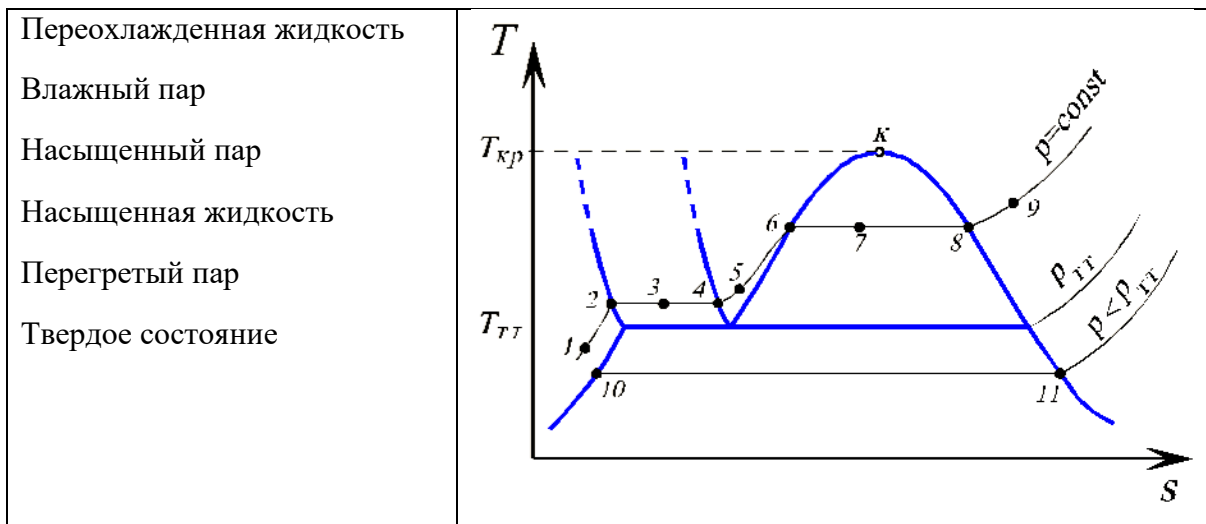
14. Укажите выражение, определяющее величину холодильного коэффициента обратного термодинамического цикла:

- 1)  $\varepsilon = \frac{q_2}{l}$ ;      2)  $\varepsilon = \frac{q_1}{l}$ ;  
 3)  $\varepsilon = \frac{l}{q_1}$ ;      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  $T_s$  – диаграмме отмечены точки 1, 2, 3, 4, 5. Какому состоянию вещества соответствуют положения точек 1 и 2.



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:

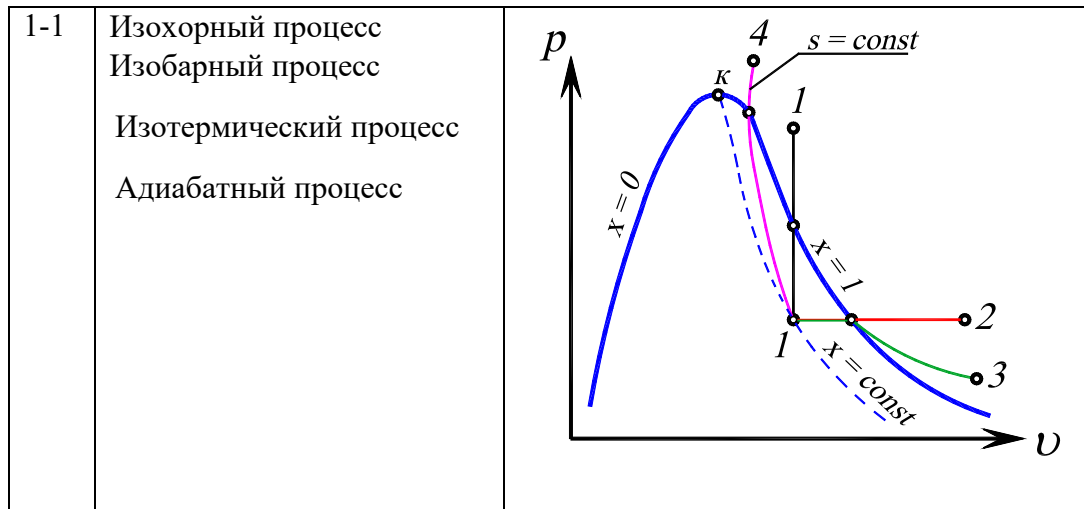
- 1) какое количество теплоты отнимается от холодного источника при затратах одной единицы работы;
- 2) отношение количества теплоты, превращенной в положительную работу за один цикл, по всей теплоте, подведенной к рабочему телу;
- 3) отношение количества теплоты, превращенной в положительную работу 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:

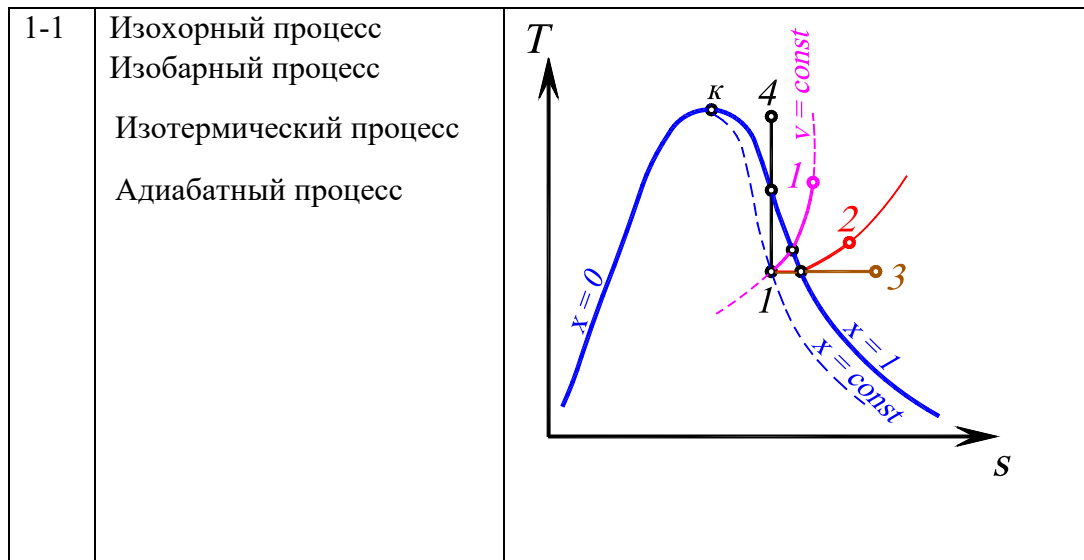
- а) исчезает различие между жидкостью и паром;
- б) находятся в равновесии три фазы однородного вещества;
- в) осуществляется переход твердого вещества непосредственно в пар;
- г) процесс превращения вещества из жидкого состояния в парообразное

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.



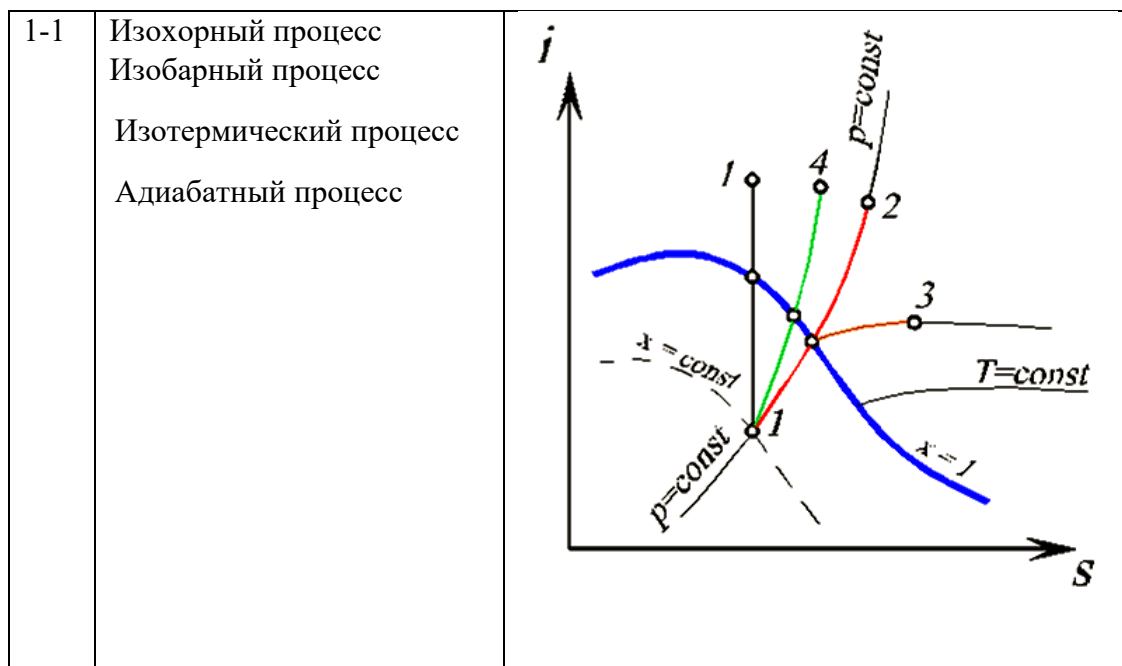
21. На Ts-диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1 - 1; 1 - 2; 1 - 3 и 1 - 4. Укажите соответствие между процессом 1-1 и его названием.



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.

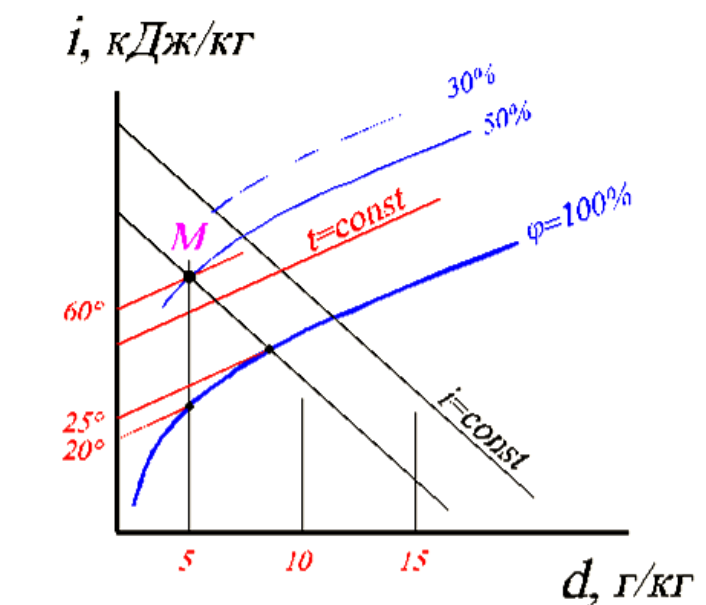


24. Укажите, как определяется количество теплоты в изохорном процессе.

- 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  $i$ - $d$  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;

$$3) \frac{H}{m^2}; \quad 4) \frac{Дж}{с}.$$

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  $R_m$ :

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

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:

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

9. 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.

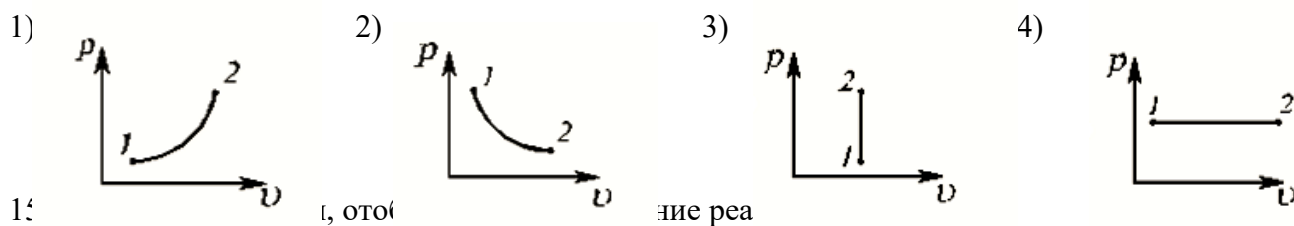
12. Укажите уравнение Майера:

- 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.



- 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).

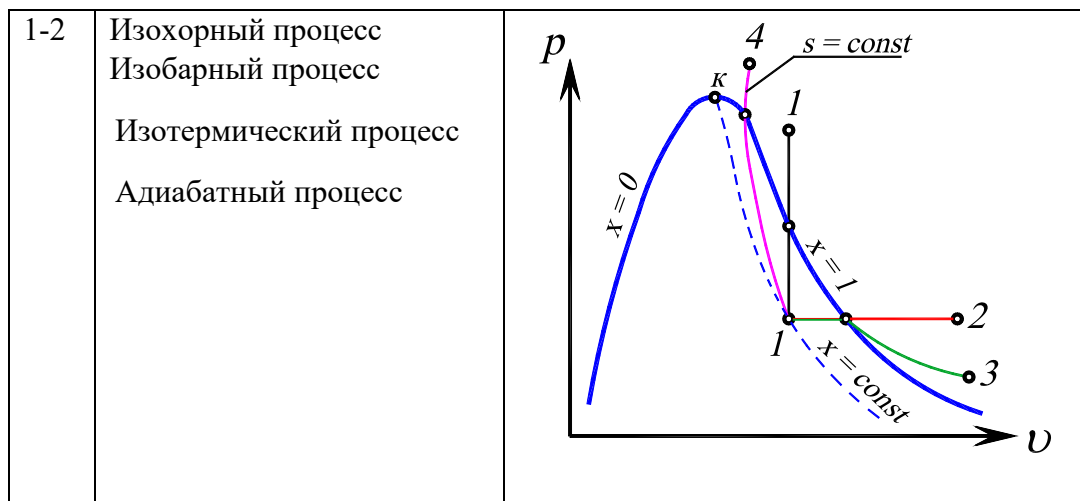
18. Переход вещества из твердого состояния в жидкое называют:

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

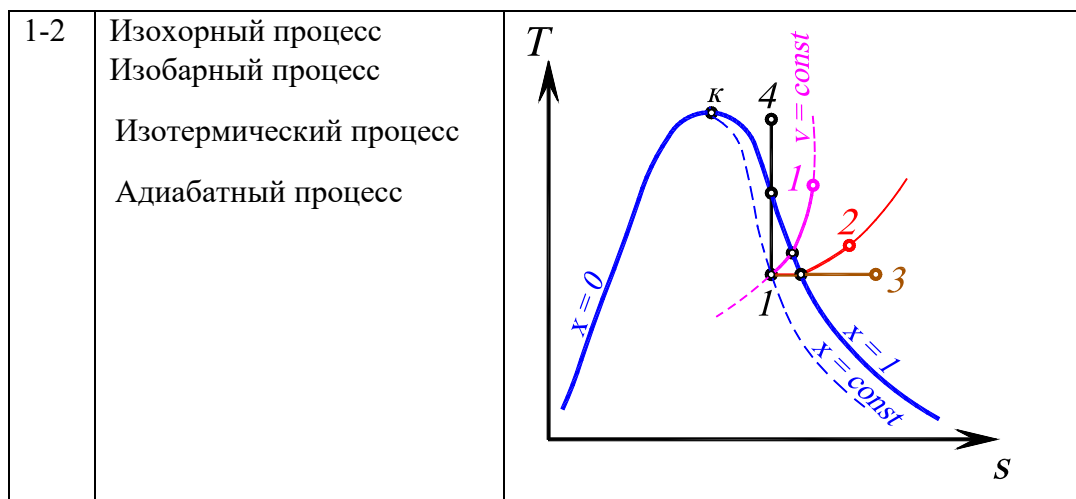
19. Цикл Карно состоит из  $2^x$  адиабатных процессов и  $2^x$ :

- 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.



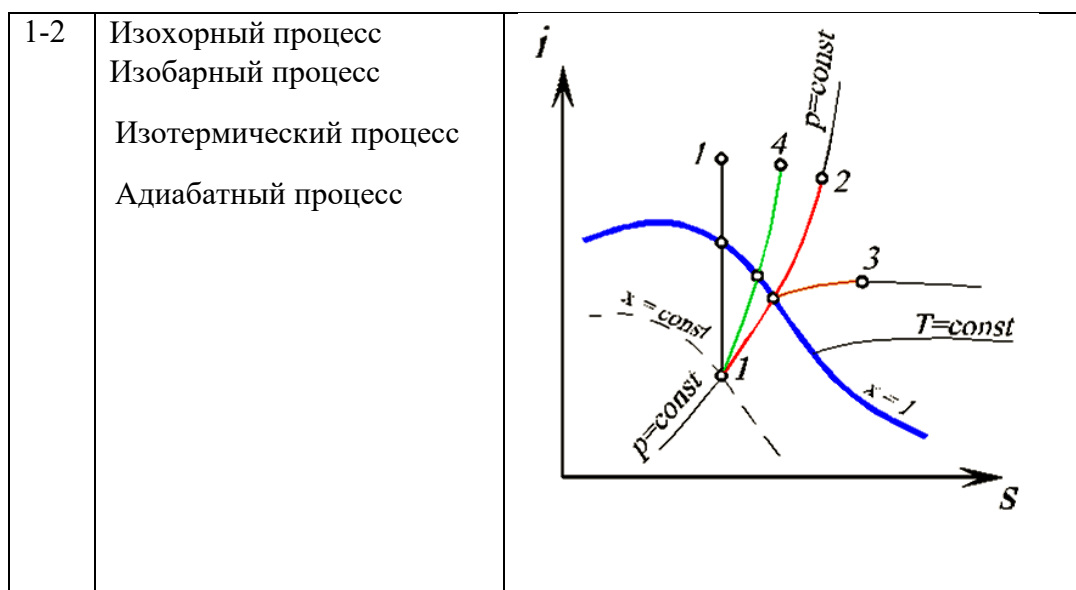
21. На  $T$ - $s$ -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса:  $1-1$ ;  $1-2$ ;  $1-3$  и  $1-4$ . Укажите соответствие между процессом  $1-2$  и его названием.



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 их названием.



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

- 1)  $q = u_2 - u_1 = i_2 - i_1 - v(p_2 - p_1)$ ;
- 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.

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 сумма 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:

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

6. Аналитическое выражение I закона термодинамики для изохорного процесса:

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

7. Изменение энтальпии, выраженное через теплоемкость:

- $$\begin{array}{ll} 1) di = c_v dT; & 2) di = c_p dT; \\ 3) di = c_v + R; & 4) di = c_p + R \end{array}$$

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 1-го закона термодинамики для изохорного процесса:

1)  $dq = p \cdot dv$ ;

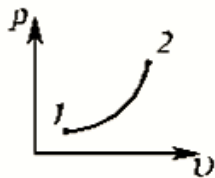
2)  $du = -p \cdot dv$ ;

3)  $dq = du$ ;

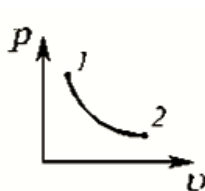
4)  $du = -v \cdot dp$ .

14. Отметьте правильное графическое изображение для закона Шарля.

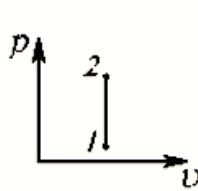
1)



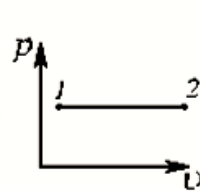
2)



3)



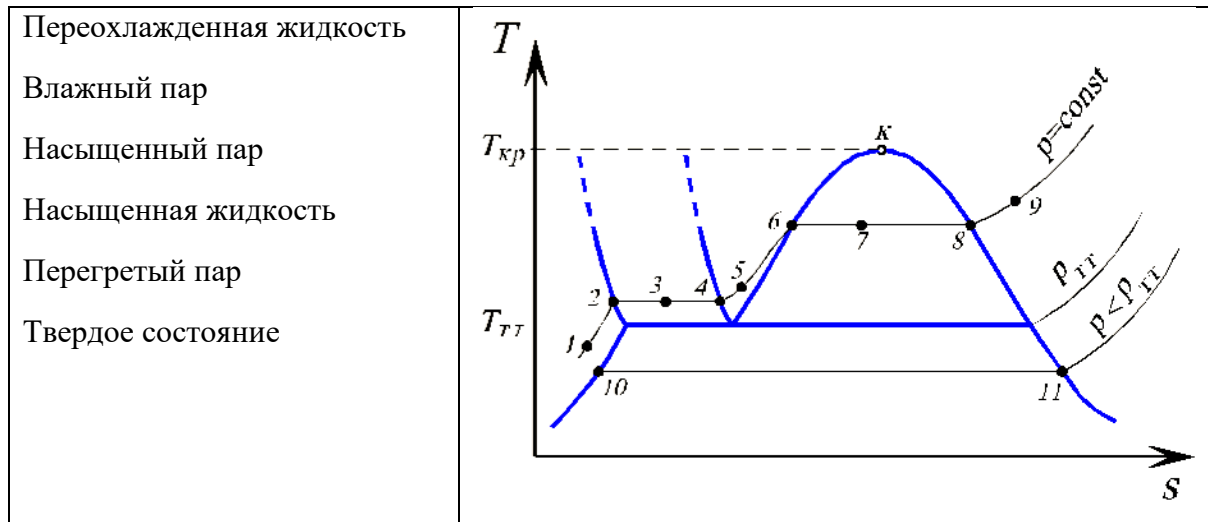
4)



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).

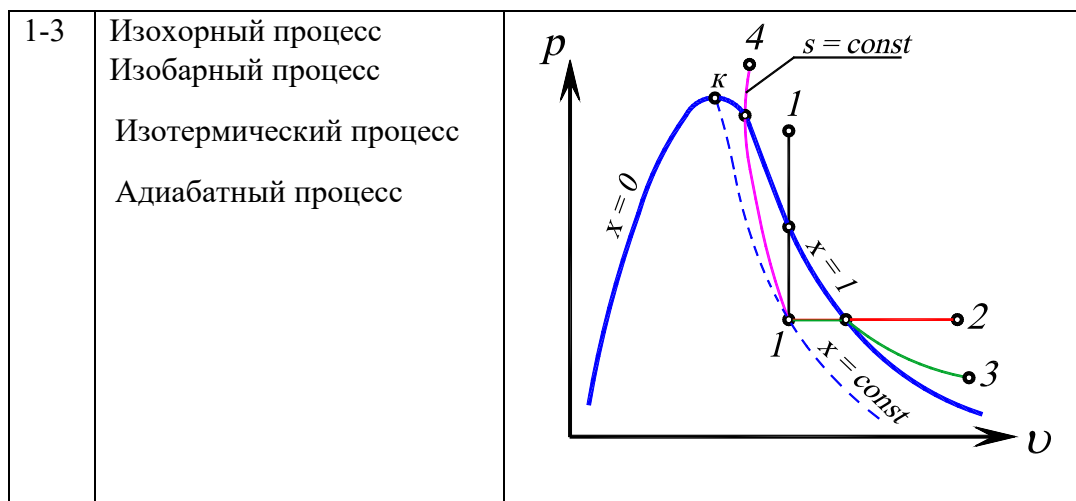
18. Отношение массы водяного пара во влажном воздухе к массе сухого воздуха в нем называют:

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

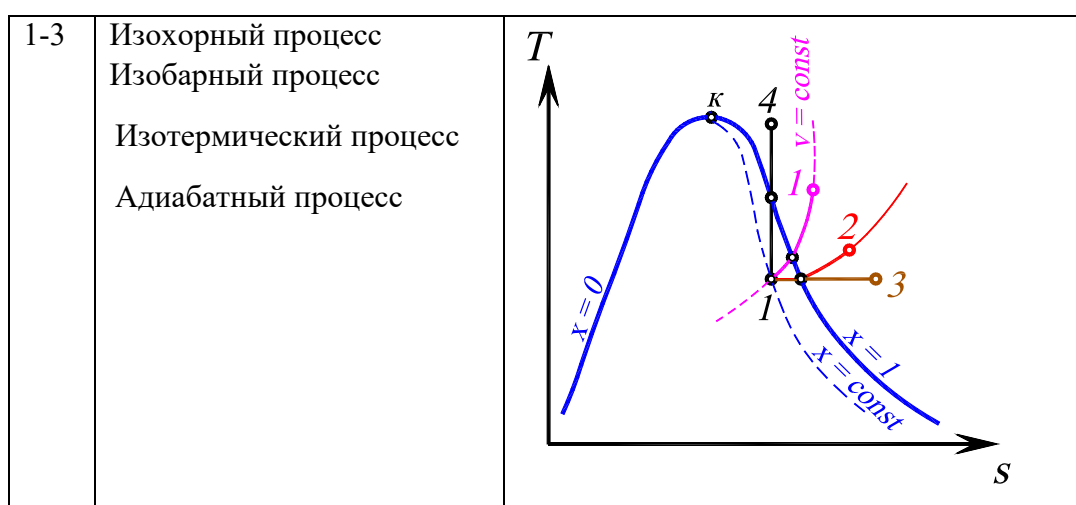
19. За основной цикл в паротурбинной установке принят идеальный цикл

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

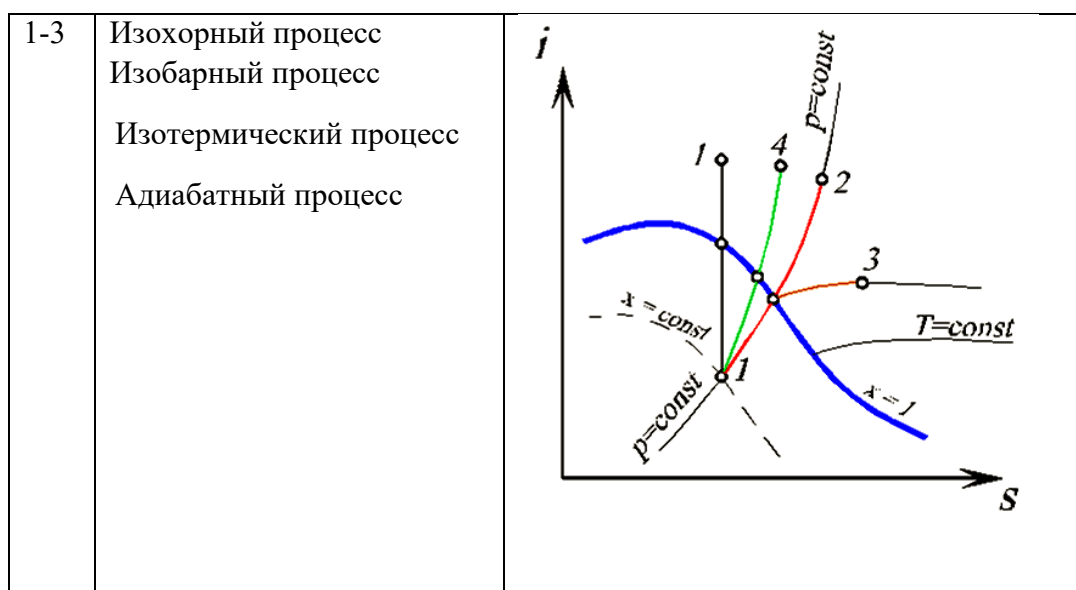
20. На  $p_v$ -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3 и 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-3 и его их названием.



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  $2^x$ :

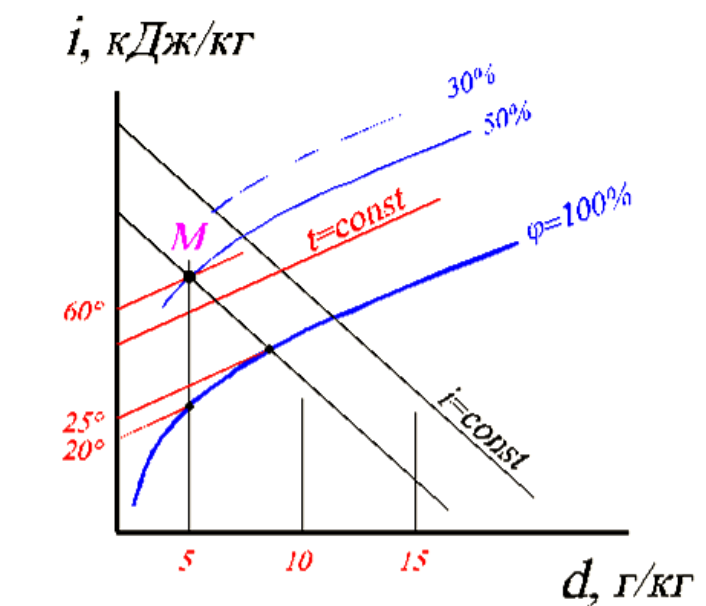
- 1) изохорных;
- 2) изобарных;
- 3) изотермических;
- 4) политропных.

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)  $M = \bar{Z} g_i M_i$ ;

$$3) M = 8,314 \cdot R; \quad 4) M = \frac{1}{\sum g_i M_i}.$$

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) $RP_1 = T_1 v_1$  |

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:

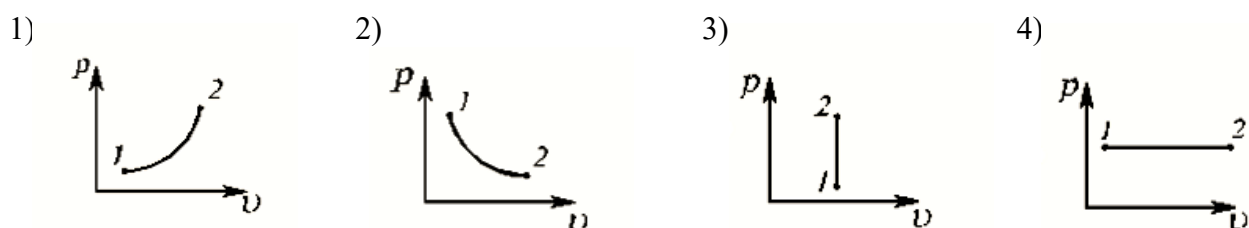


- 1) критической;
- 2) тройной;
- 3) насыщения;
- 4) плавления.

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)  $du = -v \cdot dp$ .

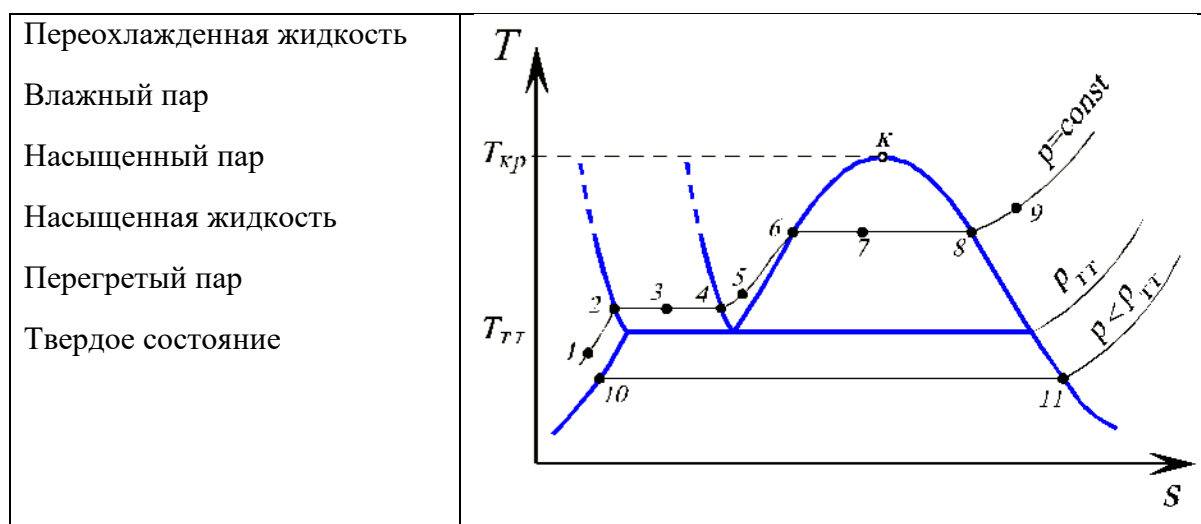
14. Отметьте правильное графическое изображение для закона Гей-Люссака.



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.

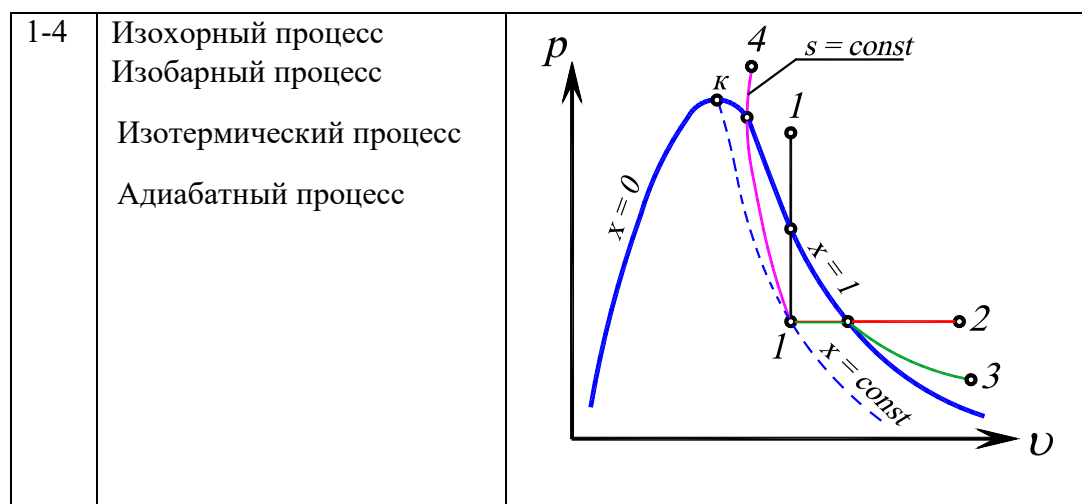
18. Машины, где топливо сжигается непосредственно в цилиндре под поршнем, называются:

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

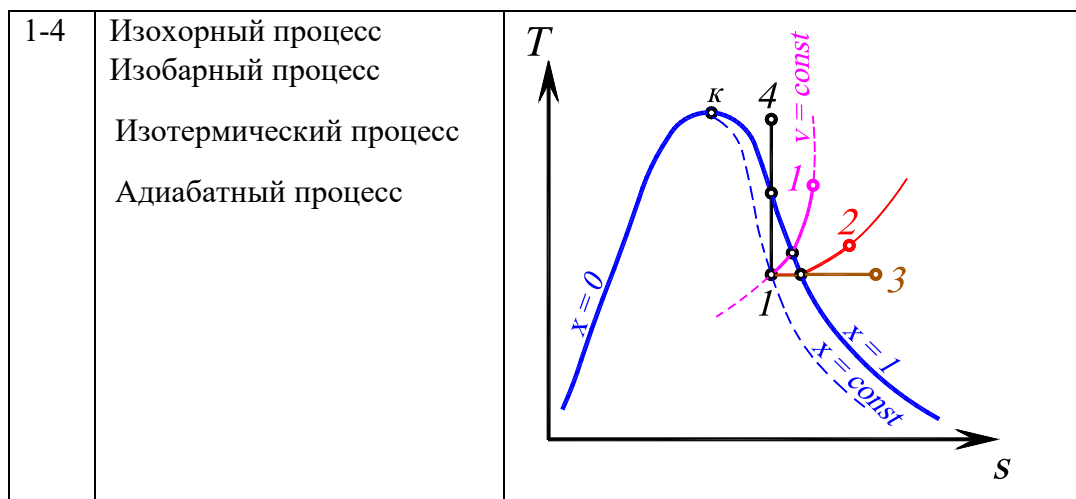
19. Двигатель внутреннего сгорания со смешанным подводом теплоты это есть цикл:

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

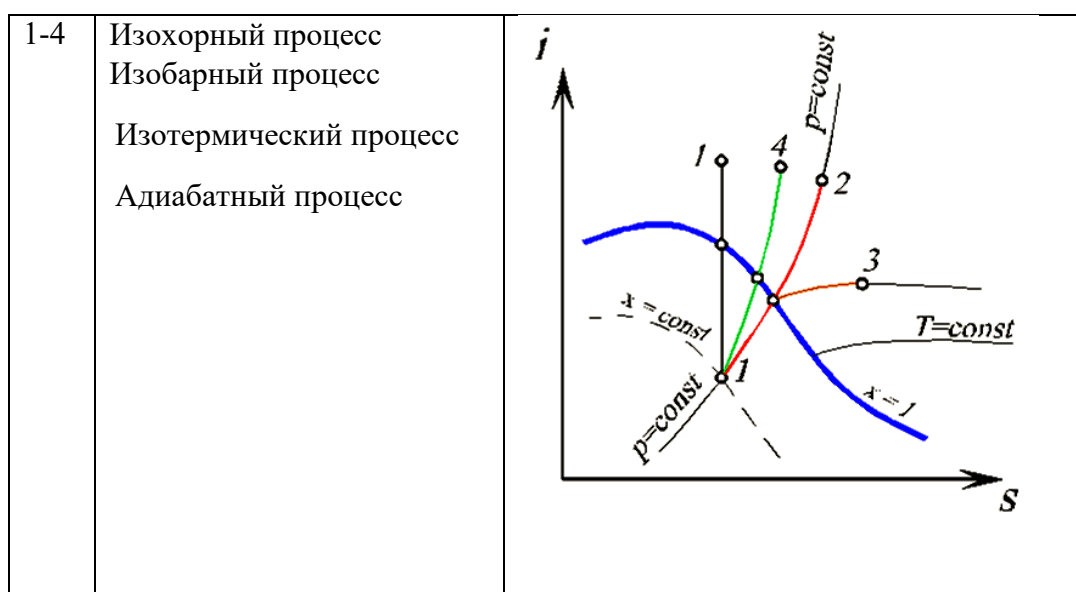
20. На  $p$ - $v$ -диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса:  $1-1$ ;  $1-2$ ;  $1-3$  и  $1-4$ . Укажите соответствие между процессом  $1-4$  и его названием.



21. На  $T$ - $s$ -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 их названием.



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

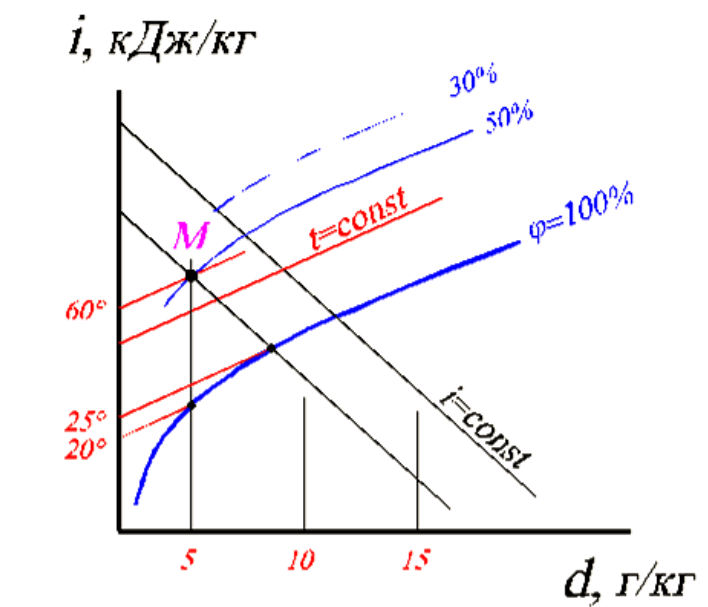
- 1) двигателя внутреннего сгорания;
- 2) воздушной холодильной установки;
- 3) Отто;
- 4) Дизеля.

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 :

Тест оценивается на «отлично» **от 17 до 20 баллов**: если даны правильные ответы на 22 и более вопросов, т.е. правильно выполнено 88-100% работы.

Тест оценивается на «хорошо» **от 13 до 16 баллов**: если даны правильные ответы на 18 - 21 вопросов, т.е. правильно выполнено 72-84% работы.

Тест оценивается на «удовлетворительно» **от 10 до 12 баллов**: если даны правильные ответы на 14 - 17 вопросов, т.е. правильно выполнено 56-68% работы.

Тест 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*

Направление подготовки/специальность: **20.03.01 «Техносферная безопасность»**

**Лабораторные работы**  
**по дисциплине Б1.В.12 «Техническая термодинамика**

Лабораторные занятия по дисциплине проводятся в специально оборудованных лабораториях с применением необходимых средств обучения: лабораторного оборудования, образцов для исследований, методических пособий. Цель проведения лабораторных работ - практическое освоение теоретических положений лекционного материала, а также выработка студентами определенных умений и навыков самостоятельного экспериментирования.

При изучении дисциплины предусматривается выполнение **трех** лабораторных работ:

**Лабораторная работа 1. Определение теплоемкости воздуха.**

1. Дать определение массовой, объемной и мольной теплоемкостям.
2. Как обозначаются и в каких единицах измеряются теплоемкости?
3. Уравнение, связывающее между собой теплоемкости.
4. Объяснить смысл величин, входящих в уравнение Майера?
5. Какие существуют способы определения теплоемкости?
6. Объяснить теоретический метод определения теплоемкости.

**Лабораторная работа 2. Исследование процессов изменения состояния влажного воздуха.**

1. Определение влажного воздуха, насыщенного и ненасыщенного влажного воздуха.
2. Что называется абсолютной и относительной влажностью?
3. Что называется влагосодержанием воздуха и температурой точки росы?
4. Как определяют плотность и энтальпию влажного воздуха?
5. Какие линии изображаются на  $id$  – диаграмме влажного воздуха?
6. Как изображаются основные процессы влажного воздуха на  $id$  – диаграмме.

### **Лабораторная работа 3. Исследование кривой насыщения водяного пара.**

1. Что называется кипением, парообразованием, испарением?
2. Какой процесс называют сублимацией и десублимацией?
3. Что называется фазой, фазовым переходом и тройной точкой?
4. Изобразить фазовую  $pT$  – диаграмму.
5. Что такое теплота парообразования?
6. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса.

Материалы лабораторных работ приведены в учебно, учебно-методических пособиях, разработанных на кафедре:

- 1) Сагдеев А.А., Галимова А.Т. Тепло- хладотехника : учебно-методическое пособие.- – Санкт-Петербург : Свое издательство , 2019 – 128 с.
- 2) Сагдеев К.А., Хазипов М.Р., Сагдеев А.А., Гумеров Ф.М. «Термодинамика и основы теплопередачи» : учебное пособие.- Нижнекамск : НХТИ 2016- 81с.

### **Критерии оценки лабораторных работ**

При подготовке к лабораторной работе по дисциплине «Техническая термодинамика» студент должен выполнить следующие виды работ:

Виды работ	Минимальный балл	Максимальный балл
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	2	4

Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	2	4
Выполнение необходимого эксперимента	3	4
Обработка результатов исследования, построение графиков	3,3	4
Анализ результатов исследования и вывод по работе	3	4
<b>ИТОГО :</b>	<b>13,3</b>	<b>20</b>

### Критерии оценки:

При изучении дисциплины **по очно-заочной и заочной формам** обучения предусматривается выполнение *трех* лабораторных работ, за эти работы студент может получить максимальное кол-во баллов – 60. **Каждая лабораторная работа оценивается по следующим критериям:**

Оценка «отлично» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $18 \leq R \leq 20$  и студент выполняет работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; самостоятельно и рационально монтирует необходимое оборудование; все опыты проводит в условиях и режимах, обеспечивающих получение правильных результатов и выводов с наибольшей точностью; соблюдает требования правил безопасного труда; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; правильно оценивает точность результатов измерений; умеет выполнять анализ погрешностей прямых и косвенных измерений.

Оценка «хорошо» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $16 \leq R < 18$  и выполнены требования к оценке 5, но было допущено два - три недочета, или не более одной негрубой ошибки и одного недочета.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $13,3 \leq R < 16$  и работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы; если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки: а) опыт проводился в нерациональных условиях, что привело к получению результатов с большой погрешностью; б) в отчете допущено не более двух грубых ошибок; в) не выполнен совсем или выполнен неверно анализ погрешностей.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если балл рейтинга студента составляет  $R < 13$  и работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

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*

Направление подготовки/специальность **20.03.01 «Техносферная безопасность»**

### **Темы рефератов**

#### **По дисциплине Б1.В.12 «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*

Направление подготовки/специальность: **20.03.01 «Техносферная безопасность»**

**Комплект заданий для контрольных работ  
по дисциплине Б1.В.12 «Техническая термодинамика»**

По изучении дисциплины «**Техническая термодинамика**» студент **заочной** формы обучения должен выполнить контрольную работу, состоящую из 5 задач.

Номер варианта контрольного задания определяется двумя последними цифрами шифра (личного номера студента). Например, при шифре 2149 (две последние цифры 49). Для первой задачи в контрольной работе студент-заочник получает следующие исходные данные: (по последней цифре шифра 9, по предпоследней цифре шифра 4)

- выписать условия задачи;
- решение сопровождать краткими пояснениями, в которых показать, какая величина определяется и по какой формуле, какие величины подставляются в формулу и откуда они берутся (например, из условия задачи, из справочника, определены ранее);
- проставить размерности (в системе СИ (SI – system international));
- задачи сопровождать соответствующими схемами или диаграммами;
- сформулировать краткие выводы по результатам расчетов.

**Контрольная работа**

**Задача № ТД – 1**

Определить газовую постоянную, кажущуюся молекулярную массу, плотность и удельный объем при нормальных условиях для смеси идеальных газов, объемное содержание которых задано.

Найти также средние массовые теплоемкости этой смеси при постоянном давлении  $p_1$  в интервале температур от  $t_1$  до  $t_2$  и определить количество теплоты для изобарного нагревания  $m$  кг газовой смеси от  $t_1$  до  $t_2$ , если задан общий начальный объем этой смеси  $V_{см}$ . Данные для расчета приведены в табл.1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	Р <sub>1</sub> , бар	V <sub>см</sub> , м <sup>3</sup>	t <sub>1</sub> , °С	t <sub>2</sub> , °С	Предпоследняя цифра шифра	Объемный состав газовой смеси			
						N <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
0	1	50	100	500	0	70	20	10	
1	3	60	200	600	1	70		10	20
2	5	70	300	700	2	60	10		30
3	7	80	400	600	3	50		10	40
4	9	90	100	400	4	40	5		55
5	2	40	200	500	5	30	20		50
6	4	30	300	600	6	20	10		70
7	6	20	400	700	7	50		5	45
8	8	10	100	500	8	45	5	50	
9	10	100	200	600	9	10		20	70

Задачу следует решать с учетом нелинейной зависимости теплоемкости газов от температуры  $c = f(T)$ . Значения  $c$ ,  $t$ ,  $m_0$  приведены в приложении (табл.П.1.) методических указаний «Теплотехника. Техническая термодинамика. Теплопередача». Напоминаем, что  $c'_{см} = \sum r_i c'_i = c'_{см} / \rho_{см.(н.у.)}$ ,  $\rho_{см} = 1 / v_{см}$ ,  $\rho v_{см} = R_{см} T$ ,  $R_{см} = \mu R / \mu_{см}$ ,  $\mu R = 8314 \text{ Дж/(кмоль К)}$ ,  $\mu_{см} = \sum_{i=1}^{i=n} r_i \mu_i$ ,  $\rho_{см.(н.у.)}$  - плотность смеси при нормальных условиях ( $T_{н\text{у}}=273 \text{ К}$ ,  $p_{н\text{у}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ).

### Задача № ТД – 2.

$m$  кг газа расширяется политропно с показателем политропы  $n$  от начального состояния с параметрами  $p_1$  и  $t_1$  до конечного давления  $p_2$ . Определить теплоту  $Q$ , работу  $L$ , изменение внутренней энергии  $\Delta U$ , энтальпии  $\Delta H$  и энтропии  $\Delta S$ . Считать, что  $c = \text{const}$ .

Изобразить процесс на  $p$ - $v$ -диаграмме без соблюдения масштаба. Данные для расчета приведены в табл.2.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	Газ	m, кг	N <sub>2</sub>	Предпоследняя цифра шифра	p <sub>1</sub> , МПа	t <sub>1</sub> , °С	p <sub>2</sub> , МПа
0	N <sub>2</sub>	10	1,0	0	0,2	10	0,8
1	O <sub>2</sub>	20	1,1	1	0,4	15	2,0
2	H <sub>2</sub>	30	1,2	2	0,6	20	3,0
3	CO <sub>2</sub>	40	1,3	3	0,8	25	6,4
4	N <sub>2</sub>	50	1,4	4	1,0	30	8,0
5	O <sub>2</sub>	60	1,0	5	1,2	50	12,0
6	H <sub>2</sub>	70	1,1	6	1,4	70	14,0
7	CO <sub>2</sub>	80	1,2	7	1,6	100	16,0

8	N <sub>2</sub>	90	1,3	8	1,8	120	18,0
9	O <sub>2</sub>	100	1,4	9	2,0	140	20,0

### Задача № ТД – 3.

Водяной пар при давлении  $p_1$  и температуре  $t_1$ , дросселируется до давления  $p_2$ . Определить неизвестные параметры пара  $h$ ,  $v$ ,  $s$  в начале и в конце дросселирования и потерю работоспособности  $D_h = T_0 \Delta s$ .

Принять температуру окружающей среды равной  $t_0$ . изобразить процессы на  $hs$ -диаграмме (см.в приложении методические указания «Теплотехника. Техническая термодинамика. Теплопередача»).

Данные для расчета приведены в табл.3.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$p_1, \text{МПа}$	Предпоследняя цифра шифра	$p_2, \text{МПа}$	$t_0, ^\circ\text{C}$
0	700	50	0	0,5	10
1	600	30	1	0,3	15
2	500	20	2	0,2	20
3	400	10	3	0,1	25
4	300	5	4	0,05	30
5	650	50	5	0,5	10
6	550	30	6	0,3	15
7	450	20	7	0,2	20
8	350	10	8	0,1	25
9	500	30	9	0,3	30

### Задача № ТД – 4.

Определить холодильный коэффициент  $\xi'$  парокомпрессионной аммиачной холодильной установки (с дросселем), массовый расход аммиака  $m$ , кг/с и теоретическую мощность привода компрессора  $N_{\text{компр.}}$  по заданным значениям температуры влажного пара  $\text{NH}_3$  на входе в компрессор  $t_1$  и температуре сухого насыщенного пара за компрессором  $t_2$  и холодопроизводительности установки  $Q$ .

Изобразить схему установки и цикл на  $Ts$  – диаграмме. Данные для расчета приведены в табл.4.

Таблица 4

Последняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$Q, \text{кВт}$
0	-10	40	0	150
1	-15	35	1	180
2	-20	30	2	200
3	-25	25	3	220
4	-20	15	4	250
5	-25	20	5	280

6	-20	25	6	300
7	-15	20	7	160
8	-10	25	8	190
9	-15	30	9	200

Напомним:  $\xi' = \frac{q_2}{l_u}$ ,  $q_2 = h_1 - h_4$ ,  $l_u = q_1 - q_2 = h_2 - h_1$ ,  $q_1 = h_2 - h_3 = h_2 - h_4$  (3-4 – процесс дросселирования). При адиабатном сжатии  $s_1 = s_2 = \text{const}$ , поэтому степень сухости в т.1 можно рассчитать как  $x = \frac{s''_{(t_2)} - s'_{(t_1)}}{s''_{(t_1)} - s'_{(t_1)}}$ ,

где  $s_{(t)}$  – соответственно значение энтропии при указанных температурах, из приложения (табл.П2) методических указаний «Теплотехника. Техническая термодинамика. Теплопередача».

### Задача № ТД – 5.

Путем сравнительного расчета показать целесообразность применения пара высоких начальных параметров и низкого конечного давления на примере паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина. Для этого определить предполагаемое теплопадение, термический КПД цикла и удельный расход пара для двух вариантов значений начальных и конечных параметров пара. Указать конечное значение степени сухости  $x_2$  (при давлении  $p_2$ ) на Ts- и hs-диаграммах.

Изобразить схему простейшей паросиловой установки и дать краткое описание ее работы. Данные для решения задачи взять из табл.5.

Таблица 5

Последняя цифра шифра	Параметры пара I вариант			Предпоследняя цифра шифра	Параметры пара II вариант		
	$p_1$ , МПа	$t_1$ , °C	$p_2$ , кПа		$p_1$ , МПа	$t_1$ , °C	$p_2$ , кПа
0	1,5	250	80	0	8,0	480	3
1	2,0	300	70	1	9,0	480	4
2	2,5	325	90	2	10,0	500	4
3	2,0	350	100	3	11,0	520	4
4	2,5	375	110	4	12,0	530	5
5	3,0	350	90	5	12,0	540	3
6	3,5	370	80	6	13,0	550	4
7	3,0	400	70	7	14,0	560	4
8	4,0	425	90	8	14,0	580	5
9	4,5	400	100	9	15,0	600	5

### Критерии оценки контрольной работы:

Контрольная работа оценивается на **«отлично» от 17 до 20 баллов**: если 4 задачи выполнены правильно, а в одной задаче имеются недочеты, т.е. правильно выполнено 88-100% работы.

Контрольная работа оценивается на **«хорошо» от 14 до 17 баллов:** если 3 задачи выполнены правильно, а в двух задачах имеются недочеты, т.е. правильно выполнено 72-84% работы.

Контрольная работа оценивается на **«удовлетворительно» от 10 до 14 баллов:** если 3 задачи выполнены правильно, а в двух задачах допущены ошибки т.е. правильно выполнено 56-68% работы.

Контрольная работа оценивается на **«неудовлетворительно»:** если 2 задачи выполнены правильно, а в трех задачах имеются недочеты или допущены ошибки менее 55 % работы.