

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский 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

04 \_\_\_\_\_ 2021г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

**Б1.О.27«Термодинамика и основы теплопередачи»**

(код и наименование дисциплины (модуля))

**18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической техно-**  
**логии, нефтехимии и биотехнологии»**

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

**«Машины и аппараты химических производств»**

(наименование профиля/специализации)

бакалавр

(квалификация)

Форма обучения очная/очно-заочная/заочная

Нижнекамск 2021

Составитель ФОС:

Доцент

  
(подпись)

А.А.Сагдеев

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

Зав. кафедрой

  
(подпись)

Д.Н.Латыпов

### **СОГЛАСОВАНО**

Протокол заседания кафедры \_\_\_\_\_ МАХП \_\_\_\_\_, реализующей под-  
готовку основной образовательной программы от 10 03 2021г. № 7

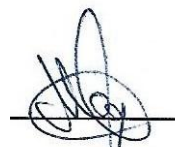
Зав. кафедрой

  
(подпись)

И.А.Сабанаев

Эксперт:

Руководитель ООП    Мадышев И.Н.    доцент каф. МАХП  
Ф.И.О., должность, организация, подпись



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

ОПК-2 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-2.1 Знает математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-2.2 Умеет использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-2.3 Владеет математическими, физическими, физико-химическими, химическими методами для решения задач профессиональной деятельности

<b><i>Перечень компетенций с указанием уровней их формирования</i></b>  <b><i>Индекс Компетенции</i></b>	<b><i>Содержание компетенции</i></b>	<b><i>Этапы формирования компетенции</i></b> <i>(указать все темы из РПД)</i>				<b><i>Наименование оценочного средства</i></b>
		<b><i>Лекции</i></b>	<b><i>Практические занятия, лабораторный практикум</i></b>	<b><i>Лабораторные занятия</i></b>	<b><i>Курсовая работа</i></b>	
ОПК-2.1	Знает математические, физические, физико-химические, химические методы	<b><i>Тема 1-13</i></b>	-	<b><i>Тема 3,5,8,10,11,12,13</i></b>	-	Экзамен. Тест. Лабораторные работы. Контрольная работа.

	для решения задач профессиональной деятельности					
ОПК-2.2	Умеет использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности	<i>Тема 1-13</i>	-	<i>Тема 3,5,8,10,11,12,13</i>	-	Экзамен. Тест. Лабораторные работы. Контрольная работа.
ОПК-2.3	Владеет математическими, физическими, физико-химическими, химическими методами для решения задач профессиональной деятельности	<i>Тема 1-13</i>	-	<i>Тема 3,5,8,10,11,12,13</i>		Экзамен. Тест. Лабораторные работы. Контрольная работа.



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

<b>Форма обучения</b>	<b>Наименование оценочных средств</b>	<b>Количество баллов</b>
очная	Экзамен	max 40 - min 24
	Тест	max 20 - min 10
	Лабораторные работы	max 40 - min 26
	итого	max 100 - min 60
очно-заочная	Экзамен	max 40 - min 24
	Тест	max 20 - min 10
	Лабораторные работы	max 40 - min 26
	итого	max 100 - min 60

заочная	Экзамен	max 40 - min 24
	Контрольная работа	max 20 - min 10
	Лабораторные работы	max 40 - min 26
	итого	max 100 - min 60

### *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 сред- ства</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.	Лабораторная ра- бота	Это вид учебной работы, целью которой является изучение (исследование, измерение) характеристик лабораторного объекта. Цель лабораторных занятий: освоение изучаемой учебной дисциплины; приобретение навыков практического применения знаний учебной дисциплины (дисциплин) с использованием технических средств и (или) оборудования	Темы лабораторных работ, контрольные вопросы по теме лабораторной работы
2.	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*

Направление подготовки (специальности) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль подготовки «Машины и аппараты химических производств»

### Тест

по дисциплине Б1.О.27 «Термодинамика и основы теплопередачи» для обучающихся по очно/ очно-заочной формам обучения

#### Вариант 1

1. Основные параметры состояния тела:

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

2. Найти абсолютное давление в случае вакуума:

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

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

3. 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.

4. Укажите уравнение Клапейрона – Менделеева:

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

2)  $p\nu = RT$ ;

3)  $pV = mRT$ ;

4)  $RV = RT$ .

5. 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.

6. Укажите аналитическое выражение I закона термодинамики:

1)  $dq = du + dl$ ;    2)  $du = dq + dl$ ;

3)  $dq = di - \nu dp$ ;    4)  $dq = di - p dv$ .

7. 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)  $du = -\nu \cdot dp$ .

8. 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.

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

10. Что происходит в критической точке:

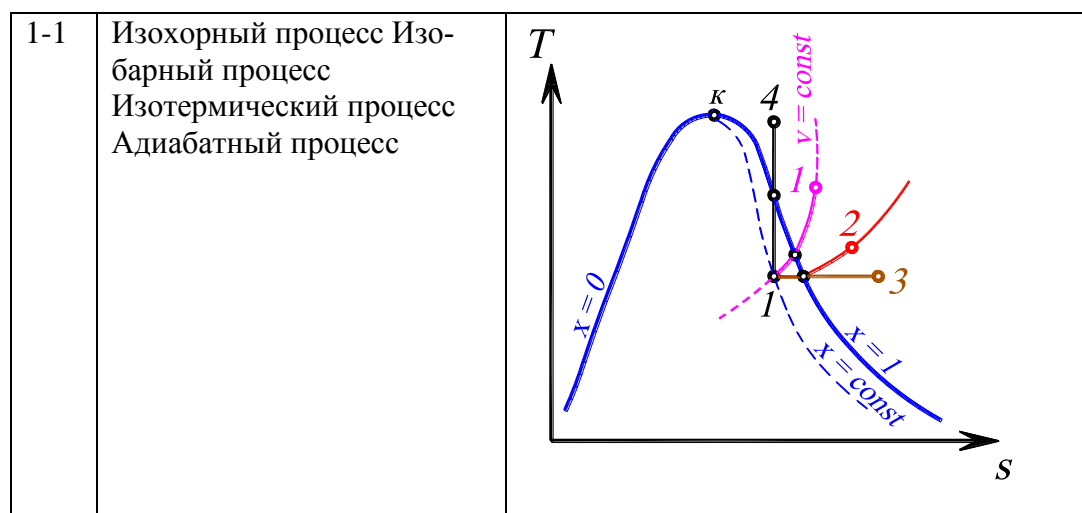
а) исчезает различие между жидкостью и паром;

б) находятся в равновесии три фазы однородного вещества;

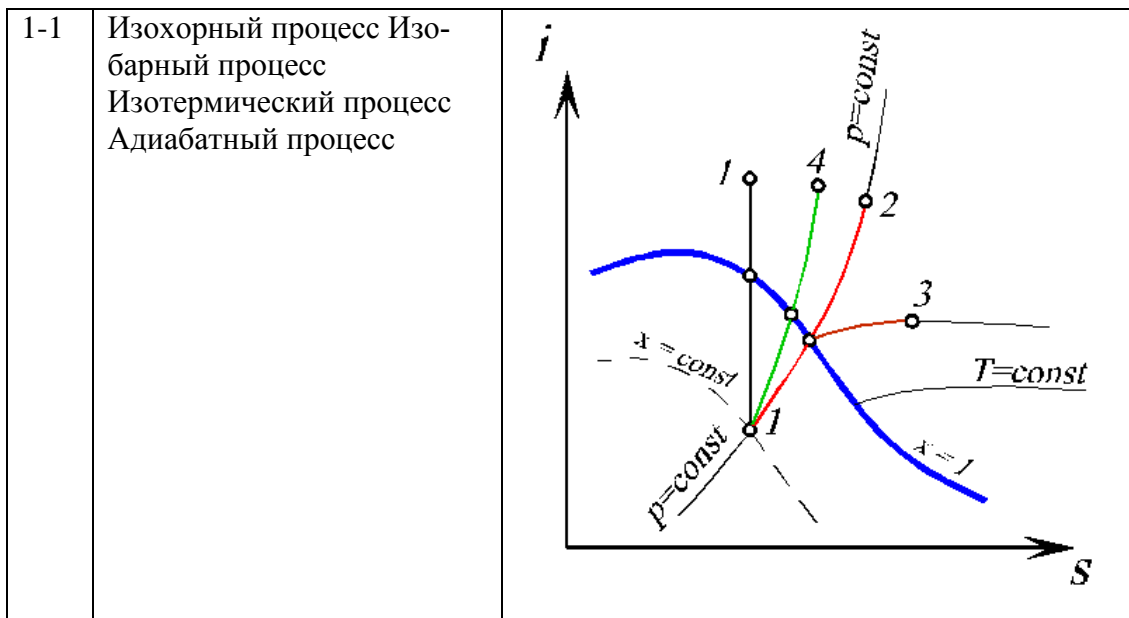
в) осуществляется переход твердого вещества непосредственно в пар;

г) процесс превращения вещества из жидкого состояния в парообразное

11. 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.

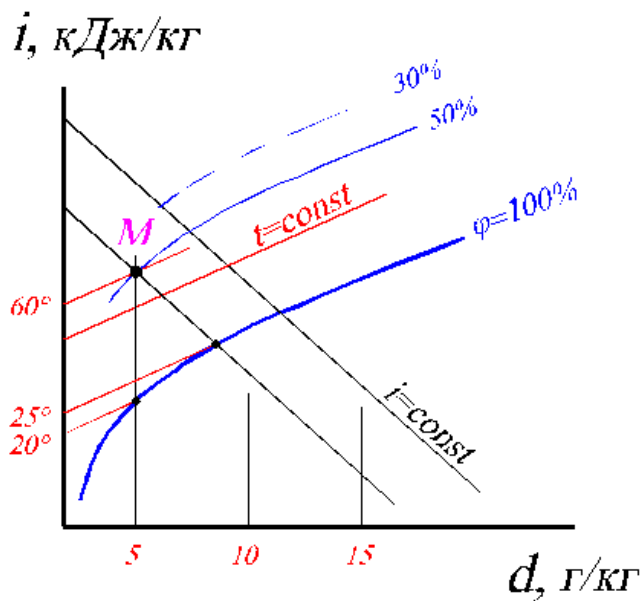


12. На is-диаграмме водяного пара изображено четыре различных процесса: 1-1; 1-2; 1-3; 1-4. Укажите соответствие между процессом 1-1 и его названием.



13. На  $i$ - $s$  диаграмме влажного воздуха отмечена точка М, укажите значения параметров влажного воздуха в этой точке.

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



14. Теплопередачей называется:

- 1) перенос тепла от горячей среды к холодной через разделяющую стенку;
- 2) одновременный перенос теплоты конвекцией и теплопроводностью;
- 3) перенос тепла между непосредственно соприкасающимися телами или частями тел с различной температурой;
- 4) перенос тепла излучением;
- 5) перенос тепла конвекцией.

15. Какое критериальное уравнение соответствует развитому турбулентному режиму газов:

- 1)  $Nu = f(Gr, Pr)$ ;
- 2)  $Nu = f(Re)$ ;
- 3)  $Nu = f(Re, Gr, Pr)$ ;
- 4)  $Nu = f(Gr)$ .

16. С увеличением влажности материала коэффициент теплопроводности

- 1) не меняется;
- 2) убывает;
- 3) возрастает.

17. Согласно закону Вина:

- 1) с увеличением длины волны энергия лучей возрастает;
- 2) с увеличением температуры длина волны соответствующая максимуму уменьшается;
- 3) с увеличением температуры тела энергия его увеличивается;
- 4) с увеличением температуры длина волны соответствующая максимуму возрастает.

18. Что такое сложный теплообмен?

- 1) учитывающий все виды теплообмена;
- 2) учитывающий теплопроводность и излучение;
- 3) учитывающий конвекцию и излучение;
- 4) учитывающий теплопроводность и конвекцию.

19. При одинаковых условиях средний температурный напор больше в аппаратах:

- 1) с прямотоком;
- 2) с противотоком;
- 3) с поперечным током.

20. Согласно закону Планка с увеличением длины волны

- 1) интенсивность излучения возрастает на всем диапазоне длин волн;
- 2) интенсивность излучения убывает на всем диапазоне длин волн;
- 3) энергия лучей возрастает при некоторой длине волны достигает максимума затем убывает;
- 4) интенсивность излучения не меняется.

21. Коэффициент теплопередачи имеет вид:

1)  $k = \frac{1}{\alpha_1 + \delta/\lambda + \alpha_2};$

2)  $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}};$

3)  $k = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2};$

4)  $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\lambda}{\delta} + \frac{1}{\alpha_2}}.$

22. Функцией каких величин является коэффициент теплоотдачи:

- 1)  $\alpha = f(\omega, \lambda, \mu, \rho, c, x, t_{\omega}, t_{\bar{n}\delta}, \hat{O}, L);$
- 2)  $\alpha = f(x, y, z, \tau);$
- 3)  $\alpha = f(\kappa, \phi, \Delta t);$
- 4)  $\alpha = f(x, y, z).$

23. При каких условиях справедливо уравнение теплового баланса?

- 1) при отсутствии тепловых потерь;
- 2) при отсутствии перепада температур;
- 3) при отсутствии смешения обоих теплоносителей ;
- 4) при отсутствии фазовых переходов.

24. Какое существует общее правило для интенсификации теплопередачи?

- 1) уменьшить толщину стенки;
- 2) заменить свободную конвекцию на вынужденную;
- 3) уменьшить наибольшее термическое сопротивление;

- 4) заменить материал на другой более теплопроводный.
25. Три простейших вида переноса тепла:
- 1) теплопроводность;
  - 2) теплопередача;
  - 3) конвекция;
  - 4) излучение.

### Вариант 2

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

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

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

- |            |            |
|------------|------------|
| 1) 0,2 бар | 2) 2 МПа   |
| 3) 20 МПа  | 4) 200 бар |

3. Укажите размерность газовой постоянной  $R$ :

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

4. Отметьте правильное выражение для закона Бойля-Мариотта:

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

движении и взаимодействующих между собой.

5. 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.

6. Укажите правильные выражения, устанавливающие связь между теплоемкостями:

$$1) C_p = C'_p \cdot \nu_0 = \frac{\mu C_p}{\mu}; \quad 2) C'_p = \frac{C_p}{\rho};$$

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

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

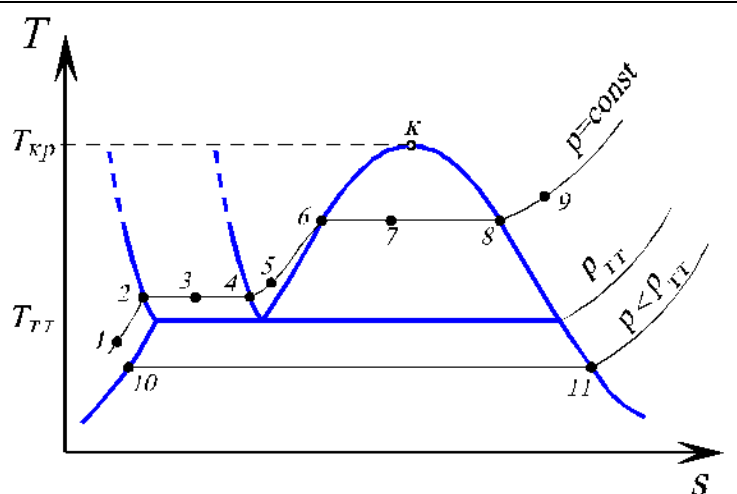
7. Укажите выражение, определяющее величину холодильного коэффициента обратного термодинамического цикла:

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

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

8. На  $Ts$  - диаграмме отмечены точки 1, 2, 3, 4, 5. Какому состоянию вещества соответствуют положения точек 1 и 2.

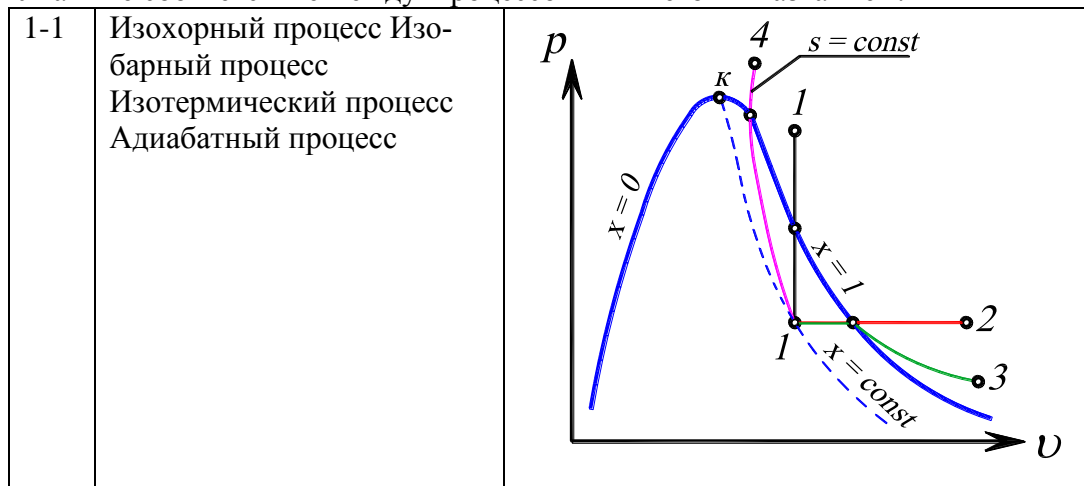
Переохлажденная жидкость  
 Влажный пар  
 Насыщенный пар  
 Насыщенная жидкость  
 Перегретый пар  
 Твердое состояние



9. 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, отнимаемого от холодного источника, ко всей теплоте, подведенной к рабочему телу.

10. На  $p$ - $v$ -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.



11. 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.

12. Укажите, как определяется количество теплоты в изохорном 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)  $q = 0$

13. Критическое значение критерия Рейнольдса:

- 1) 2000;
- 2) 2300;
- 3) 3000;
- 4) 3200;

5) 10000.

14. При каких условиях возникают процессы кипения жидкости?

- 1) при нагревании;
- 2) при изменении агрегатного состояния;
- 3) при охлаждении;
- 4) при испарении.

15. Какие бывают режимы кипения?

- 1) капельный;
- 2) пленочный;
- 3) пузырьковый;
- 4) струйный.

16. По скольким основным схемам может осуществляться движение жидкости в теплообменном аппарате

- 1) 2;
- 2) 3;
- 3) 4;
- 4) 5.

17. Основной закон теплопроводности:

- 1)  $Q = k \cdot F \cdot \Delta t$ ;
- 2)  $Q = \alpha \cdot F \cdot \Delta t$ ;
- 3)  $Q = -\lambda \cdot F \cdot \tau \cdot (\partial t / \partial n)$ ;
- 4)  $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$ .

18. Что характеризует критерий Gr:

- 1) отношение сил инерции с силам вязкости;
- 2) конвективный теплообмен между жидкостью и поверхностью твердого тела;
- 3) физические свойства жидкости;
- 4) соотношение подъемной силы, возникающей вследствие разности плотностей жидкости и силы молекулярного трения;
- 5) соотношения силы тяжести и силы молекулярного трения.

19. По принципу работы теплообменного аппараты бывают:

- 1) регенеративные;
- 2) смешительные;
- 3) рекуперативные ;
- 4) змеевиковые;
- 5) с внутренним источником тепла.

20. Во сколько раз уменьшится теплоотдача при установке 2 экранов между параллельными пластинами (если поверхности стенок и экранов одинаковы)

- 1) 2;
- 2) 3;
- 3) 4;
- 4) 5;
- 5) 6.

21. Как называются отдельные места обогреваемой поверхности, где зарождаются пузырьки пара?

22. Закон Вина имеет вид:

- 1)  $I_{0\lambda} = \frac{c_1 \cdot \lambda^{-5}}{e^{c_2 / \lambda T} - 1}$ ;
- 2)  $\lambda_m = \frac{2,9}{T}$ ;



$$3) \lambda_m = \frac{I_{0\lambda}}{T};$$

$$4) E = \varepsilon \sigma_0 T^4.$$

23. Что называется эффективным излучением ?

$$1) \dot{A}_{\dot{y}\dot{o}} = \dot{A}_{\dot{n}\dot{i}\dot{a}} + R \cdot \dot{A}_{\dot{i}\dot{a}\dot{a}};$$

$$2) \dot{A}_{\dot{y}\dot{o}} = \dot{A}_{\dot{n}\dot{i}\dot{a}} + \dot{A} \cdot \dot{A}_{\dot{i}\dot{a}\dot{a}};$$

$$3) \dot{A}_{\dot{y}\dot{o}} = \dot{A}_{\dot{n}\dot{i}\dot{a}} + (1 - \dot{A})\dot{A}_{\dot{i}\dot{a}\dot{a}};$$

$$4) E_{\text{эф}} = E_{\text{над}} + E_{\text{сод}}.$$

24. Что называется конвективным теплообменом

1) процесс теплообмена между стенкой и движущейся средой при наличии разности температур;

2) процесс переноса тепла от одной среды к другой через стенку;

3) совместный процесс конвекции и теплопроводности;

4) процесс теплообмена за счет лучистой энергии.

25. Коэффициент температуропроводности выражается формулой:

$$1) a = \frac{c}{\rho \cdot \lambda};$$

$$2) a = \frac{\rho}{c \cdot \lambda};$$

$$3) a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho};$$

$$4) a = \frac{c \cdot \rho}{\lambda}.$$

### Вариант 3

1. Единицей измерения количества энергии является:

1) Вт; 2) Дж;

3)  $\frac{H}{M^2}$ ; 4)  $\frac{Дж}{c}$ .

2. 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)  $P_{абс} = P_{атм} - P_{изб}$ .

3. 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.

4. Температура при нормальных физических условиях равна:

1) 273,15 К; 2) 283,15 К;

3) 293,15 К; 4) 303,15 К.

5. 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.

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

1) тройной; 2) критической;

3) плавления; 4) кипения.

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

8. Укажите уравнения, отображающие поведение реального газа.

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

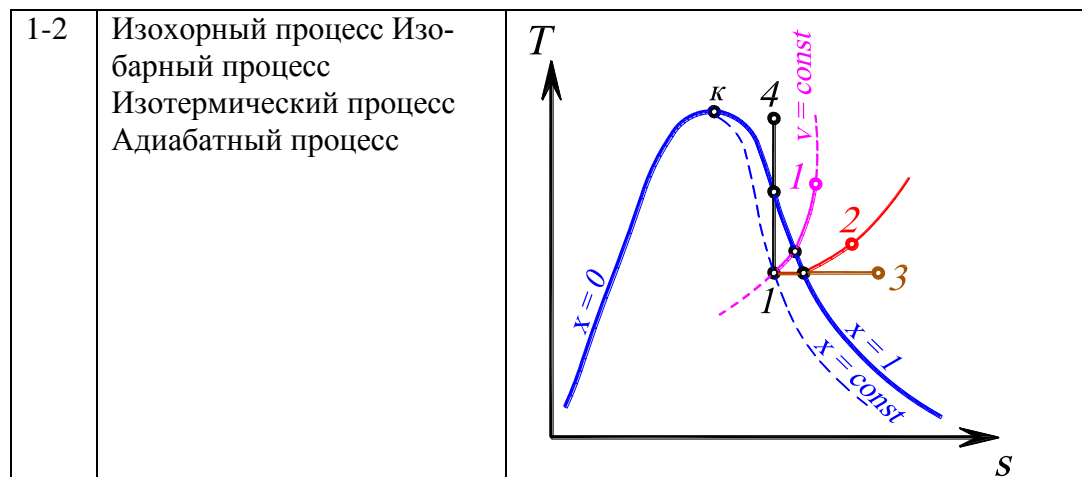
9. Какой из ниже перечисленных термодинамических циклов является прямым?

- 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).

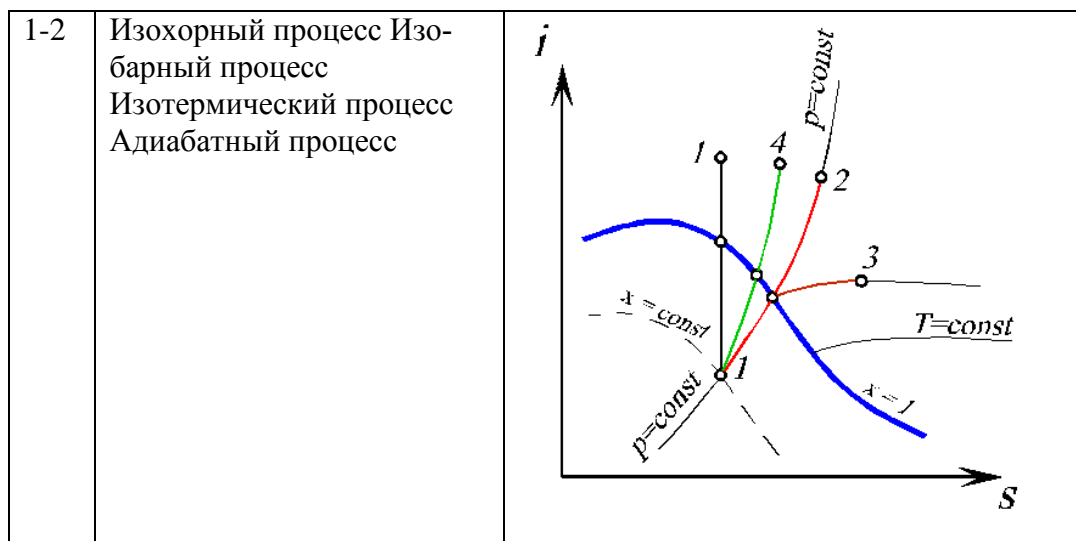
10. Цикл Карно состоит из  $2^x$  адиабатных процессов и  $2^x$ :

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

11. 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 их названием.



12. 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.



13. Выберите четыре основных элемента паровой компрессорной холодильной установки.

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

14. С повышением температуры теплопроводность большинства капельных жидкостей (за исключением воды):

- 1) убывает; 2) растет; 3) не меняется.

15. При каких условиях возникают процессы кипения и конденсации жидкости:

- 1) при нагревании; 2) при изменении агрегатного состояния;  
3) при охлаждении; 4) при испарении.

16. Критический диаметр изоляции равен:

- 1)  $d_3 = \frac{2\lambda_{из}}{\alpha_2}$ ; 2)  $d_3 = \frac{\alpha_2}{\lambda_{из}}$ ; 3)  $d_3 = \frac{\lambda_{из}}{k}$ ; 4)  $d_3 = \frac{2k}{\lambda_{из}}$ .

17. Какие применяются два основных вида расположения труб в пучках.

18. Коэффициент теплоотдачи при капельной конденсации по сравнению с пленочной:

- 1) значительно выше; 2) меньше;  
3) одинаковый.

19. Что характеризует данный критерий Nu:

- 1) отношение сил инерции с силами вязкости;  
2) конвективный теплообмен между жидкостью и поверхностью твердого тела;  
3) физические свойства жидкости;  
4) соотношение подъемной силы, возникающей вследствие разности плотностей жидкости и силы молекулярного трения;  
5) соотношения силы тяжести и силы молекулярного трения;

20. Теплообмен, учитывающий все виды теплообмена (теплопроводность, конвекция и излучение) называют:

- 1) лучистым; 2) конвективным;  
3) сложным.

21. Численное значение среднего температурного напора ( $\Delta t_{ср}$ ) для аппаратов с противотоком при одинаковых условиях по сравнению с  $\Delta t_{ср}$  для аппаратов с прямотоком всегда:

- 1) больше; 2) одинаково;  
3) меньше.

22. Уравнение теплового баланса при условии отсутствия тепловых потерь и фазовых переходов:

$$1) Q = v_1 \rho_1 \bar{C}_{p1} (t'_1 - t''_1) = v_2 \rho_2 \bar{C}_{p2} (t''_2 - t'_2);$$

$$2) Q = kF_{\Delta} t_{cp}; \quad 3) Q = \alpha_2 F(t_1 - t'_{cm}); \quad 4) Q = \frac{\lambda F(t'_{cm} - t''_{cm})}{\delta};$$

23. Основные уравнения для расчета теплообменных аппаратов:

- 1) уравнение Фурье;
- 2) уравнение теплопередачи;
- 3) уравнение теплового баланса;
- 4) уравнение Ньютона-Рихмана.

24. Коэффициенты теплопроводности чистых металлов, за исключением алюминия, с возрастанием температуры:

- 1) убывают;
- 2) увеличиваются;
- 3) не меняются;
- 4) вначале увеличивается, затем убывают.

25. Коэффициент температуропроводности выражается формулой:

$$1) a = \frac{c}{\rho \cdot \lambda}; \quad 2) a = \frac{\rho}{c \cdot \lambda};$$

$$3) a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}; \quad 4) a = \frac{c \cdot \rho}{\lambda}.$$

#### Вариант 4

1. Удельный объем есть величина, обратная:

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

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

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

3. Укажите размерность универсальной газовой постоянной  $R_m$ :

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

4. Отметьте правильное выражение для закона Гей-Люссака:

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

5. Закон Дальтона справедлив для

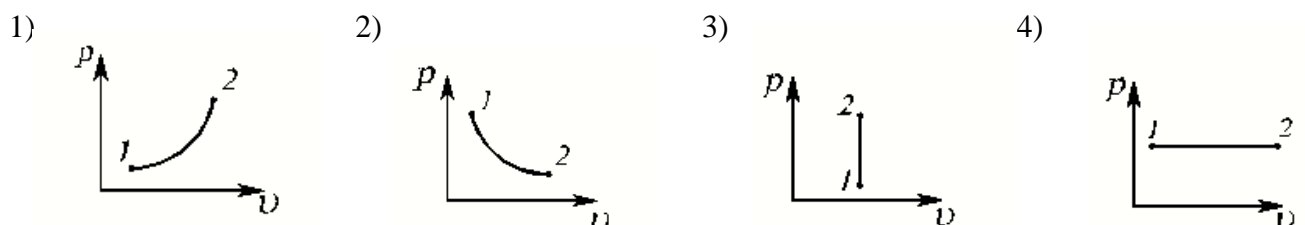
- 1) идеального газа;
- 2) газовой смеси идеальных газов;
- 3) реального газа;
- 4) газовой смеси реальных газов

6. Укажите уравнение Майера:

$$1) C_p = C_v + R; \quad 2) R = C_p + C_v;$$

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

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



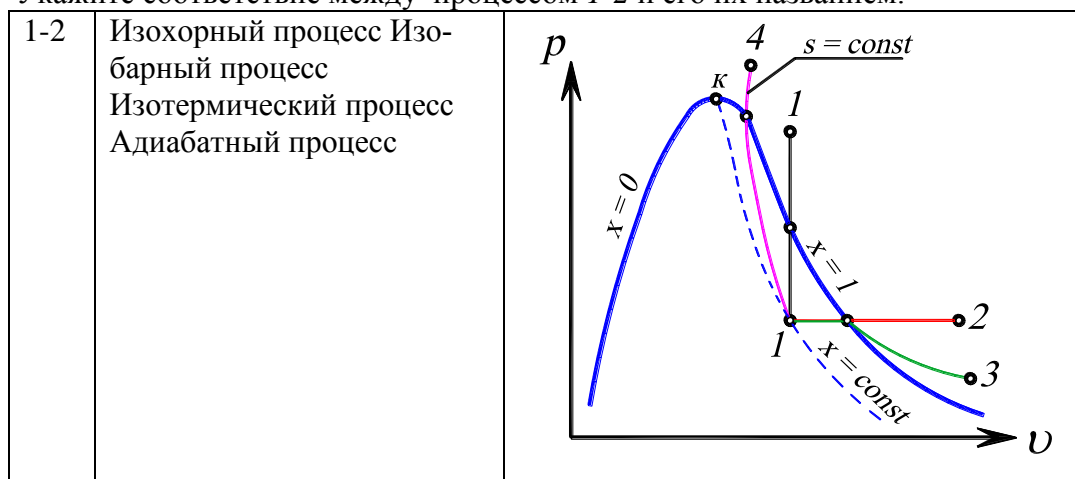
8. Отметьте, какие из ниже перечисленных суждений описывают 2-й закон термодинамики:

- 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.

9. Переход вещества из твердого состояния в жидкое называют:

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

10. 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.



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

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

12. 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)  $q = 0$

13. Самым теплопроводным металлом является:

- 1) золото;
- 2) серебро;
- 3) сталь;
- 4) медь.

14. Какое критериальное уравнение соответствует свободному движению жидкости:

- 1)  $Nu = f(Gr, Pr)$ ;
- 2)  $Nu = f(Re)$ ;
- 3)  $Nu = f(Re, Gr, Pr)$  ;
- 4)  $Nu = f(Gr)$ .

15. Теплопроводность через шаровую стенку:

- 1)  $Q = \frac{2\pi\lambda(t'_{ст} - t''_{ст})}{\frac{1}{d_1} - \frac{1}{d_2}}$  ;
- 2)  $Q = \frac{2\pi\lambda(t'_{ст} - t''_{ст})}{\ln \frac{d_2}{d_1}}$  ;
- 3)  $Q = \frac{2\pi\lambda(t'_{ст} - t''_{ст})}{\delta}$ .

16. Число Грасгофа, характеризующее соотношение подъемной силы, возникающей вследствие разности плотностей жидкости и силы молекулярного трения, определяется по выражению:

- 1)  $\frac{\beta g l^3 \Delta t}{\nu^2}$  ;
- 2)  $\frac{g l^3}{\nu^2}$  ;

$$3) \frac{gl^3 \Delta \rho}{\nu^2 g_0}; \quad 4) \frac{\omega l}{a}.$$

17. Величины  $\Delta t$ ,  $\alpha$  и  $q$ , соответствующие моменту перехода пузырькового режима кипения в пленочный называются:

- 1) критическими;
- 2) пограничными;
- 3) поверхностными.

18. Закон Стефана-Больцмана для абсолютно черного тела:

$$1) E = \varepsilon_0 T^4; \quad 2) E_0 = \sigma_0 T^4;$$

$$3) J_{0\lambda} = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{c_2/\lambda} - 1}; \quad 4) \frac{E}{A} = E_0.$$

19. Приведенный коэффициент черноты системы:

$$1) \varepsilon = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}; \quad 2) \varepsilon = \frac{E}{E_0};$$

$$3) \varepsilon = \frac{1}{1 - \frac{1}{\varepsilon_1} - \frac{1}{\varepsilon_2}}; \quad 4) \varepsilon = \frac{E_0}{E}.$$

20. Теплообменный аппарат, в котором поверхность периодически омывается то горячим, то холодным теплоносителем называется:

- 1) регенеративным;
- 2) рекуперативным;
- 3) смесительным;
- 4) кожухотрубным.

21. Основными расчетными уравнениями теплообмена при стационарном режиме для теплообменных аппаратов являются:

- 1) уравнение теплопередачи;
- 2) уравнение теплового баланса;
- 3) уравнение Фурье;
- 4) уравнение Ньютона-Рихмана.

22. Выберите систему дифференциальных уравнений для конвективного теплообмена:

- 1) уравнение движения идеальной жидкости;
- 2) уравнение теплопроводности жидкости (энергии);
- 3) уравнение теплообмена;
- 4) уравнение теплопроводности твердых тел;
- 5) уравнение движения вязкой жидкости;
- 6) уравнение сплошности и неразрывности.

23. Коэффициент теплоотдачи:

- 1) характеризует способность вещества проводить теплоту;
- 2) характеризует интенсивность теплообмена между жидкостью и поверхностью канала;
- 3) выражает количество теплоты, проходящей через единицу поверхности стенки в единицу времени от горячей к холодной среде при разности температур между ними в  $1^\circ$ ;
- 4) характеризует интенсивность лучистого теплообмена;

24. Закон Кирхгофа

$$1) \frac{E_1}{A_1} = \frac{E_2}{A_2} = E_0; \quad 2) \frac{A_1}{E_1} = \frac{A_2}{E_2} = 1;$$

$$3) A = \varepsilon; \quad 4) E = \varepsilon E_0.$$

25. Коэффициент температуропроводности выражается формулой:

$$1) a = \frac{c}{\rho \cdot \lambda}; \quad 2) a = \frac{\rho}{c \cdot \lambda};$$

$$3) a = \frac{\lambda}{c \cdot \rho};$$

$$4) a = \frac{c \cdot \rho}{\lambda}.$$

### **Критерии оценки:**

Ответ оценивается на **«отлично» от 18 до 20 баллов:** если даны правильные ответы на 22 и более вопросов, т.е. правильно выполнено 88-100% работы.

Ответ оценивается на **«хорошо» от 13 до 17 баллов:** если даны правильные ответы на 18 - 21 вопросов, т.е. правильно выполнено 72-84% работы.

Ответ оценивается на **«удовлетворительно» от 10 до 12 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*

Направление подготовки (специальности) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль подготовки «Машины и аппараты химических производств»

**Лабораторные работы**  
**по дисциплине Б1.О.27 «Термодинамика и основы теплопередачи»**

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 по **очной** форме предусматривается выполнение **деяти** лабораторных работ:

**Лабораторная работа 1. « Реальные газы».**

1. Чем отличаются реальные газы от идеальных?
2. Что называется коэффициентом сжимаемости?
3. Что положено в основу вывода уравнения Ван-дер-Ваальса?
4. Какой пар называется влажным насыщенным, сухим насыщенным и перегретым?
5. Что такое степень сухости?
6.  $p$ ,  $T_s$  и  $i_s$  – диаграммы водяного пара.

**Лабораторная работа 2. «Определение теплоемкости воздуха».**

1. Дать определение массовой, объемной и мольной теплоемкости.
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 3. «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 4. «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.

**Лабораторная работа 5. «Определение коэффициента теплопроводности твердого материала».**

1. Что такое теплопроводность?
2. Механизм распространения теплоты теплопроводностью в металлах, газах и жидкостях.
3. Закон Фурье.
4. Что называется коэффициентом теплопроводности?
5. Как влияют температура, давление и влажность на теплопроводность материалов?
6. Как определяется температура между слоями в многослойной плоской стенке?

**Лабораторная работа 6. «Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции».**

1. Что называется конвективным теплообменом?
2. От чего зависит коэффициент теплоотдачи?
3. Что характеризует критерий Рейнольдса?
4. Общий вид критериального уравнения.
5. Что характеризует критерий Грасгофа?
6. Записать критериальное уравнение при вынужденном движении жидкости в трубе.

**Лабораторная работа 7. «Лучистый теплообмен».**

1. Как осуществляется лучистый теплообмен?
2. Какая связь между длиной волны и частотой колебаний?
3. Закон Кирхгофа.
4. Что называется коэффициентом поглощения, отражения и пропускания?

5. Закон Планка и его графическое изображение.
6. Закон Вина.

**Лабораторная работа 8. «Исследование процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменном аппарате».**

1. Что такое теплопередача?
2. Во сколько этапов осуществляется процесс теплопередачи?
3. Типы и принцип действия теплообменных аппаратов.
4. Уравнение теплового баланса.
5. Уравнение теплопередачи.
6. От чего зависит температурный напор?

**Лабораторная работа 9. «Расчетно-экспериментальное определение коэффициента теплопередачи».**

1. Подобие процессов конвективного теплообмена.
2. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителей в трубах.
3. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании труб.
4. Общий вид критериального уравнения при турбулентном движении.
5. Общий вид критериального уравнения при ламинарном режиме.
6. Общий вид критериального уравнения при поперечном обтекании труб.

**Критерии оценки:**

При изучении дисциплины **по очной** обучения предусматривается выполнение **девяти** лабораторных работ, за эти работы студент может получить максимальное кол-во баллов – 40. **Каждая лабораторная работа оценивается по следующим критериям:**

Оценка «отлично» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $4 \leq R \leq 4,5$  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  $3,5 \leq R < 4$  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  $2,9 \leq R < 3,5$  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  $R < 2,9$  и работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

При изучении дисциплины по **очно-заочной** форме предусматривается выполнение **пяти** лабораторных работ:

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

1. Дать определение массовой, объемной и мольной теплоемкости.
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. «Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции».**

7. Что называется конвективным теплообменом?
8. От чего зависит коэффициент теплоотдачи?
9. Что характеризует критерий Рейнольдса?
10. Общий вид критериального уравнения.
11. Что характеризует критерий Грасгофа?
12. Записать критериальное уравнение при вынужденном движении жидкости в трубе.

**Лабораторная работа 4. «Исследование процесса теплопередачи в кожухотрубчатом теплообменном аппарате».**

1. Что такое теплопередача?
2. Во сколько этапов осуществляется процесс теплопередачи?
3. Типы и принцип действия теплообменных аппаратов.
4. Уравнение теплового баланса.
5. Уравнение теплопередачи.
6. От чего зависит температурный напор?

## Лабораторная работа 5. «Расчетно-экспериментальное определение коэффициента теплопередачи».

1. Подobie процессов конвективного теплообмена.
2. Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителей в трубах.
3. Теплоотдача при вынужденном поперечном обтекании труб.
4. Общий вид критериального уравнения при турбулентном движении.
5. Общий вид критериального уравнения при ламинарном режиме.
6. Общий вид критериального уравнения при поперечном обтекании труб.

### Критерии оценки:

При изучении дисциплины **по очно-заочной** обучения предусматривается выполнение **пяти** лабораторных работ, за эти работы студент может получить максимальное кол-во баллов – 40. **Каждая лабораторная работа оценивается по следующим критериям:**

Оценка «отлично» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $7 \leq R \leq 8$  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  $6 \leq R < 7$  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  $5,2 \leq R < 6$  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  $R < 5,2$  и работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

При изучении дисциплины **по заочной** форме предусматривается выполнение **трех** лабораторных работ:

### Лабораторная работа 1. «Определение теплоемкости воздуха».

1. Дать определение массовой, объемной и мольной теплоемкости.
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. «Определение коэффициента теплоотдачи при вынужденной конвекции».**

13. Что называется конвективным теплообменом?
14. От чего зависит коэффициент теплоотдачи?
15. Что характеризует критерий Рейнольдса?
16. Общий вид критериального уравнения.
17. Что характеризует критерий Грасгофа?
18. Записать критериальное уравнение при вынужденном движении жидкости в трубе.

**Критерии оценки:**

При изучении дисциплины по заочной обучения предусматривается выполнение *трех* лабораторных работ, за эти работы студент может получить максимальное кол-во баллов – 40. **Каждая лабораторная работа оценивается по следующим критериям:**

Оценка «отлично» ставится, если интервал баллов рейтинга студента  $11,5 \leq R \leq 13,3$  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  $10 \leq R < 11,5$  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  $8,7 \leq R < 10$  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  $R < 8,7$  и работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов; если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

### Критерии оценки лабораторной работы

При подготовке к лабораторной работе студент должен выполнить следующие виды работ:

<b>Виды работ</b>	<b>Минимальный балл о/оз/з</b>	<b>Максимальный балл о/оз/з</b>
Самостоятельная проработка теоретического материала к лабораторной работе	0,58/1,04/1,75	0,9/1,6/2,66
Ознакомление с установкой, прибором, методикой выполнения лабораторной работы	0,58/1,04/1,75	0,9/1,6/2,66
Выполнение необходимого эксперимента	0,58/1,04/1,75	0,9/1,6/2,66
Обработка результатов исследования, построение графиков	0,58/1,04/1,75	0,9/1,6/2,66
Анализ результатов исследования и вывод по работе	0,58/1,04/1,75	0,9/1,6/2,66
<b>ИТОГО :</b>	<b>2,9/5,2/8,7</b>	<b>4,5/8/13,3</b>

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.

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 (специальности) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль подготовки «Машины и аппараты химических производств»

**Комплект экзаменационных вопросов**  
по дисциплине **Б1.О.27 «Термодинамика и основы теплопередачи»**

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 процесс.
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.
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. Цикл холодильных установок. Цикл паровой компрессорной холодильной установки.
33. Цикл воздушной холодильной установки.
34. Три простейших вида переноса тепла.
35. Основные положения теории теплопроводности; стационарные и нестационарные температурные поля.
36. Основной закон теплопроводности (закон Фурье).
37. Дифференциальное уравнение теплопроводности твердого тела.
38. Коэффициент теплопроводности и его физический смысл.
39. Теплопроводность в плоской системе.
40. Теплопроводность в цилиндрической стенке.
41. Критический диаметр изоляции.
42. Передача теплоты через плоскую стенку.
43. Передача теплоты через цилиндрическую стенку.
44. Вопросы интенсификации теплопередачи.
45. Передача теплоты через ребристую стенку.
46. Передача теплоты через шаровую стенку.
47. Основы теории конвективного теплообмена.
48. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
49. Основы теории подобия.
50. Общий вид критерия уравнения и частные случаи.
51. Конвективный теплообмен при турбулентном движении жидкости в трубе.
52. Конвективный теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы.
53. Конвективный теплообмен при поперечном омывании пучков труб.
54. Конвективный теплообмен при свободном движении среды.
55. Конвективный теплообмен при ламинарном движении жидкости в трубе.
56. Теплообмен при кипении жидкости.
57. Теплообмен при конденсации пара. Влияние различных факторов на теплообмен при конденсации.
58. Лучистый теплообмен. Тепловое излучение. Классификация излучения по длинам волн.
59. Основы теплообмена излучением. Поглощательная, отражательная и пропускательная способность тел.



60. Спектральная и интегральная излучательная способность АЧТ. Законы Планка и Вина.
61. Излучательная способность серого тела и понятие степени черноты.
62. Закон Стефана-Больцмана для АЧТ. Расчет излучения реальных тел.
63. Закон Кирхгофа. Связь между излучательной и поглощательной способностью тел.
64. Экраны. Излучение газов. Сложный теплообмен.
65. Понятие эффективного излучения. Лучистый теплообмен между двумя параллельными пластинами.
66. Типы теплообменных аппаратов.
67. Основные положения теплового расчета.

### **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.

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 (специальности) 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»  
Профиль подготовки «Машины и аппараты химических производств»

**Комплект заданий для контрольных работ  
по дисциплине Б1.О.27 «Термодинамика и основы теплопередачи»**

По изучении дисциплины «Термодинамика и основы теплопередачи» 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 № 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	$p_1$ , бар	$V_{см}$ , м <sup>3</sup>	$t_1$ , °C	$t_2$ , °C	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  $\dot{c}_{см} = \sum r_i \dot{c}_i = \dot{c}_{см} / \rho_{см.(н.у.)}$ ,  $\rho_{см} = 1/v_{см}$ ,  $\rho v_{см} = R_{см} T$ ,  $R_{см} = \mu R / \mu_{см}$ ,  $\mu R = 8314 \text{ Дж/(кмоль К)}$ ,  $\mu_{см} = \sum_{i=1}^{i=n} r_i \mu_i$ ,  $\rho_{см.(н.у.)}$  - плотность смеси при нормальных условиях ( $T_{н\text{у}}=273 \text{ К}$ ,  $p_{н\text{у}} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ ).

## Задача № 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	$p_1$ , МПа	$t_1$ , °C	$p_2$ , 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 № 3.

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.3.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	Параметры пара I вари- ант			Предпоследняя цифра шифра	Параметры пара II вари- ант		
	$p_1$ , 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

### Задача № 4.

По трубе длиной  $l=3$  м и внутренним диаметром  $d$ , м движется жидкость со скоростью  $W$ , м/с. Средние по длине температуры стенки трубы  $t_c$ , °C, и жидкости  $t_{ж}$ , °C.

Рассчитать средний коэффициент конвективный теплоотдачи к жидкости или от нее к стенке.

Данные для решения задачи взять из табл.4.

Таблица 4

Последняя цифра шифра	$d$ , мм	$W$ , м/с	Предпоследняя цифра шифра	$t_c$ , °C	$t_{ж}$ , °C	Жидкость
0	0,010	0,1	0	20	120	Транс.масло
1	0,012	0,5	1	30	110	Глицерин
2	0,014	0,8	2	4	100	Вода
3	0,016	1,0	3	50	90	Транс.масло
4	0,018	1,5	4	60	80	Глицерин
5	0,020	2,0	5	70	50	Вода

6	0,013	2,5	6	80	50	Транс.масло
7	0,015	2,0	7	90	40	Глицерин
8	0,017	1,5	8	100	30	Вода
9	0,020	1,0	9	120	20	Транс.масло

### Задача № 5.

Плоская стальная стенка толщиной  $\delta_c$  омывается с одной стороны горячими газами с температурой  $t_{ж1}$ , а с другой стороны – водой с температурой  $t_{ж2}$ . Определить коэффициент теплопередачи  $k$  от газов к воде, плотность теплового потока и температуру обеих поверхностей стенки, если известны коэффициенты теплоотдачи от газа к стенке  $\alpha_1$  и от стенки к воде  $\alpha_2$ , а коэффициент теплопроводности стали  $\lambda_c = 50 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ . Определить также все указанные выше величины для случая, если стенка, омываемая водой, покрывается слоем накипи толщиной  $\delta_n$ ; коэффициент теплопроводности накипи  $\lambda_n = 0,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{град})$ . Показать, как изменится характер зависимости температуры от  $t_{ж1}$  до  $t_{ж2}$  по толщине слоя. Объяснить влияние отложения накипи на теплопередачу.

Данные для решения задачи взять из табл.5.

Таблица 5

Последняя цифра шифра	δс, мм	δн, мм	α1	α2	Предпослед- няя цифра шифра	tж1, °С	tж2, °С
			Вт/(м <sup>2</sup> · град)				
0	14	1,0	32	1200	0	300	50
1	16	1,5	35	1400	1	350	60
2	18	2,0	38	1600	2	400	70
3	20	2,5	40	1800	3	450	80
4	22	3,0	42	2000	4	500	90
5	15	1,0	45	1200	5	300	50
6	17	1,5	50	1400	6	350	60
7	19	2,0	55	1600	7	400	70
8	21	2,5	60	1800	8	450	80
9	23	3,0	65	2000	9	500	90

### 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.