

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г. ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

Согласовано

Директор
института
магистратуры



И. В. Космачёва

Утверждаю

Проректор
по цифровой трансформации
и образовательной деятельности



В.М. Поляков

ПРОГРАММА

вступительного испытания для поступающих в магистратуру

Направление 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Образовательная программа Энергетика теплотехнологии

Институт: магистратуры

Выпускающая кафедра: энергетики теплотехнологии

Белгород 2025 г.

1. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вступительное испытание включает теоретическую и практическую часть. Максимальное количество баллов вступительных испытаний составляет 100 баллов. Общее время проведения вступительных испытаний – 120 мин.

Теоретическая часть проводится в форме компьютерного тестирования путем случайной выборки вопросов (тестовых заданий) из списка, приведенного в разделе 2 Программы. Правильным ответом считается:

а) для тестового задания закрытой формы с одним правильным ответом – выбор правильного ответа;

б) для тестового задания закрытой формы с множественным выбором (несколькими правильными ответами) – выбор всех правильных ответов (при этом дополнительный выбор хотя бы одного неправильного ответа считается ошибкой);

в) для тестового задания открытой формы (задания-дополнения) – наличие в текстовом ответе «ключа» правильного ответа (или одного из нескольких «ключей»), без учета регистра букв.

Каждый правильный ответ на тестовое задание соответствует одному баллу.

Максимальное количество баллов за теоретическую часть – 50.

Время, отводимое на выполнение тестовых заданий теоретической части – 60 мин.

Практическая часть состоит из решения заданий, приведенных в разделе 3.

Задания с вариантом исходных данных включаются в экзаменационные билеты (10 заданий в одном билете). Исходные данные в заданиях определяются по номеру билета. Правильное решение одного задания соответствует 5 баллам.

Ответы на задания должны содержать: условия задания; полный ход решения, полученные ответы.

Максимальное количество баллов за практическую часть – 50.

Время, отводимое на выполнение тестовых заданий теоретической части – 60 мин.

Состав вступительных испытаний

№	Наименование разделов	Количество тестовых заданий раздела, включаемых в теоретическую часть	Количество заданий раздела, включаемых в практическую часть
1	Гидрогазодинамика	10	2
2	Техническая термодинамика	Часть 1. Основы термодинамики	2
		Часть 2. Технические приложения термодинамики	2
3	Тепломассообмен	10	2
4	Энергетический комплекс (системы энергоснабжения) промышленных предприятий	10	2
5	Котлы и системы теплоснабжения	10	–
Всего		50	10

2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН (ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ)

2.1. Гидрогазодинамика

2.1.1. Основные понятия гидрогазодинамики

1. Укажите, какие из перечисленных характеристик свойственны гидравлике, как разделу гидромеханики (выберите один или несколько вариантов)?
2. Укажите, какие из перечисленных характеристик свойственны теоретической гидромеханике (выберите один или несколько вариантов)?
3. Закончите фразу: «Предметом изучения в гидрогазодинамике является...» (введите ответ)
4. Какие из перечисленных процессов составляют внутреннюю задачу гидрогазодинамики (выберите один или несколько вариантов)?
5. Какие из перечисленных процессов составляют внешнюю задачу гидрогазодинамики (выберите один или несколько вариантов)?
6. Укажите, в каком из перечисленных случаев применима гипотеза о непрерывности среды (выберите один или несколько вариантов)?
7. Какие из перечисленных свойств характерны для идеальной жидкости (выберите один или несколько вариантов)?
8. Какие из перечисленных веществ считаются сжимаемыми жидкостями (выберите один или несколько вариантов)?
9. Как называется величина, обратная плотности жидкости? (выберите правильный вариант)
10. Для каких из перечисленных жидкостей неприменим закон Ньютона для внутреннего трения (выберите один или несколько вариантов)?
11. Манометр показывает избыточное давление рабочей среды, равное 2000 Па. Определите абсолютное давление рабочей среды, если атмосферное давление составляет 101325 Па. Ответ приведите в Паскалях. (введите ответ в виде целого числа)
12. Вакуумметр показывает разрежение рабочей среды, равное 1300 Па. Определите абсолютное давление рабочей среды, если атмосферное давление составляет 101325 Па. Ответ приведите в Паскалях. (введите ответ в виде целого числа)
13. Плотность продуктов сгорания при нормальных условиях (0,1 МПа, 0 °С) составляет 1 кг/м³. Определите плотность этих продуктов сгорания при рабочих условиях: давление (абсолютное) 0,2 МПа, температура 273 °С. (введите ответ в виде целого числа)
14. Удельный объем газа при нормальных условиях (0,1 МПа, 0 °С) составляет 0,8 м³/кг. Определите удельный объем газа при рабочих условиях: разрежение 0,02 МПа, температура 273 °С.
15. Коэффициент динамической вязкости жидкости составляет 1 мПа·с, а ее плотность 1000 кг/м³. Определите коэффициент кинематической вязкости указанной жидкости. (введите ответ в виде целой мантиссы X числа X·10⁻⁶ м²/с)

2.1.2. Основы гидростатики

16. Какие внешние силы действуют на жидкость в элементарном объеме, находящуюся в состоянии покоя (выберите один или несколько вариантов)?
17. К каким силам относятся силы давления? (выберите правильный вариант)
18. К каким силам относится сила тяжести? (выберите правильный вариант)
19. Закончите фразу: «Гидростатическое давление направлено...» (введите ответ)

20. Что собой представляет приведенная система дифференциальных уравнений?

$$(введите ответ) \begin{cases} X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = 0; \\ Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = 0; \\ Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = 0. \end{cases}$$

21. Закончите фразу: «Давление в каждой точке свободной поверхности жидкости в открытом водоеме ...» (выберите правильный вариант)

22. Как называется величина $z + (p/\rho g)$, входящая в основное уравнение гидростатики? (выберите правильный вариант)

23. Как называется величина z , входящая в основное уравнение гидростатики? (выберите правильный вариант)

24. Как называется величина $p/\rho g$, входящая в основное уравнение гидростатики? (выберите правильный вариант)

25. Закончите фразу: «Согласно закону Паскаля, внешнее давление на свободной поверхности жидкости, находящейся в равновесии, передается ... » (выберите правильный вариант)

26. Какой высотой от нулевой отметки должна быть водонапорная башня, соединенная с атмосферой, чтобы при заполнении ее до верху водой плотностью 1000 кг/м^3 манометр, установленный на нулевой отметке, показывал давление 2 кгс/см^2 ? (введите ответ в виде целого числа)

27. На какой высоте над осью всасывающего патрубка насоса должна находиться свободная поверхность воды в баке-аккумуляторе для того, чтобы абсолютное давление воды на всасывающем патрубке насоса было равно $2,7 \text{ кгс/см}^2$? Абсолютное давление в баке-аккумуляторе поддерживается $1,2 \text{ кгс/см}^2$. Плотность воды принять равной 1000 кг/м^3 . (введите ответ в виде целого числа)

28. Манометр, установленный на дне герметичного бака-аккумулятора подпиточной воды, показывает давление 3 ат . Какое давление будет показывать этот манометр, если давление над уровнем воды в данном баке-аккумуляторе понизится на 1 ат ? (введите ответ в виде целого числа)

29. Манометр, установленный на дне открытого бака-аккумулятора, заполненного водой, плотность которой составляет 1000 кг/м^3 , показывает давление $2,5 \text{ кгс/см}^2$. Какое давление будет показывать этот манометр, если уровень воды в баке понизится на 5 м ? Ответ приведите в кгс/см^2 (введите ответ в виде целого числа).

30. В баке-аккумуляторе, соединенном с атмосферой, находится вода, плотность которой составляет 1000 кг/м^3 . Манометр, присоединенный в некоторой точке к стенке бака, показывает давление $0,3 \text{ кгс/см}^2$. На какой высоте над данной точкой находится уровень воды в баке-аккумуляторе? (введите ответ в виде целого числа)

2.1.3. Основы кинематики жидкости

31. Что является предметом изучения в разделе гидромеханики: «Кинематика жидкости»? (выберите правильный вариант)

32. Закончите фразу: «При установившемся течении жидкости основные характеристики потока ...» (выберите правильный вариант)

33. Что лежит в основе метода Лагранжа математического описания движения частицы (субстанционального метода)? (выберите правильный вариант)

34. Могут ли совпадать линия тока и траектория движения частицы? (выберите правильный вариант)

35. Могут ли пересекаться две линии тока? (выберите правильный вариант)

36. Какие из перечисленных свойств относятся к свойствам элементарной струйки тока (выберите один или несколько вариантов ответа)?

37. Как называется совокупность элементарных струек, протекающих через площадку достаточно больших (конечных) размеров? (выберите правильный вариант)
38. Что представляет собой живое сечение? (выберите правильный вариант)
39. Чему равен эквивалентный диаметр круглой трубы? (выберите правильный вариант)
40. Как называется одинаковая во всех точках потока скорость, при которой расход потока будет таким же, что и при фактических местных скоростях? (выберите правильный вариант)
41. Выражением какого закона является уравнение неразрывности? (выберите правильный вариант)
42. Определите эквивалентный диаметр воздухопровода прямоугольного сечения, если его ширина составляет 200 мм, а высота 300 мм. Ответ приведите в миллиметрах (в виде целого числа).
43. Трубопровод, по которому движется поток воды, включает прямой участок внутренним диаметром 30 мм, конфузор и прямой участок внутренним диаметром 20 мм. Определите скорость воды на участке за конфузором, если перед конфузором ее скорость составляет 1 м/с. Ответ приведите с точностью до сотых (с двумя знаками после запятой).
44. Воздух, плотность которого составляет 0,6 кг/м³, поступает в прямолинейный воздухопровод постоянного сечения со скоростью 5 м/с. Определите скорость воздуха на выходе из воздухопровода, если его плотность увеличится до 0,8 кг/м³. Ответ приведите с точностью до сотых (с двумя знаками после запятой).
45. Вода плотностью 1000 кг/м³ движется в канале, площадь живого сечения которого равна 0,005 м², со скоростью 2 м/с. Определите секундный массовый расход воды (введите ответ в виде целого числа).
46. Расход воздуха, движущегося в воздухопроводе прямоугольного сечения, равен 1 м³/с. Ширина сечения воздухопровода 500 мм, а его высота 400 мм. Определите среднюю скорость воздуха в воздухопроводе (введите ответ в виде целого числа).

2.1.4. Динамика жидкости

47. Что собой представляет приведенная система (выберите правильный вариант)
- $$\left\{ \begin{array}{l} X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_x}{\partial z}; \\ Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{\partial v_y}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_y}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_y}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_y}{\partial z}; \\ Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{\partial v_z}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_z}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_z}{\partial y} + v_z \frac{\partial v_z}{\partial z}. \end{array} \right.$$
48. Выражением какого закона является уравнение Бернулли? (выберите правильный вариант)
49. Для каких условий применимо уравнение Бернулли (выберите один или несколько ответов)?
50. Как называется величина $z + \frac{p}{\rho g} + \frac{v^2}{2g}$, входящая в уравнение Бернулли? (выберите правильный вариант)
51. Как называется величина $\rho v^2/2$, входящая в уравнение Бернулли? (выберите правильный вариант)
52. Каков физический смысл пьезометрического напора? (выберите правильный вариант)
53. Каков физический смысл динамического давления? (выберите правильный вариант)

54. Что собой представляет приведенное уравнение $z_1 + \frac{p_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_{1cp}^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_{2cp}^2}{2g} + h_{1-2}$? (выберите правильный вариант)

55. Что собой представляет приведенная система дифференциальных уравнений?

$$\begin{cases} X - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} = \frac{dv_x}{dt} - v \nabla^2 v_x; \\ Y - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} = \frac{dv_y}{dt} - v \nabla^2 v_y; \\ Z - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} = \frac{dv_z}{dt} - v \nabla^2 v_z. \end{cases}$$

(выберите правильный вариант)

56. Что собой представляет гидравлический уклон? (выберите правильный вариант)

57. С какой целью используется пьезометр? (выберите правильный вариант)

58. С какой целью используется трубка Пито-Прандтля? (выберите правильный вариант)

59. С какой целью в промышленности используются сужающие устройства? (выберите правильный вариант)

60. Полный гидродинамический напор движущейся жидкости плотностью 1000 кг/м³ составляет 200 м. Определите полное давление этой жидкости. Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с². Ответ приведите в мегапаскалях (в виде целого числа).

61. Определите потери давления в горизонтальном трубопроводе, если средняя скорость протекающей по нему с постоянным расходом воды плотностью 1000 кг/м³ изменяется с 2 м/с до 1 м/с, а статическое давление возрастает на 500 Па. Ответ приведите в Паскалях (в виде целого числа).

62. На оси горизонтального трубопровода, по которому протекает жидкость плотностью 1000 кг/м³ установлена трубка Пито-Прандтля. Регистрирующий прибор, присоединенный к ней, показывает динамическое давление 2000 Па. Определите максимальную скорость жидкости в трубопроводе (введите ответ в виде целого числа).

63. По горизонтальному гидравлически гладкому трубопроводу протекает жидкость плотностью 1000 кг/м³. На трубопроводе установлена измерительная диафрагма. Присоединенный к ней регистрирующий прибор показывает разность статических давлений 500 Па. Определите объемный расход жидкости в трубопроводе, м³/ч, если коэффициент расхода диафрагмы равен 1, а площадь отверстия диафрагмы 0,01 м². (введите ответ в виде целого числа).

2.1.5. Основы моделирования гидродинамических процессов

64. Как называются отношения сходственных размеров двух геометрически подобных систем? (выберите правильный вариант)

65. Как называется величина, показывающая соотношение масштабов геометрически подобных систем? (выберите правильный вариант)

66. Какие из представленных инвариант подобия являются симплексами (выберите один или несколько вариантов ответа)?

67. Какие из представленных инвариант подобия являются комплексами (выберите один или несколько вариантов ответа)?

68. Какой критерий подобия представляет собой соотношение силы инерции и силы тяжести? (выберите правильный вариант)

69. Какой критерий подобия представляет собой соотношение силы давления и силы инерции? (выберите правильный вариант)

70. Какой критерий подобия представляет собой соотношение силы инерции и силы внутреннего трения? (выберите правильный вариант)

71. Какой критерий подобия представляет собой соотношение силы инерции и силы поверхностного натяжения? (выберите правильный вариант)

72. Как называются критерии подобия, содержащие в себе физические величины, от которых зависит протекание процесса? (выберите правильный вариант)

73. Какая из приведенных ниже теорем подобия дает возможность проверить, имеет ли место подобие рассматриваемых гидродинамических процессов (выберите один или несколько вариантов ответа)?

2.1.6. Особенности течения жидкости в трубах и каналах

74. Как называется режим течения жидкости, при котором ее слои скользят друг относительно друга, не разрываясь, а случайные пульсации скорости и давления подавляются силами внутреннего трения и не влияют на движение жидкости? (выберите правильный вариант)

75. Как называется режим течения жидкости, который характеризуется интенсивным возникновением и хаотическим перемещением вихрей, сопровождающимся беспорядочными пульсациями скорости в каждой точке потока? (выберите правильный вариант)

76. При течении жидкости наблюдается переходный режим. Укажите, какие из перечисленных факторов могут привести к тому, что режим течения станет турбулентным (выберите один или несколько вариантов ответа)?

77. Какой из критериев подобия позволяет оценить режим течения жидкости? (выберите правильный вариант)

78. Вследствие чего с физической точки зрения возникает гидравлическое сопротивление трубопроводов? (выберите правильный вариант)

79. Что является причиной линейного падения давления в трубопроводе (выберите один или несколько вариантов ответа)?

80. Закончите фразу: «Пограничный слой – это относительно тонкий слой, в котором ...» (выберите правильный вариант)

81. Что собой представляет приведенная система дифференциальных уравнений?

$$\begin{cases} -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + v \frac{\partial^2 v_x}{\partial y^2} = \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_x \frac{\partial v_x}{\partial x} + v_y \frac{\partial v_x}{\partial y}; \\ \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} = 0. \end{cases}$$

(выберите правильный вариант)

82. Каким образом увеличение скорости потока отражается на величине падения давления в трубопроводе? (выберите правильный вариант)

83. В каком из представленных ниже случаев целесообразно использование для расчета коэффициента гидравлического трения следующей формулы

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \left(\frac{\Delta_3}{d_3} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25} ? \text{ (выберите правильный вариант)}$$

84. Жидкость плотностью 1000 кг/м³ движется по прямому трубопроводу, внутренний диаметр которого равен 15 мм, со скоростью 0,1 м/с. Определите режим течения этой жидкости, если ее вязкость равна 1·10⁻³ Па·с (введите ответ).

85. Воздух плотностью 1,2 кг/м³ движется по прямому воздухопроводу прямоугольного сечения, высота которого равна 400 мм, а ширина 600 мм, со скоростью 2 м/с. Определите режим течения воздуха, если ее вязкость равна 18·10⁻⁶ Па·с (введите ответ).

86. Определите коэффициент гидравлического трения при течении жидкости, плотность которой составляет 1000 кг/м³, а вязкость 1·10⁻³ Па·с, по прямому трубопроводу круглого сечения внутренним диаметром 0,01 м со скоростью 0,2 м/с (введите ответ в виде числа с тремя знаками после запятой).

87. Определите линейное падение давления в трубопроводе внутренним диаметром 50 мм и длиной 50 м при течении в нем жидкости плотностью 1000 кг/м^3 со скоростью 2 м/с. Коэффициент гидравлического трения в трубопроводе принять равным 0,02. Ответ приведите в Паскалях (виде целого числа).

88. Газ плотностью $0,8 \text{ кг/м}^3$ движется по газопроводу со средней скоростью 5 м/с. На газопроводе имеются гладкий гнутый отвод, коэффициент местного сопротивления в котором составляет 0,1, и диафрагма, коэффициент местного сопротивления в которой составляет 2,4. Определите потери давления в местных сопротивлениях в газопроводе. Ответ приведите в Паскалях (в виде целого числа).

89. Определите мощность насоса для перекачивания $36 \text{ м}^3/\text{ч}$ жидкости, если полное давление насоса составляет 5 МПа, а его КПД 0,8. Ответ приведите в Ваттах (в виде целого числа).

2.1.7. Относительное движение тела и жидкости

90. Какое явление, возникающее при обтекании потоком какого-либо тела, называется отрывом пограничного слоя? (выберите правильный вариант)

91. Укажите необходимые условия отрыва пограничного слоя в случае обтекания потоком какого-либо твердого тела (выберите один или несколько вариантов ответа)?

92. Закончите фразу: «При омывании плоской пластины, расположенной перпендикулярно потоку, давление в критической точке ... » (выберите правильный вариант)

93. От чего зависит коэффициент лобового сопротивления давлению потока на тело заданных формы и ориентированности? (выберите правильный вариант)

94. Сумма каких сил составляет силу лобового сопротивления при относительном движении тела в потоке жидкости? (выберите правильный вариант)

95. По какой формуле определяется коэффициент лобового сопротивления при равномерном движении шара в жидкости, происходящем при малых числах Рейнольдса ($Re < 1$)? (выберите правильный вариант)

96. По какой формуле определяется коэффициент лобового сопротивления при равномерном осаждении шара в жидкости, происходящем при высоких числах Рейнольдса? (выберите правильный вариант)

97. Какие внешние силы действуют на шар при его равномерном осаждении в жидкости при высоких числах Рейнольдса (выберите один или несколько вариантов ответа)?

98. Что собой представляет миделевое сечение? (выберите правильный вариант)

99. Как называется скорость направленного вверх потока жидкости, равная скорости свободного осаждения твердой шарообразной частицы? (выберите правильный вариант)

2.1.8. Двухфазные потоки и системы

100. Какие из перечисленных гетерогенных систем относятся к газовзвесям (выберите один или несколько вариантов ответа)?

101. Как называется гетерогенная система, в которой сплошной фазой является жидкость, а дисперсной – твердые включения? (выберите правильный вариант)

102. Как называется гетерогенная система, в которой сплошной фазой является жидкость, а дисперсной – пузыри газа? (выберите правильный вариант)

103. Как называется гетерогенная система, в которой сплошной фазой является газ, а дисперсной – твердые включения? (выберите правильный вариант)

104. Как называется гетерогенная система, в которой сплошной фазой является газ, а дисперсной – жидкие включения? (выберите правильный вариант)

105. Как называется гетерогенная система, в которой сплошной фазой является жидкость, а дисперсной – включения другой, не растворяющейся в первой, жидкости?

106. Что называется порозностью слоя? (выберите правильный вариант)

107. Как называется скорость, равная объему газа, прошедшему через слой, отношению к площади поперечного сечения слоя и времени? (выберите правильный вариант)

108. Как называется структура восходящего газожидкостного потока, когда в среднем сечении трубы движется сплошной поток газа, в котором распределены капельки воды, а по стенке движется сплошной поток воды? (выберите правильный вариант)

109. Как называется структура восходящего газожидкостного потока, при которой практически все сечение трубы занимает движущийся с большой скоростью газ с распределенной в нем в виде капелькой водой, а на стенке трубы остается тонкая пленка воды? (выберите правильный вариант)

110. Плотность сыпучего материала составляет 900 кг/м^3 . Определите порозность слоя материала, если объем, занимаемый слоем, составляет 6,25 литра, а масса материала 45 кг (введите ответ в виде числа с одним знаком после запятой).

111. Объем слоя зернистого материала составляет 5 л, а объем твердой дисперсной фазы равен 3,5 л. Определите действительную скорость газа в зазорах между частицами, если его фиктивная скорость 3 м/с (введите ответ в виде целого числа).

112. Определите гидродинамическое сопротивление псевдооживленного слоя твердых частиц плотностью 951 кг/м^3 , через который проходит воздух плотностью 1 кг/м^3 , если толщина слоя 40 см, а его порозность 0,5. Ускорение свободного падения принять 10 м/с^2 . Ответ приведите в Паскалях (в виде целого числа).

113. Определите порозность псевдооживленного слоя твердых частиц плотностью 901 кг/м^3 , через который проходит воздух плотностью 1 кг/м^3 , если толщина слоя 20 см, а гидравлическое сопротивление псевдооживленного слоя 900 Па. Ускорение свободного падения принять 10 м/с^2 (введите ответ в виде целого числа в %).

114. Высота неподвижного слоя составляет 0,3 м. Определите высоту взвешенного слоя, если порозность взвешенного слоя составляет 0,5. Порозность неподвижного слоя перед началом псевдооживления равна 0,4. Ответ приведите в миллиметрах (в виде целого числа).

2.1.9. Одномерные течения газа

115. Что собой представляет приведенное уравнение $U + \frac{P}{\rho} + \frac{v^2}{2} = \text{const}$? (выберите правильный вариант)

116. Как называют скорость распространения малых возмущений? (выберите правильный вариант)

117. К каким процессам можно отнести процесс распространения звуковых волн? (выберите правильный вариант)

118. Каким будет число Маха при движении потока со скоростью звука? (выберите правильный вариант)

119. Как изменяются скорость и давление потока в сужающейся трубе при дозвуковом течении? (выберите правильный вариант)

120. Как изменяются скорость и давление потока в сужающейся трубе при сверхзвуковом течении? (выберите правильный вариант)

121. Чему должно равняться число Маха потока в минимальном сечении сопла Лаваля? (выберите правильный вариант)

122. В каком потоке могут возникать скачки уплотнений? (выберите правильный вариант)

123. Каким образом изменяются параметры потока при скачке уплотнения? (выберите правильный вариант)

124. Существование каких типов прямых тепловых скачков возможно в реальных условиях (выберите один или несколько вариантов ответа)?

2.2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

2.2.1. Основные понятия и определения

1. Как называется термодинамическая система, между любыми частями которой нет поверхностей раздела (выберите правильный вариант).
2. Как называется термодинамическая система, состоящая из отдельных частей, разграниченных поверхностями раздела (выберите правильный вариант).
3. Однородная часть гетерогенной системы называется....
4. Какие термодинамические системы называются открытыми? (выберите правильный вариант)
5. Какие термодинамические системы называются адиабатными? (выберите правильный вариант)
6. Какие термодинамические системы называются изолированными? (выберите правильный вариант)
7. Состояние термодинамической системы, при котором значения параметров во всех частях ее остаются неизменными во времени, называется ... (введите ответ).
8. Если значения параметров изменяются во времени, то состояние термодинамической системы называется ... (введите ответ).
9. Термодинамический процесс, происходящий при постоянной температуре системы, называется ... (введите ответ).
10. Термодинамический процесс, происходящий при постоянном давлении, называется (выберите правильный вариант).
11. Термодинамический процесс, происходящий при постоянной объеме, называется (выберите правильный вариант).
12. Термодинамический процесс, происходящий при отсутствии теплообмена с окружающей средой, называется (выберите правильный вариант).
13. Свойства, не зависящие от количества вещества в системе, называются (выберите правильный вариант).
14. Свойства, зависящие от количества вещества в системе, называются (выберите правильный вариант).
15. Переведите 500°C в шкалу Кельвина (введите ответ в виде целого числа).
16. Переведите 500K в шкалу Цельсия (введите ответ в виде целого числа).
17. Разность температур составляет 300K . Какой величины эта разность будет в градусах Цельсия? (введите ответ в виде целого числа).
18. Атмосферное давление 101 кПа . Избыточное давление в сосуде 26 кПа . Какое в сосуде абсолютное давление? (введите ответ в виде целого числа в кПа).
19. Атмосферное давление 101 кПа . Разрежение в сосуде 26 кПа . Какое в сосуде абсолютное давление? (введите ответ в виде целого числа в кПа).
20. Переведите 1 м вод. ст. в Па (введите ответ в виде целого числа).
21. Переведите 1 кгс/см^2 в Па (введите ответ в виде целого числа).
22. Связь между удельным объемом v , массой m , объемом V (выберите правильный вариант).
23. Связь между плотностью ρ , массой m , объемом V (выберите правильный вариант).

2.2.2. Идеальный газ. Законы идеального газа

24. Закон Бойля-Мариотта (выберите правильный вариант).
25. Закон Гей-Люссака (выберите правильный вариант).
26. Уравнение Клапейрона (выберите правильный вариант).

27. Физический смысл удельной газовой постоянной (выберите правильный вариант).
28. От чего зависит удельная газовая постоянная? (выберите правильный вариант)
29. Связь между газовой постоянной R и универсальной газовой постоянной R_u (μ – молярная масса). (выберите правильный вариант)
30. Чему равна универсальная газовая постоянная (выберите правильный вариант).
31. Давление, которое бы создавал газ, входящий в газовую смесь, если бы он один занимал весь объем газовой смеси, называется... (введите ответ).
32. Общее давление газовой смеси состоит из: (выберите правильный вариант).

2.2.3. Теплоемкость газов

33. Что такое удельная теплоемкость (выберите правильный вариант).
34. Какая удельная теплоемкость вещества, в кДж/(кг·К), если для нагрева 2 кг от 20 до 80°C затрачено 180 кДж теплоты? (введите ответ в виде числа с одним знаком после запятой).
35. Как определяется средняя теплоемкость тела (выберите правильный вариант).
36. Как определяется истинная теплоемкость тела (выберите правильный вариант).
37. Размерность удельной массовой теплоемкости (выберите правильный вариант).
38. Чему равна разность удельной массовой изобарной и изохорной теплоемкостей для идеальных газов (выберите правильный вариант).

2.2.4. Первый закон термодинамики

39. Первый закон термодинамики для рабочего тела, находящегося в относительном покое, выражается уравнением: (выберите правильный вариант).
40. Какая формулировка не соответствует первому закону термодинамики (выберите правильный вариант).
41. Единицы измерения расхода теплоты, энергии, работы, эксергии? (выберите правильный вариант)
42. Теплота, подведенная к системе, в технической термодинамике считается ... (выберите правильный вариант).
43. Теплота, отведенная от системы, в технической термодинамике считается ... (выберите правильный вариант).
44. Работа, совершаемая системой, в технической термодинамике считается ... (выберите правильный вариант).
45. Работа, совершаемая над системой, в технической термодинамике считается ... (выберите правильный вариант).
46. Что такое работа расширения (или сжатия)? (выберите правильный вариант)
47. Как определяется работа расширения (или сжатия)? (выберите правильный вариант)
48. Что такое располагаемая работа? (выберите правильный вариант)
49. Как определяется располагаемая работа? (выберите правильный вариант)
50. Как определяется удельная энтальпия (выберите правильный вариант).
51. Как определяется удельная энтальпия (выберите правильный вариант).
52. Чему равна 1 кал (выберите правильный вариант).
53. При какой температуре принято, что энтальпия идеального газа равна нулю? (выберите правильный вариант)

2.2.5. Основные термодинамические процессы идеальных газов

54. В каком процессе изменение внутренней энергии равно нулю? (выберите правильный вариант)
55. В каком процессе располагаемая работа равна нулю? (выберите правильный вариант)
56. В каком процессе удельная работа равна нулю? (выберите правильный вариант)
57. В каком процессе энергообмен рабочего тела с окружающей средой происходит только в форме работы? (выберите правильный вариант)
58. Какой процесс изменения состояния рабочего тела всегда протекает при постоянной теплоемкости? (выберите правильный вариант)
59. Уравнение изотермического процесса (выберите правильный вариант).
60. Уравнение адиабатного процесса (выберите правильный вариант).

2.2.6. Второй закон термодинамики

61. Какая формулировка не соответствует второму закону термодинамики (выберите правильный вариант).
62. Какие циклы называются прямыми? (выберите правильный вариант)
63. Какие циклы называются обратными? (выберите правильный вариант)
64. Из каких процессов состоит цикл Карно? (выберите правильный вариант)
65. Как формулируется теорема Карно (выберите правильный вариант).
66. Термический КПД цикла Карно (выберите правильный вариант).
67. Математическое выражение второго закона термодинамики для обратимых процессов (выберите правильный вариант).
68. Математическое выражение второго закона термодинамики для необратимых процессов (выберите правильный вариант).
69. Как определяется энтропия (выберите правильный вариант).
70. Как изменяется энтропия в обратимом адиабатном процессе? (выберите правильный вариант)
71. Как изменяется энтропия в необратимом процессе? (выберите правильный вариант)
72. Как изменяется энтропия системы в процессе подвода к ней теплоты (выберите правильный вариант).
73. Объединенное выражение первого и второго закона термодинамики (выберите правильный вариант).
74. Объединенное выражение первого и второго закона термодинамики (выберите правильный вариант).

2.2.7. Реальные газы

75. Какими свойствами характеризуется идеальный газ (выберите правильный вариант).
76. Определение коэффициента сжимаемости реального газа (выберите правильный вариант).
77. Чему равен коэффициент сжимаемости идеального газа (выберите правильный вариант).
78. Какие значения может принимать коэффициент сжимаемости реального газа (выберите правильный вариант).
79. Что определяет величина b в уравнении Ван-дер-Ваальса (выберите правильный вариант).
80. Что определяет разность $v - b$ в уравнении Ван-дер-Ваальса (выберите правильный вариант).

81. Что определяет соотношение a/v^2 в уравнении Ван-дер-Ваальса (выберите правильный вариант).

82. Какую размерность имеет соотношение a/v^2 в уравнении Ван-дер-Ваальса (выберите правильный вариант).

2.2.8. Фазовые переходы

83. Чем характеризуется фазовый переход? (отметьте все варианты, являющиеся правильными)

84. Как называется фазовый переход из твердого состояния в газообразное (парообразное)? (выберите правильный вариант)

85. Как называется фазовый переход из газообразного (парообразного) состояния в твердое? (выберите правильный вариант)

86. Как определяется правило фаз Гиббса (выберите правильный вариант).

87. Число степеней свободы однокомпонентной термодинамической системы с одной фазой равно ... (введите ответ в виде целого числа).

88. Число степеней свободы пароводяной смеси (например, в испарительной поверхности котла) равно ... (введите ответ в виде целого числа).

89. Как соотносятся плотность жидкости $\rho_{ж}$ и пара ρ_n при температуре и давлении. выше критических (выберите правильный вариант).

90. При каких соотношения температур вещества T и критической температуры $T_{кр}$ невозможно перевести пар в жидкость изотермическим сжатием (выберите правильный вариант).

91. Какой вид имеет уравнение Клапейрона – Клаузиуса, описывающее переход вещества из одного агрегатного состояния в другое (выберите правильный вариант).

92. К каким изменениям агрегатных состояний химически однородных веществ применимо уравнение Клапейрона – Клаузиуса (выберите правильный вариант).

2.2.9. Водяной пар

93. Что такое верхняя (правая) пограничная кривая в p, v - и T, s - диаграммах (выберите правильный вариант).

94. Что такое нижняя (левая) пограничная кривая в p, v - и T, s - диаграммах (выберите правильный вариант).

95. В каком состоянии находится вещество на верхней (правой) пограничной кривой в p, v - и T, s - диаграммах (выберите правильный вариант).

96. В каком состоянии находится вещество на нижней (левой) пограничной кривой в p, v - и T, s - диаграммах (выберите правильный вариант).

97. Что такое влажный пар? (выберите правильный вариант)

98. Пар, в котором отсутствуют взвешенные частицы жидкой фазы, а температура равна температуре кипения, соответствующей данному давлению, называется ... (выберите правильный вариант).

99. Пар, в котором отсутствуют взвешенные частицы жидкой фазы, а температура выше температуры кипения, соответствующей данному давлению, называется ... (выберите правильный вариант).

100. Что такое степень сухости влажного пара x ? (выберите правильный вариант)

101. Как определяется степень влажности пара? (выберите правильный вариант)

102. Количество теплоты, затраченное в изобарно-изотермическом процессе перехода 1 кг жидкости в пар называется ... (выберите правильный вариант).

103. Теплота парообразования равна ... (выберите правильный вариант).

104. При температуре 100°C энтальпия сухого насыщенного пара равна $2676,3$ кДж/кг, а энтальпия жидкости в состоянии насыщения – $419,1$ кДж/кг. Чему равна теплота парообразования? (выберите правильный вариант)

105. Что такое степень перегрева пара с температурой T (T_s – температура насыщения пара того же давления)? (выберите правильный вариант)

106. Удельный объем сухого насыщенного пара при температуре 100°C равен $1,674 \text{ м}^3/\text{кг}$, удельный объем воды в состоянии насыщения при этой же температуре – $0,001 \text{ м}^3/\text{кг}$. Степень сухости пара $x = 0,9$. Чему равен удельный объем пароводяной смеси? (введите ответ в виде числа с двумя знаками после запятой).

107. Как определяется показатель адиабаты k в области влажного насыщенного пара (выберите правильный вариант).

108. Как определяется показатель адиабаты k в области сухого насыщенного пара (выберите правильный вариант).

109. Как определяется показатель адиабаты k в области перегретого пара (выберите правильный вариант).

110. Количество подведенной теплоты в изохорном процессе 1–2 (выберите правильный вариант).

111. Количество подведенной теплоты в изобарном процессе 1–2 (выберите правильный вариант).

112. Количество подведенной теплоты в изотермическом процессе 1–2 (выберите правильный вариант).

113. Как определяется количество подведенной теплоты в адиабатном процессе 1–2 для водяного пара (выберите правильный вариант).

2.2.10. Влажный воздух

114. Максимальное парциальное давление водяного пара при заданной температуре называется ... (выберите правильный вариант).

115. Влажный воздух, содержащий максимально возможное количество водяного пара при заданной температуре называется ... (выберите правильный вариант).

116. Какое соотношение между парциальным давлением пара p_n и давлением насыщения p_s в ненасыщенном влажном воздухе? (выберите правильный вариант)

117. Определение относительной влажности φ влажного воздуха (p_n – парциальное давление пара; p_s – давление насыщения; m_n – масса водяного пара, содержащегося во влажном воздухе; m_b – масса сухого воздуха). (выберите правильный вариант)

118. Определение влагосодержания x влажного воздуха (p_n – парциальное давление пара; p_s – давление насыщения; m_n – масса водяного пара, содержащегося во влажном воздухе; m_b – масса сухого воздуха). (выберите правильный вариант)

119. Какая температура для ненасыщенного воздуха выше – точки росы или мокрого термометра? (выберите правильный вариант)

120. Плотность какого воздуха при одинаковой температуре больше, сухого или влажного? (выберите правильный вариант)

121. У какого воздуха при одинаковой температуре энтальпия выше, сухого или влажного? (выберите правильный вариант)

122. Что на I, x – диаграмме показывает пограничная кривая ($\varphi = 100\%$). (выберите правильный вариант)

2.2.11. Процессы течения газов и жидкостей

123. Какие составляющие входят в работу, совершаемую потоком (отметьте все необходимые пункты).

124. Первый закон термодинамики в общем виде для потока вещества выражается с помощью уравнения: ... (выберите правильный вариант).

125. Как называется уравнение первого закона термодинамики для обратимого адиабатного потока несжимаемой жидкости? (выберите правильный вариант)

126. Вид уравнения Бернулли: ... (выберите правильный вариант).

127. Располагаемая работа это ... (выберите правильный вариант).

128. От чего зависит критическое отношение давлений при истечении газов через сопла? (выберите правильный вариант)

129. Скорость распространения бесконечно малых возмущений в сплошной среде называется скоростью ... (введите ответ).

130. Отношение скорости течения к местной скорости звука называется... (введите ответ).

131. Как изменяется скорость газа при течении в расширяющемся сопле при числе Маха, большем 1 (выберите правильный вариант).

132. Как изменяется скорость газа при течении в расширяющемся сопле при числе Маха, меньшем 1 (выберите правильный вариант).

133. Что такое сопло при дозвуковых скоростях потока? (выберите правильный вариант)

134. Что такое диффузор при дозвуковых скоростях потока? (выберите правильный вариант)

135. Что представляет собой сопло Лавалья (выберите правильный вариант).

136. Как соотносятся температура адиабатного торможения $T_{a.m}$ и температура потока T ? (выберите правильный вариант)

2.2.12. Дросселирование. эффект Джоуля-Томсона

137. Какой процесс называется дросселированием? (выберите правильный вариант)

138. Как изменится энтальпия рабочего тела после дросселирования (выберите правильный вариант).

139. Как изменяется энтропия реального газа при дросселировании (выберите правильный вариант).

140. Как изменяется удельный объем реального газа при дросселировании (выберите правильный вариант).

141. Как изменяется давление реального газа при дросселировании (выберите правильный вариант).

142. Как изменяется температура идеального газа при дросселировании (выберите правильный вариант).

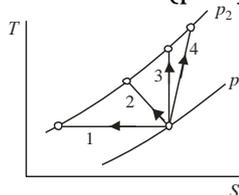
143. Как изменяется температура реального газа при дросселировании (выберите правильный вариант).

144. Что такое дроссель-эффект? (выберите правильный вариант)

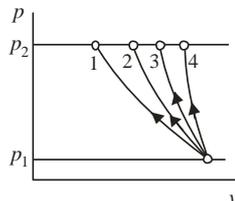
145. Точкой инверсии эффекта Джоуля-Томпсона называется состояние газа, в котором дифференциальный дроссельный эффект ... (выберите правильный вариант).

2.2.13. Машины для сжатия газа

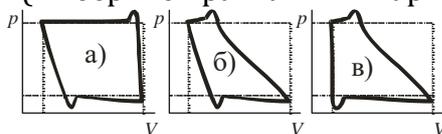
146. Сопоставьте номер процесса сжатия (рис.) с их названием.



147. Сопоставьте номер процесса сжатия с их названием.



148. Уравнение изотермического процесса (выберите правильный вариант).
149. Уравнение адиабатного процесса (выберите правильный вариант).
150. Уравнение политропного процесса (выберите правильный вариант).
151. Какое значение показателя политропы соответствует изотермическому процессу? (выберите правильный вариант)
152. Какое значение показателя политропы соответствует адиабатному процессу? (выберите правильный вариант)
153. Какой показатель адиабаты у воздуха? (выберите правильный вариант)
154. Температура в конце политропного сжатия (выберите правильный вариант).
155. Располагаемая работа сжатия (выберите правильный вариант).
156. Изменение теплоты газа при изотермическом сжатии (выберите правильный вариант).
157. Располагаемая работа сжатия изотермического процесса (выберите правильный вариант).
158. Располагаемая работа сжатия политропного процесса (выберите правильный вариант).
159. Располагаемая работа сжатия адиабатного процесса (выберите правильный вариант).
160. Наибольшая располагаемая работа сжатия затрачивается в ... (выберите правильный вариант).
161. Наименьшая располагаемая работа сжатия затрачивается в ... (выберите правильный вариант).
162. Параметры торможения - это параметры при полном преобразовании ... (выберите правильный вариант).
163. Температура торможения (полная температура) ... (выберите правильный вариант).
164. Какие компрессоры обычно характеризуются параметрами торможения? (отметьте один или несколько пунктов).
165. Для каких компрессоров применяется внутреннее охлаждение (отметьте один или несколько пунктов).
166. Какой средний расход воды на охлаждение (на m^3 сжимаемого воздуха)? (выберите правильный вариант)
167. Объем газа, необходимый для избежания удара поршня от крышку и остающийся в рабочем цилиндре при крайнем положении поршня, называется ... (выберите правильный вариант).
168. Под каким индексом на рис. изображена индикаторная диаграмма поршневых компрессоров, а, б или в? (выберите правильный вариант)



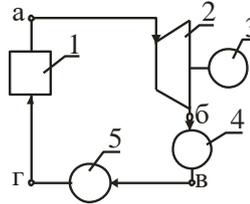
169. Объемный коэффициент поршневого компрессора - это отношение объемов (выберите правильный вариант).
170. Связь между относительным объемом мертвого пространства а объемным коэффициентом λ_o (выберите правильный вариант).
171. Подача поршневого компрессора (выберите правильный вариант).
172. Степень сжатия в двухступенчатом компрессоре 9. Какая степень сжатия в каждой из ступеней? (введите ответ в виде числа с одним знаком после запятой)
173. Чем ограничивается максимальная степень сжатия в ступени поршневого компрессора? (отметьте один или несколько пунктов).
174. Как способом рабочий процесс сжатия в многоступенчатом компрессоре приближается к изотермическому? (отметьте один или несколько пунктов).

175. Как изменяется температура газа в неохлаждаемом компрессоре? (выберите правильный вариант)

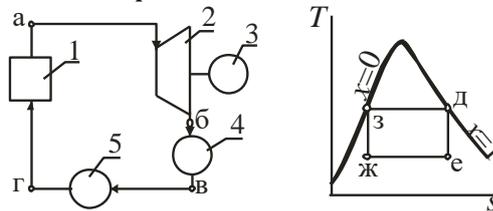
176. Затраты энергии на получение сжатого газа в неохлаждаемом и охлаждаемых компрессорах: ... (выберите правильный вариант).

2.2.14. Циклы паросиловых установок

177. Сопоставьте номера элементов схемы паросиловой установки, работающей по циклу Карно, с их названиями.



178. Сопоставьте точки схемы паросиловой установки, работающей по циклу Карно, с точками цикла в T, s - диаграмме.



179. По какой причине в паросиловых установках цикл Карно не используется? (выберите правильный вариант)

180. Процесс подвода теплоты в паросиловой установке, работающей по циклу Карно, является ... (выберите правильный вариант).

181. Термический КПД цикла Карно (выберите правильный вариант).

182. Чем отличаются теплосиловые установки, работающие по циклу Ренкина и Карно (выберите правильный вариант).

183. Для чего осуществляется перегрев пара в теплосиловых установках, работающих по циклу Ренкина (выберите правильный вариант).

184. В каком паросиловом цикле степень сухости водяного пара после расширения в турбине выше? (выберите правильный вариант)

185. В каком паросиловом цикле термический КПД имеет наиболее высокое значение? (выберите правильный вариант)

186. Что необходимо для повышения термического КПД цикла Ренкина (выберите несколько верных ответов).

187. Что называется теплофикацией (выберите правильный вариант).

2.2.15. Циклы холодильных машин и тепловых насосов

188. Сопоставьте номера элементов схемы парокомпрессионной холодильной установки с их названиями.

189. Сопоставьте точки схемы парокомпрессионной холодильной установки с характерными точками цикла в T, s - диаграмме.

190. Обозначьте процессы на T, s - диаграмме, осуществляемые в парокомпрессионной холодильной установке.

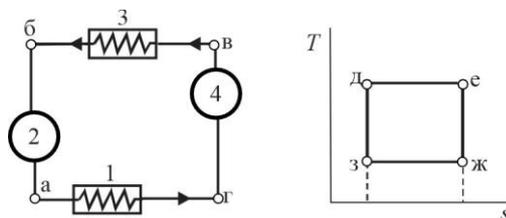
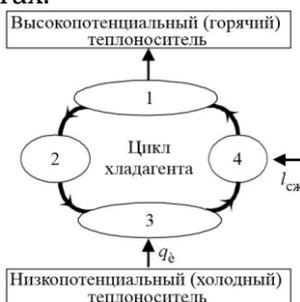


Рис. к вопросам 188–190

191. Каким показателем характеризуется эффективность циклов холодильных машин? (выберите правильный вариант)

192. Сопоставьте номер элементов схемы теплового насоса с названием процессов, происходящих в этих элементах.



193. Какие типы тепловых насосов существуют (отметьте один или несколько пунктов).

194. Чем абсорбционный тепловой насос отличается от парокомпрессионного (выберите правильный вариант).

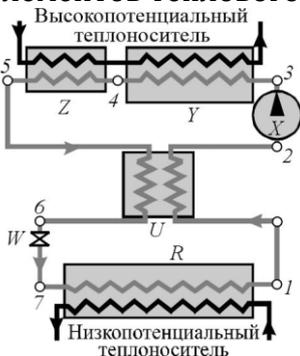
195. Что такое коэффициент преобразования теплоты μ теплового насоса ($q_{и}$ - тепловая нагрузка испарителя, $q_{к}$ - тепловая нагрузка конденсатора, $l_{сж}$ - работа сжатия; W - работа, подведенная к приводу компрессора) (выберите правильный вариант).

196. Что такое коэффициент преобразования электроэнергии $\mu_э$ теплового насоса? (выберите правильный вариант)

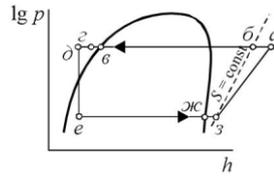
197. Какое значение должно быть у коэффициента преобразования теплоты (энергии), чтобы работа теплового насоса была эффективной? (выберите правильный вариант)

198. Когда применение тепловых насосов выгодно (отметьте один или несколько пунктов).

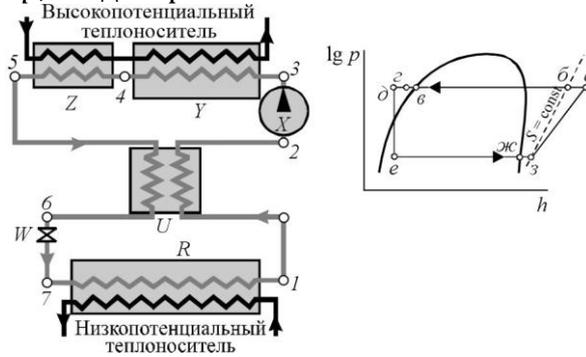
199. Сопоставьте название элементов теплового насоса с их обозначением.



200. Сопоставьте название процессов, происходящих с рабочим телом в тепловом насосе, с их обозначением на изображении цикла в p, h - диаграмме.



201. Сопоставьте номера точек на схеме теплового насоса (рис.) с номерами точек на изображении цикла в p, h – диаграмме.



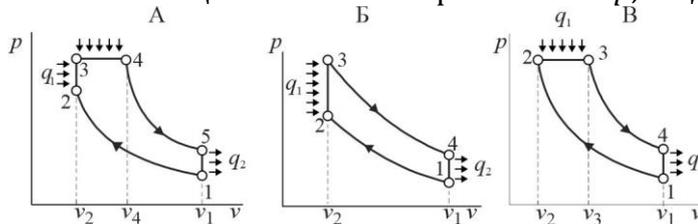
202. Для чего в схеме теплового насоса используется промежуточный теплообменник (выберите правильный вариант).

203. Установка переохладителя и промежуточного теплообменника: ... (выберите правильный вариант).

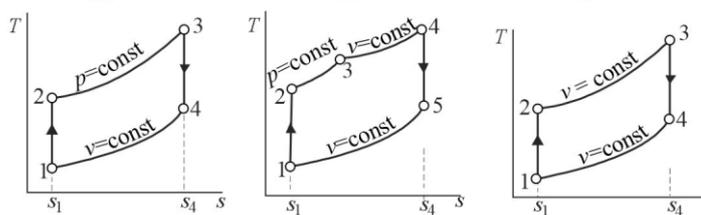
2.2.16. Циклы тепловых двигателей

204. Сопоставьте названия циклов с процессами, которые в них происходят.

205. Сопоставьте названия циклов с их изображением в p, v – диаграмме.



206. Сопоставьте названия циклов с их изображением в T, s – диаграмме.



207. Термический КПД цикла Отто (выберите правильный вариант).

208. В чем преимущество газотурбинной установки по сравнению с двигателями внутреннего сгорания (выберите один или несколько вариантов).

209. Почему цикл газотурбинной установки с подводом теплоты при постоянном объеме не получил широкого распространения (выберите правильный вариант).

2.2.17. Введение в эксергетический анализ

210. Что происходит в необратимых процессах (отметьте все правильные ответы).

211. Эксергия – это ... (выберите правильный вариант).

212. Окружающая среда – это ... (выберите правильный вариант).

213. Отметьте один или несколько параметров, которыми характеризуется окружающая среда.
214. Определение эксергии (выберите правильный вариант).
215. Как связаны энергия q , эксергия e и анергия a ? (выберите правильный вариант)
216. Какие значения может принимать эксергия окружающей среды (выберите правильный вариант).
217. Энергия подчиняется закону сохранения? (выберите правильный вариант)
218. Эксергия подчиняется закону сохранения? (выберите правильный вариант)
219. Общий вид эксергетического баланса ($E_{\text{вх}}$ – эксергия на входе, $E_{\text{вых}}$ – эксергия на выходе, ΔE – потери эксергии). (выберите правильный вариант)
220. Эксергетический КПД (выберите правильный вариант).
221. Эксергетический КПД (выберите правильный вариант).
222. Какой эксергетический КПД у обратимых процессов (выберите правильный вариант).
223. Какой эксергетический КПД у необратимых процессов (выберите правильный вариант).
224. Какие потери эксергии в необратимых процессах (выберите правильный вариант).
225. Какие потери эксергии в обратимых процессах (выберите правильный вариант).
226. Формула Гюи-Стодолы для расчета эксергетических потерь (выберите правильный вариант).
227. Эксергетические потери, связанные с изменением параметров вещества и необратимостью процессов называются (выберите правильный вариант).
228. Эксергетические потери, связанные с переходом тепла и вещества в окружающую среду называются.
229. Какая энергия НЕ характеризуется энтропией, то есть эксергия и энергия равны? (отметьте все необходимые пункты).
230. Какая энергия характеризуется энтропией, то есть эксергия меньше энергии? (отметьте все необходимые пункты).
231. Разностью каких параметров вещества и окружающей среды определяется термомеханическая эксергия вещества в замкнутом объеме? (отметьте один или несколько пунктов).
232. Термомеханическая эксергия вещества в замкнутом объеме (выберите правильный вариант).
233. Какой знак может быть у термомеханической эксергии вещества в замкнутом объеме? (выберите правильный вариант)
234. Разностью каких параметров вещества и окружающей среды определяется термомеханическая эксергия вещества в потоке? (отметьте один или несколько пунктов).
235. Термомеханическая эксергия вещества в потоке (выберите правильный вариант).
236. Термомеханическая эксергия вещества в потоке для идеального газа (выберите правильный вариант).
237. Термомеханическая эксергия веществ в замкнутом объеме и в потоке отличается на величину работы ... (выберите правильный вариант).
238. Какой знак может быть у термомеханической эксергии вещества в потоке? (выберите правильный вариант)
239. Если термомеханическая эксергия вещества в потоке меньше нуля, значит эксергия (выберите правильный вариант).
240. Эксергия теплового потока (выберите правильный вариант).
241. Эксергетическая температура равна ... (выберите правильный вариант).

242. Чему равна эксергетическая температура (выберите правильный вариант).
243. Разностью каких параметров вещества и окружающей среды определяется химическая эксергия вещества? (отметьте один или несколько пунктов).
244. Какие составляющие входят в химическую эксергию? (отметьте пробелом один или несколько пунктов).
245. Что такое вещества отсчета (выберите правильный вариант).
246. Как рассчитывается реакционная эксергия e_r вещества $A_aB_bC_c$ по известной эксергии элементов e_a, e_b, e_c и энергии Гиббса Z ? (выберите правильный вариант)
247. Чему равна концентрационная составляющая химической эксергии (выберите правильный вариант).

2.2.18. Основы химической термодинамики

248. Первый закон термодинамики применительно к химическим процессам (выберите правильный вариант).
249. Реакции с выделением теплоты называются ... (введите ответ).
250. Реакции с поглощением теплоты называются ... (введите ответ).
251. Тепловой эффект реакции – это теплота химической реакции ... (выберите правильный вариант).
252. При каком давлении определяется стандартный тепловой эффект реакции и стандартная теплота образования веществ из химических элементов (выберите правильный вариант).
253. При какой температуре определяется стандартный тепловой эффект реакции и стандартная теплота образования веществ из химических элементов (выберите правильный вариант).
254. При определении низшей теплоты сгорания топлива считается, что ... (выберите правильный вариант).
255. Закон Гесса устанавливает, что ... (выберите правильный вариант).
256. Тепловые эффекты прямой и обратной реакции ... (выберите правильный вариант).
257. Как определить тепловой эффект реакции при нормальных условиях Q , если ΔI_1 – сумма энтальпий образования исходных веществ, ΔI_2 – сумма энтальпий образования продуктов реакций (выберите правильный вариант).
258. Что позволяет определять закон Кирхгофа (выберите правильный вариант).
259. Условия самопроизвольного протекания реакций в изолированных системах при постоянной температуре и объеме (выберите правильный вариант).
260. Условия самопроизвольного протекания реакций в изолированных системах при постоянной температуре и давлении (выберите правильный вариант).

2.3. ТЕПЛОМАССОБМЕН

1. Что такое теплопроводность? (выберите правильный вариант)
2. Основной закон теплопроводности? (выберите правильный вариант)
3. Закон Фурье имеет вид: ... (выберите правильный вариант).
4. В законе Фурье $q = -\lambda \text{ grad } T$ величина q – это: ... (выберите правильный вариант).
5. В законе Фурье $q = -\lambda \text{ grad } T$ величина λ – это: ... (выберите правильный вариант).
6. В законе Фурье $q = -\lambda \text{ grad } T$ единица измерения величина λ – это: ... (выберите правильный вариант).
7. Коэффициент теплопроводности определяет ... (выберите правильный вариант).
8. Какая размерность коэффициента теплопроводности в системе СИ? (выберите правильный вариант)

9. Как изменяется температура однородной плоской стенки с $\lambda = \text{const}$ при стационарной теплопроводности? (выберите правильный вариант).
10. Какие материалы могут быть использованы для тепловой изоляции? (выберите правильный вариант)
11. Какие вещества обладают наибольшим коэффициентом теплопроводности? (выберите правильный вариант)
12. Наименьший коэффициент теплопроводности λ имеет ... (выберите правильный вариант).
13. Наибольший коэффициент теплопроводности λ имеет ... (выберите правильный вариант).
14. В выражении, для определения количества теплоты, проходящего через плоскую однородную стенку в единицу времени: $Q = \lambda/\delta\Delta tF$, λ – это: ... (выберите правильный вариант).
15. В выражении, для определения количества теплоты, проходящего через плоскую однородную стенку в единицу времени: $Q = F\Delta t/R$, R – это: ... (выберите правильный вариант).
16. В результате чего осуществляется естественный конвективный теплообмен? (выберите правильный вариант)
17. Процесс переноса теплоты при перемещении объемов жидкости или газа в пространстве называется ... (выберите правильный вариант).
18. Конвекцией называется ... (выберите правильный вариант).
19. Основной закон конвективного теплообмена ... (выберите правильный вариант).
20. В законе Ньютона-Рихмана $Q = \alpha F\Delta t$ величина α – это: ... (выберите правильный вариант).
21. В законе Ньютона-Рихмана $Q = \alpha F\Delta t$ единица измерения величины α – это: ... (выберите правильный вариант).
22. В законе Ньютона-Рихмана $Q = \alpha F\Delta t$ величина Q – это: ... (выберите правильный вариант).
23. В законе Ньютона-Рихмана $Q = \alpha F\Delta t$ единица измерения величины Q – это: ... (выберите правильный вариант)
24. Процесс переноса теплоты с помощью электромагнитных волн называется ... (выберите правильный вариант).
25. В каких пределах изменяется интегральный коэффициент излучения (степень черноты) для различных тел ... (выберите правильный вариант).
26. В соответствии с законом Кирхгофа степень черноты любого тела в состоянии термического равновесия численно равно коэффициенту ... (выберите правильный вариант).
27. Коэффициент излучения абсолютно черного тела C_0 равен ... (выберите правильный вариант).
28. Сумма потоков собственного и отраженного телом излучения называется ... (введите ответ).
29. Поверхностная плотность потока интегрального излучения абсолютно черного тела по закону Стефана-Больцмана пропорциональна ... (выберите правильный вариант).
30. Как называется процесс теплообмена между твердой поверхностью и жидкостью (газом)? (введите ответ)
31. Как называется стационарный процесс передачи теплоты от более нагретого теплоносителя к менее нагретому через разделяющую их стенку? (введите ответ).
32. Процесс теплообмена между жидкостями, разделенными твердой стенкой называется ... (выберите правильный вариант).

33. Что называется тепловым пограничным слоем? (выберите правильный вариант)
34. Что называется, теплопередачей? (выберите правильный вариант)
35. Коэффициент теплоотдачи определяет ... (выберите правильный вариант).
36. В уравнении теплопередачи $Q = kF\Delta t$ величина Q – это: ... (выберите правильный вариант).
37. В уравнении теплопередачи $Q = kF\Delta t$ величина k – это: ... (выберите правильный вариант).
38. В уравнении теплопередачи $Q = kF\Delta t$ единица измерения величины k – это: ... (выберите правильный вариант).
39. Мощностью теплового потока (тепловым потоком) называется ... (выберите правильный вариант).
40. Размерность плотности теплового потока равна ... (выберите правильный вариант).
41. Соотношение интенсивностей отвода теплоты в процессе теплоотдачи и подвода теплоты из внутренних слоев тела к поверхности в результате процесса теплопроводности характеризует критерий... (выберите правильный вариант).
42. Интенсивность конвективного теплообмена между жидкостью и поверхностью твердого тела характеризует критерий ... (выберите правильный вариант).
43. Относительную эффективность подъемной силы, обуславливающей свободно-конвективное движение жидкости, характеризует критерий ... (выберите правильный вариант).
44. Теплофизические свойства теплоносителя характеризует критерий ... (выберите правильный вариант).
45. Какое число подобия в уравнении подобия при изучении теплоотдачи всегда является определяемым (искомым)? (выберите правильный вариант)
46. Критерий Рейнольдса Re – это критерий, который характеризует ... (выберите правильный вариант).
47. Критерий Нуссельта Nu – это критерий, который характеризует ... (выберите правильный вариант).
48. Критерий Прандтля Pr – это критерий, который характеризует ... (выберите правильный вариант).
49. Какое число подобия в уравнении подобия при изучении теплоотдачи всегда является определяемым (искомым) (введите ответ).
50. Основным определяющим критерием подобия при расчёте теплоотдачи при свободном движении жидкости является критерий ... (выберите правильный вариант).
51. Какой критерий является основным определяющим критерием подобия при расчёте теплоотдачи при свободном движении жидкости (введите ответ).
52. Какие критерии являются определяющими для свободного конвективного теплообмена? (выберите правильный вариант).
53. Какие критерии являются определяющими для вынужденного конвективного теплообмена? (выберите правильный вариант).
54. При каком расположении труб в пучке теплоноситель перемешивается лучше, и теплообмен протекает более интенсивно? (выберите правильный вариант).
55. Как влияет рост давления на температуру кипения? (выберите правильный вариант).
56. Что определяют при конструктивном расчете теплообменного аппарата (выберите правильный вариант).
57. Из представленных схем движения теплоносителей в рекуперативных теплообменниках (рис.) какой буквой обозначена прямоточная схема? (выберите правильный вариант).

58. Из представленных схем движения теплоносителей в рекуперативных теплообменниках (рис.) какой буквой обозначена противоточная схема? (выберите правильный вариант).

59. Наибольший средне-логарифмический температурный напор осуществляется при: ... (выберите правильный вариант).

60. Если в теплообменном аппарате заменить схему движения теплоносителей прямоток на противоток, то поверхность теплообменного аппарата ... (выберите правильный вариант).

61. Если в теплообменном аппарате заменить схему движения теплоносителей противоток на прямоток, то поверхность теплообменного аппарата ... (выберите правильный вариант).

62. Чем больше поверхность теплообменного аппарата, тем ... (выберите правильный вариант).

63. Чем меньше поверхность теплообменного аппарата, тем ... (выберите правильный вариант).

64. Регенеративный теплообменный аппарат - это аппарат, в котором ... (выберите правильный вариант).

65. Если теплота от одного теплоносителя к другому переносится с помощью вспомогательного теплоносителя, который нагревается в потоке горячего теплоносителя, а затем отдает аккумулированную теплоту холодному теплоносителю, то теплообменник называется (введите ответ).

66. Передача теплоты в регенеративных теплообменниках происходит с помощью: ... (выберите правильный вариант).

67. Смесительный теплообменный аппарат - это аппарат, в котором ... (выберите правильный вариант).

68. Поверхностными называются аппараты ... (выберите правильный вариант).

2.4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС (СИСТЕМЫ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ) ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

2.4.1. Понятие об энергетическом комплексе и системах энергоснабжения промышленных предприятий

1. Что входит во внутренние энергоресурсы предприятия? (отметьте один или несколько пунктов)

2. Что такое энергетический комплекс промышленного предприятия? (выберите правильный вариант)

3. Какие из перечисленных систем входят в энергокомплекс промышленного предприятия? (отметьте один или несколько пунктов)

4. Что входит в устройства и сооружения для приема, трансформации и аккумуляции энергоресурсов от внешних источников? (отметьте один или несколько пунктов)

5. Что входит в устройства и сооружения для выработки энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)

6. Что входит в устройства и сооружения для выработки энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)

7. Что входит в устройства и сооружения для выработки энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)

8. Что входит в установки и сооружения по утилизации и использованию вторичных энергоресурсов? (отметьте один или несколько пунктов)

9. Какой критерий оптимизации необходимо использовать при проектировании систем энергоснабжения? (выберите правильный вариант)

2.4.2. Классификация нагнетателей

10. Классификация нагнетателей. Нагнетатель для перемещения газа со степенью сжатия менее 1.15 называется ... (введите ответ)

11. Классификация нагнетателей. Нагнетатель для перемещения газа со степенью сжатия более 1.15 и охлаждением рабочих полостей или газа называется ... (введите ответ)

12. Классификация нагнетателей. Вентилятор для перемещения газа со степенью сжатия более 1.15 и без охлаждения рабочих полостей и газа называется ... (введите ответ)

13. Классификация нагнетателей. Вентилятор - это машина для перемещения газа со степенью сжатия ... (выберите правильный вариант).

14. Классификация нагнетателей. Отличие вентилятора от компрессора в том, что ... (выберите правильный вариант).

15. Классификация нагнетателей. Как называют устройство для перемещения газа, создающее избыточное давление после себя и устанавливаемое перед печами? (выберите правильный вариант)

16. Классификация нагнетателей. Как называют устройство для перемещения газа, создающее разряжение перед собой и устанавливаемое после печей? (выберите правильный вариант)

17. Классификация нагнетателей. Как называют устройство, перемещающее газы со степенью сжатия более 1,15 и не имеющие системы охлаждения? (выберите правильный вариант)

18. Классификация нагнетателей. Нагнетатели, рабочие полости которых постоянно соединены со входом и выходом называются ... (введите ответ)

19. Классификация нагнетателей. Нагнетатели, в которых рабочие полости периодически меняют объем или поочередно соединяются со входом и выходом называются ... (введите ответ)

20. Классификация нагнетателей. Какие нагнетатели относятся к динамическим (отметьте один или несколько пунктов)

21. Классификация нагнетателей. Какие нагнетатели относятся к лопастным (отметьте один или несколько пунктов)

22. Классификация нагнетателей. Какие нагнетатели относятся к объемным (отметьте один или несколько пунктов)

23. Классификация нагнетателей. Какие нагнетатели относятся к роторным (отметьте один или несколько пунктов)

24. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся центробежные нагнетатели? (выберите правильный вариант)

25. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся осевые нагнетатели? (выберите правильный вариант)

26. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся вихревые нагнетатели? (выберите правильный вариант)

27. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся шестереночные нагнетатели? (выберите правильный вариант)

28. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся пластинчатые нагнетатели? (выберите правильный вариант)

29. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся лопастные нагнетатели? (выберите правильный вариант)

30. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся нагнетатели трения? (выберите правильный вариант)

31. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся поршневые нагнетатели? (выберите правильный вариант)

32. Классификация нагнетателей. К какой группе относятся роторные нагнетатели? (выберите правильный вариант)
33. Классификация нагнетателей. Какие особенности динамических нагнетателей? (отметьте один или несколько пунктов)
34. Классификация нагнетателей. Отметьте нагнетатель с наивысшим КПД (выберите правильный вариант).
35. Классификация нагнетателей. Какие особенности у объемных нагнетателей? (отметьте один или несколько пунктов)
36. Характеристики нагнетателей. Количество среды, проходящее через нагнетатель в единицу времени называется ... (выберите правильный вариант).
37. Характеристики нагнетателей. Количество среды, проходящее через нагнетатель в единицу времени называется ... (введите ответ)
38. Характеристики нагнетателей. Что такое напор? (выберите правильный вариант)
39. Характеристики нагнетателей. Давление, создаваемое насосом и измеряемое в единицах столба перемещаемой жидкости, называется ... (введите ответ)
40. Характеристики нагнетателей. Как определяется давление, развиваемое насосами и вентиляторами? (v - скорость, ρ - плотность). (выберите правильный вариант)
41. Характеристики нагнетателей. Чему равно динамическое давление или скоростной напор p (v - скорость, ρ - плотность)? (выберите правильный вариант)
42. Характеристики нагнетателей. Как соотносятся напор H и давление p ? (ρ - плотность). (выберите правильный вариант)
43. Характеристики нагнетателей. Чему равен 1 м водяного столба (выберите правильный вариант).
44. Характеристики нагнетателей. Чему равен 1 мм водяного столба (выберите правильный вариант).
45. Характеристики нагнетателей. Удельная полезная работа это: ... (выберите правильный вариант).
46. Характеристики нагнетателей. Полезная мощность это: ... (выберите правильный вариант).
47. Характеристики нагнетателей. Как определяется полезная мощность насоса N_p (ρ - плотность; η - КПД). (выберите правильный вариант)
48. Характеристики нагнетателей. Как определяется мощность, подводимая на вал насоса? (ρ - плотность; η - КПД). (выберите правильный вариант).
49. Характеристики нагнетателей. КПД насосной установки это отношение ... (выберите правильный вариант).
50. Характеристики нагнетателей. Отметьте три КПД, составляющие общий КПД насосной установки (выберите правильный вариант).
51. Характеристики нагнетателей. Отметьте три КПД, составляющие общий КПД нагнетателя (выберите правильный вариант).
52. Характеристики нагнетателей. Какой КПД определяет потери энергии из-за трения в перекачиваемом потоке? (выберите правильный вариант)
53. Характеристики нагнетателей. Какой КПД определяет потери энергии из-за перетекания части потока мимо рабочих частей? (выберите правильный вариант)
54. Характеристики нагнетателей. Какой КПД включает потери энергии из-за трения в подшипниках вала насоса (выберите правильный вариант).
55. Характеристики нагнетателей. Напорная характеристика нагнетателя это ... (выберите правильный вариант).
56. Характеристики нагнетателей. С каким допустимым КПД может работать насос (область поля рабочих параметров или рабочей части насоса)? (выберите правильный вариант)

57. Характеристики нагнетателей. С каким допустимым КПД может работать вентилятор (область поля рабочих параметров или рабочей части вентилятора)? (выберите правильный вариант)

58. Характеристики нагнетателей. Что такое поле рабочих параметров (рабочая часть) нагнетателя (выберите правильный вариант).

59. Напорная характеристика сети. Уравнение сопротивления трения (λ - коэффициент трения, L - длина, d - диаметр, v - скорость, ρ - плотность, g - ускорение свободного падения)

60. Напорная характеристика сети. Потери давления при преодолении местных сопротивлений (χ - сумма коэффициентов местных сопротивлений, L - длина, d - диаметр, v - скорость, ρ - плотность, g - ускорение свободного падения)

61. Напорная характеристика сети. Чему равен коэффициент B в уравнения сети $H=A \cdot Q^2+B$ (выберите правильный вариант).

62. Напорная характеристика сети. Что характеризует коэффициент A в уравнения сети $H=A \cdot Q^2+B$ (выберите правильный вариант).

63. Напорная характеристика сети. В каком виде обычно записывается уравнение водопроводной сети (\wedge - символ возведения в степень). (выберите правильный вариант).

64. Напорная характеристика сети. Какие составляющие входят в динамическое сопротивление сети? (отметьте один или несколько пунктов)

65. Напорная характеристика сети. Какие составляющие входят в статическое сопротивление сети? (выберите правильный вариант)

66. Напорная характеристика сети. Как изменяется сопротивление сети при увеличении подачи? (выберите правильный вариант)

67. Работа насоса в сети и регулирование. Что такое рабочая точка? (выберите правильный вариант)

68. Работа насоса в сети и регулирование. В чем заключается регулирование? (выберите правильный вариант)

69. Работа насоса в сети и регулирование. При каком способе регулировании меньше затраты электроэнергии: 1) дросселировании; 2) изменении частоты вращения (выберите правильный вариант).

70. Работа насоса в сети и регулирование. При каком способе регулировании меньше затраты на оборудование: 1) дросселировании; 2) изменении частоты вращения (выберите правильный вариант).

71. Работа насоса в сети и регулирование. Для каких типов напорных характеристик нагнетателей возможен помпаж (автоколебания). Отметьте один или несколько пунктов

72. Работа насоса в сети и регулирование. Для каких типов напорных характеристик нагнетателей помпаж (автоколебания) не возможен (отметьте один или несколько пунктов)

73. Работа насоса в сети и регулирование. Какие меры борьбы с помпажем (автоколебаниями)? (отметьте один или несколько пунктов)

74. Совместная работа нагнетателей. Зачем применяется параллельное включение нагнетателей? (выберите правильный вариант)

75. Совместная работа нагнетателей. Зачем применяется последовательное включение нагнетателей? (выберите правильный вариант)

76. Совместная работа нагнетателей. Какой закон параллельной работы нагнетателей? (выберите правильный вариант)

77. Совместная работа нагнетателей. Какой закон последовательной работы нагнетателей? (выберите правильный вариант)

78. Совместная работа нагнетателей. Как строится суммарная напорная характеристика при параллельной работе (выберите правильный вариант).

79. Совместная работа нагнетателей. Как строится суммарная напорная характеристика при последовательной работе (выберите правильный вариант).
80. Совместная работа нагнетателей. Как изменяется мощность нагнетателей в параллельной установке при отключении одного из них (выберите правильный вариант).
81. Совместная работа нагнетателей. Поочередное регулирование совместно установленных нагнетателей называется ... (введите ответ)
82. Совместная работа нагнетателей. Одновременное одинаковое регулирование совместно установленных нагнетателей называется ... (введите ответ)
83. Центробежные нагнетатели. Что такое полная высота всасывания? (dH - потери на трение и местные сопротивления; H - расстояние по вертикали между точкой всасывания и входом в насос). (выберите правильный вариант).
84. Центробежные нагнетатели. Процесс образования и последующей конденсации газовых пузырьков, вызванный изменением давления, называется ... (введите ответ)
85. Центробежные нагнетатели. Отметьте один или несколько пунктов, соответствующих мерам по борьбе с кавитацией (выберите правильный вариант).
86. Центробежные нагнетатели. Полная высота всасывания, при которой минимальное давление в насосе равно давлению насыщенных паров называется ... высотой всасывания (вставьте пропущенное слово)
87. Центробежные нагнетатели. Назначение многоступенчатых центробежных насосов (выберите правильный вариант).
88. Пересчёт характеристик. Как пересчитать подачу при изменении частоты вращения n (выберите правильный вариант).
89. Пересчёт характеристик. Как пересчитать напор при изменении частоты вращения n (выберите правильный вариант).
90. Пересчёт характеристик. Как пересчитать мощность при изменении частоты вращения n (выберите правильный вариант).
91. Центробежные нагнетатели. Какие требования к питательным насосам? (выберите правильный вариант)
92. Центробежные нагнетатели. Какие требования к конденсатным насосам? (выберите правильный вариант)
93. Центробежные нагнетатели. Какие требования к циркуляционным насосам? (выберите правильный вариант)
94. Центробежные нагнетатели. Какие насосы применяют для перекачки воды в систем охлаждения? (выберите правильный вариант)
95. Центробежные нагнетатели. Какие насосы применяют для подачи воды в паровые котлы? (выберите правильный вариант)
96. Центробежные нагнетатели. Какие насосы применяют для подачи горячей воды в системах отопления? (выберите правильный вариант).
97. Центробежные нагнетатели. Какой напор развивает насос К 80-40 (обозначение приведено по ГОСТ)? (выберите правильный вариант)
98. Центробежные нагнетатели. Какую подачу развивает насос К 80-40 (обозначение приведено по ГОСТ)? (выберите правильный вариант)
99. Центробежные нагнетатели. Какой напор развивает насос ПЭ 80-10 (Обозначение приведено по ГОСТ)? (выберите правильный вариант)
100. Центробежные нагнетатели. Какой напор развивает насос 100В 80/60 (Обозначение приведено по ГОСТ)? (выберите правильный вариант)
101. Задача. Напорная характеристика сети. Насос поднимает воду на 10 м. При подаче 1 куб.м/с он развивает напор 25 м. Какое уравнение сети при этом? ($^{\wedge}$ - символ возведения в степень). (выберите правильный вариант)

102. Задача. Напорная характеристика сети. Насос поднимает воду на 24 м. При подаче 4 куб.м/с он развивает напор 40 м. Какое уравнение сети при этом? (^ - символ возведения в степень). (выберите правильный вариант)

103. Задача. Напорная характеристика сети. Насос поднимает воду на 10 м. При подаче 1 куб.м/с он развивает напор 20 м. Какое уравнение сети при этом? (^ - символ возведения в степень). (выберите правильный вариант)

104. Задача. Совместная работа нагнетателей. Установка из два одинаковых параллельных нагнетателей работает с $Q=20$, $H=50$. Как работает первый нагнетатель в установке? ... (введите ответ в виде целых чисел)

105. Задача. Совместная работа нагнетателей. Установка из два одинаковых последовательных нагнетателей работает с $Q=20$, $H=50$. Как работает первый нагнетатель в установке? ... (введите ответ в виде целых чисел)

106. Задача. Пересчёт характеристик. Насос при частоте 1500 об/мин работал с напором 20 и подачей 20. Какая подобная точка соответствует этой характеристике насоса при частоте 750 об/мин? (введите ответ в виде целых чисел)

107. Задача. Пересчёт характеристик. Насос при частоте 300 об/мин работал с подачей 10 и напором 10. Какая подобная точка соответствует этой характеристике насоса при частоте 600 об/мин? (введите ответ в виде целых чисел)

108. Задача. Работа насоса в сети и регулирование. При подаче 1 куб.м/с воды сопротивление сети 20 м, напор насоса 30 м, КПД насоса 50%. Какая будет мощность насоса в кВт, если регулирование дроссельное? (принять $g=10$). Введите ответ в виде целого числа.

109. Задача. Работа насоса в сети и регулирование. При подаче 1 куб.м/с воды сопротивление сети 20 м, напор насоса 30 м. Какая будет мощность насоса в кВт, если регулирование осуществляется плавным изменением частоты вращения? (принять $g=10$, КПД 50%). Введите ответ в виде целого числа.

2.4.3. Системы технического водоснабжения

110. Для подачи (перекачки) воды из природного источника в очистные сооружения используется насосная станция ... (выберите правильный вариант).

111. Для подачи очищенной воды из накопительных емкостей потребителям используется насосная станция ... (выберите правильный вариант).

112. Для перекачки воды в оборотных циклах используется насосная станция ... (выберите правильный вариант).

113. Система, в которой одна и та же вода используется несколькими потребителями называется ... (введите ответ).

114. Система, в которой вода после использования очищается или охлаждается и используется повторно называется ... (введите ответ).

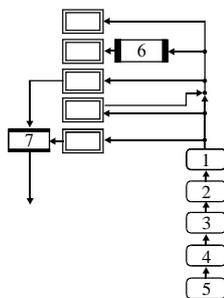
115. Как называется схема водоснабжения, где после использования вся вода сбрасывается в окружающую среду? (выберите правильный вариант)

116. Как называется схема водоснабжения, где чистая нагретая вода после использования передается другим потребителям, затем сбрасывается в окружающую среду? (выберите правильный вариант)

117. Как называется схема водоснабжения, где после использования вода очищается и используется повторно, а продувочная вода сбрасывается в окружающую среду? (выберите правильный вариант)

118. Как называется схема водоснабжения, где после использования вода очищается и используется повторно, и продувочная вода также используется другими потребителями? (выберите правильный вариант)

119. На схеме водоснабжения сопоставьте цифровые и условные обозначения:



120. Назначение продувки оборотной системы водоснабжения (выберите правильный вариант).

121. Какие устройства используются в оборотном "грязном цикле" для потребителей, загрязняющих воду? (отметьте один или несколько пунктов)

122. Какие устройства используются в оборотном "чистом цикле" для потребителей, нагревающих воду? (отметьте один или несколько пунктов)

123. Сопоставьте название и описание категорий насосных станций по требованиям надежности

124. Какая оптимальная скорость воды в водопроводных линиях? (выберите правильный вариант)

125. Какие насосные станции обычно работают с равномерной подачей? (выберите правильный вариант)

126. Отметьте одно или несколько устройств, относящихся к открытым испарительным.

127. Как называются водоохлаждающие устройства, в которых вода стекает по оросительному устройству в бассейн? (выберите правильный вариант)

128. Как называются открытые градирни, в которых вода, падая на отбойные тарелки, распыляется на оросительное устройство каплями? (введите ответ).

129. Как называются открытые градирни, в которых вода стекает по оросительному устройству в виде пленки? (введите ответ).

130. Как называются открытые градирни, в которых вода разбрызгивается на оросительное устройство специальными соплами? (введите ответ).

131. Как называются охлаждающие устройства в виде открытого бассейна, с расположенными над водой брызгательными устройствами в виде сопел? (выберите правильный вариант)

132. Как называются охлаждающие устройства представляющие сужающейся кверху корпус в виде усеченного конуса, внутри которого расположено оросительное устройство? (выберите правильный вариант)

133. Какие устройства конструктивно аналогичны вентиляторным градирням, но без установленного вентилятора? (выберите правильный вариант)

134. В чем особенность открытых градирен и брызгательных бассейнов? (выберите один или несколько пунктов)

135. В чем особенность башенных градирен? (выберите один или несколько пунктов)

136. В чем особенность сухих (закрытых) градирен? (выберите один или несколько пунктов)

137. Как поддерживается постоянная скорость воздуха в башенных градирнях? (выберите правильный вариант)

138. Какие фильтры используются в качестве первой ступени очистки? (выберите правильный вариант)

139. В каких фильтрах происходит естественное осаждение частиц из воды? (выберите правильный вариант)

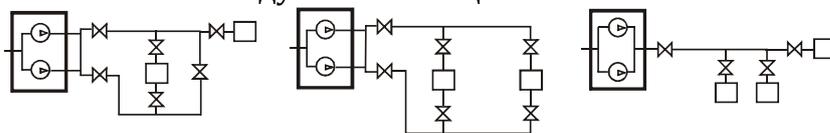
140. В каких фильтрах примеси из воды удаляются под действием центробежных сил? (выберите правильный вариант)

2.4.4. Системы воздухоснабжения промышленных предприятий

141. Необходимо вырабатывать сжатый воздух с давлением 3 МПа и подачей 5 м³/с. Какие компрессоры необходимо использовать? (выберите правильный вариант)

142. Необходимо вырабатывать сжатый воздух с давлением 0,3 МПа и подачей 50 м³/с. Какие компрессоры необходимо использовать? (выберите правильный вариант)

143. Сопоставьте схемы воздухоподающих сетей с их названиями.



144. По каким причинам используются кольцевые воздухопроводные сети? (выберите правильный вариант)

145. Отметьте одно или несколько устройств, обязательно входящих в компрессорную станцию с поршневыми компрессорами.

146. Отметьте одно или несколько устройств, обязательно входящих в компрессорную станцию с центробежными компрессорами.

147. Какая схема изображена на рис. Т1-А?

148. Какая схема изображена на рис. Т1-Б?

149. Как называется устройство 1, изображенное на рис. Т1?

150. Как называется устройство 2, изображенное на рис. Т1?

151. Как называется устройство 3, изображенное на рис. Т1?

152. Как называется устройство 4, изображенное на рис. Т1?

153. Как называется устройство 6, изображенное на рис. Т1?

154. Как называется устройство 7, изображенное на рис. Т1?

155. Как называется устройство 8, изображенное на рис. Т1?

156. Как называется устройство 9, изображенное на рис. Т1?

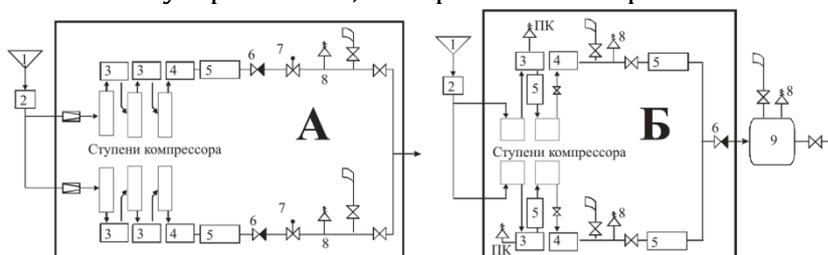


рис. Т1 к вопросам 147-156

157. Как называется потребление воздуха для проведения основного производственного процесса? (выберите правильный вариант).

158. Как называется потребление воздуха для привода пневмооборудования? (выберите правильный вариант)

159. Укажите особенности силового потребления сжатого воздуха (отметьте один или несколько пунктов).

160. Укажите особенности технологического потребления сжатого воздуха (отметьте один или несколько пунктов).

161. Отметьте одну или более особенностей использования сжатого воздуха в качестве силового привода.

162. Коэффициент, одновременно учитывающий загрузку потребителей, неодновременность включения и износ оборудования, называется ... (введите ответ).

163. Коэффициент, являющийся относительным временем работы оборудования, называется ... (введите ответ).

164. Коэффициент, показывающий отношение фактической нагрузки оборудования к номинальной, называется ... (введите ответ).

165. Коэффициент, учитывающий количество одновременно работающего оборудования, называется ... (введите ответ).

166. Какие коэффициенты включает коэффициент спроса? (выберите один или несколько пунктов)

167. Какие коэффициенты включает коэффициент спроса? (выберите один или несколько пунктов)

168. Какие коэффициенты включает коэффициент использования? (выберите один или несколько пунктов)

169. Как определяется расход воздуха Q у технологических потребителей (q – норма потребления, n – число потребителей, коэффициенты: $k_{спр}$ – спроса, $k_{изн}$ – износа, $k_{исп}$ – использования, $k_{загр}$ – загрузки, $k_{одн}$ – одновременности)? (выберите правильный вариант)

170. Как определяется расход воздуха Q у технологических потребителей (q – норма потребления, n – число потребителей, коэффициенты: $k_{спр}$ – спроса, $k_{изн}$ – износа, $k_{исп}$ – использования, $k_{загр}$ – загрузки, $k_{одн}$ – одновременности)? (выберите правильный вариант)

171. Как определяется расход воздуха Q у силовых потребителей (q – норма потребления, n – число потребителей, коэффициенты: $k_{спр}$ – спроса, $k_{изн}$ – износа, $k_{исп}$ – использования, $k_{загр}$ – загрузки, $k_{одн}$ – одновременности)? (выберите правильный вариант)

172. Как определяется расход воздуха Q у силовых потребителей (q – норма потребления, n – число потребителей, коэффициенты: $k_{спр}$ – спроса, $k_{изн}$ – износа, $k_{исп}$ – использования, $k_{загр}$ – загрузки, $k_{одн}$ – одновременности)? (выберите правильный вариант)

173. Как называются потери давления, возникающие из-за охлаждения сжатого воздуха? (выберите правильный вариант)

174. Как называются потери, возникающие из-за утечек сжатого воздуха через неплотности? (выберите правильный вариант)

175. Как называются потери давления, возникающие из-за гидравлического сопротивления воздухопровода? (выберите правильный вариант)

2.4.5. Системы воздухообеспечения. Оборудование компрессорных станций

176. Какая степень сжатия ϵ в компрессоре? (выберите правильный вариант)

177. Каковы особенности поршневых компрессоров? (отметьте один или несколько пунктов)

178. Какие особенности у роторных пластинчатых компрессоров? (отметьте один или несколько пунктов)

179. Какие особенности у винтовых компрессоров? (отметьте один или несколько пунктов)

180. Какие особенности у динамических компрессоров (турбокомпрессоров)? (отметьте один или несколько пунктов)

181. Основные элементы поршневого компрессора (отметьте один или несколько пунктов)

182. Сопоставьте условные обозначения и названия поршневых воздушных компрессоров

183. Крейцкопфт – это устройство для ... (выберите правильный вариант).

184. Что включает обозначение поршневого компрессора? (расставьте пункты по порядку в порядке использования в обозначении)

185. Как обозначаются винтовые компрессоры сухого сжатия? (выберите правильный вариант)

186. Какая производительность винтового компрессора 3В-16/8? (выберите правильный вариант)

187. Какое развиваемое давление у винтового компрессора 3В–16/8? (выберите правильный вариант)

188. Какая максимальная степень сжатия может быть в одной ступени центробежного или осевого компрессора? (выберите правильный вариант)

189. Какие особенности осевых компрессоров по сравнению с центробежными? (выберите один или несколько пунктов)

2.4.6. Системы газоснабжения

190. Какие газы в основном состоят из метана CH_4 ? (выберите один или несколько пунктов)

191. Какие газы в основном состоят из водорода H_2 , оксида углерода CO и азота N_2 ? (выберите один или несколько пунктов)

192. Определите объем газа при температуре 273°C и абсолютном давлении $0,4$ МПа, если при нормальных условиях объем газа равен 10 м^3 (выберите правильный вариант).

193. Резкий запах одоранта должен ощущаться при концентрации природного газа в воздухе (выберите правильный вариант).

194. Какими способами компенсируют часовую неравномерность потребления природного газа? (выберите один или несколько вариантов)

195. Какими способами компенсируют сезонную неравномерность потребления природного газа? (выберите один или несколько вариантов)

196. В качестве подземных хранилищ газа используются (выберите правильный вариант).

197. Какое избыточное давление газа в газопроводах низкого давления? (выберите правильный вариант)

198. Какое избыточное давление газа в газопроводах среднего давления? (выберите правильный вариант)

199. Какое избыточное давление газа в газопроводах высокого давления II категории? (выберите правильный вариант)

200. Какое избыточное давление газа в газопроводах высокого давления I категории? (выберите правильный вариант)

201. Какая оптимальная скорость газа в газопроводной сети? (выберите правильный вариант)

202. В чем заключаются пассивные методы защиты от коррозии внешних поверхностей труб газопроводов? (выберите один или несколько вариантов)

203. В чем заключается метод защиты газопровода от внешней коррозии, получивший название “электрический дренаж”? (выберите один или несколько вариантов)

204. Основным методом коррозионной защиты от блуждающих токов является ... (выберите правильный вариант).

205. Для защиты газопроводов от почвенной коррозии применяют ... (выберите правильный вариант).

206. Как расшифровывается аббревиатура ГРС? (выберите правильный вариант)

207. Как расшифровывается аббревиатура ГРП? (выберите правильный вариант)

208. Какие устройства в составе предприятия обычно обслуживают группу потребителей или все предприятие? (выберите правильный вариант)

209. Какие устройства в составе предприятия обычно обслуживают отдельных потребителей (как правило, одного)? (выберите правильный вариант)

210. Какие из перечисленных ниже операций осуществляются в газорегуляторном пункте? (выберите один или несколько пунктов)

211. В каком из перечисленных мест разрешается установка газорегуляторного пункта? (выберите один или несколько пунктов)

212. Перечислите устройства, входящие в состав основного оборудования газорегуляторного пункта (выберите один или несколько пунктов)

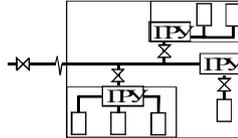
213. В чем различие между регуляторами давления прямого и непрямого действия? (выберите правильный вариант)

214. В расходомерах какого типа определение расхода газа осуществляется по величине перепада статического давления газа при прохождении его через прибор? (отметьте один или несколько пунктов)

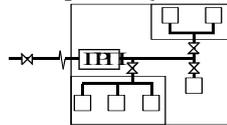
215. Какое давление газа поддерживается во внутризаводском газопроводе в одноступенчатых системах газоснабжения? (выберите правильный вариант)

216. Какое давление газа поддерживается во внутризаводском газопроводе в многоступенчатых системах газоснабжения? (выберите правильный вариант)

217. Какая система изображена на рис.? (выберите правильный вариант)



218. Какая система изображена на рис.? (выберите правильный вариант).



219. Отметьте одну или несколько особенностей двухступенчатой системы газоснабжения.

220. Какие системы газоснабжения обычно применяются на небольших предприятиях? (выберите правильный вариант)

221. Какие системы газоснабжения обычно применяются на крупных предприятиях? (выберите правильный вариант)

222. Каково назначение продувочной линии в системах газоснабжения? (выберите правильный вариант)

223. Задвижка (кран) для отключения от сети всего агрегата называется ... (введите ответ).

224. Задвижка (кран) для отключения от сети одной из горелок агрегата называется ... (введите ответ).

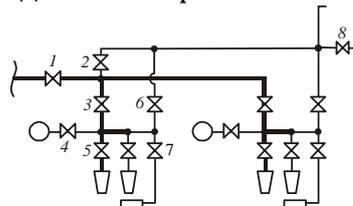
225. Задвижка (кран) для регулирования расхода газа в горелке называется ... (введите ответ).

226. Назначение трубопровода линии безопасности на обвязочных газопроводах (выберите правильный вариант).

227. В каком состоянии должен быть кран линии безопасности при закрытом главном (контрольном) кране? (выберите правильный вариант)

228. В каком состоянии должен быть кран линии безопасности при открытом главном (контрольном) кране? (выберите правильный вариант)

229. Сопоставьте номера задвижек на рис. с их названиями.



230. Как определяется расчетный перепад давления в газовой сети Δp_{max} ? (выберите правильный вариант)

231. Какой коэффициент перегрузки α обычно допускается для промышленных агрегатов, потребляющих природный газ? (выберите правильный вариант)

232. Какой коэффициент изменения нагрузки β характерен для промышленных предприятий? (выберите правильный вариант)

233. Давление у потребителя 5 атм, допустимая перегрузка 10%, минимальная нагрузка в сети 50% от максимальной, сопротивление сети зависит от квадрата расхода газа ($\Delta p = A Q^2$). Какое давление необходимо на входе в сеть? (выберите правильный вариант)

234. Давление у потребителя 10 атм, допустимая перегрузка 20%, минимальная нагрузка в сети 60% от максимальной, сопротивление сети зависит от квадрата расхода газа ($\Delta p = A Q^2$). Какое давление необходимо на входе в сеть? (выберите правильный вариант)

235. Как выбирается диаметр труб при расчете газопроводной сети? (выберите правильный вариант)

2.4.7. Системы обеспечения продуктами разделения воздуха

236. Какова чистота технологического кислорода? (выберите правильный вариант)

237. Какова чистота технического кислорода? (выберите правильный вариант)

238. Выберите один или несколько способов, использующихся при разделении газовых смесей.

239. Процесс разделения газовых смесей путем многократного испарения охлажденной смеси и отдельной конденсации паров компонентов называется ... (выберите правильный вариант).

240. Процесс разделения газовых смесей путем однократной перегонки с полной конденсацией паров называется ... (выберите правильный вариант).

241. Сопоставьте метод разделения с особенностями его применения.

242. Отметьте одну или несколько особенностей ректификации.

243. Выделите особенности разделения газовых смесей конденсатно-испарительными методами по сравнению с адсорбционно-десорбционными и диффузионными. (выберите один или несколько вариантов)

244. Выделите особенности разделения газовых смесей адсорбционно-десорбционными и диффузионными методами по сравнению с конденсатно-испарительными. (выберите один или несколько вариантов)

245. Отметьте одну или несколько особенностей разделения газовых смесей адсорбционными методами.

246. Отметьте устройства, входящие в систему криообеспечения установок разделения воздуха (выберите один или несколько вариантов).

247. Где в ректификационной колонне собирается компонент с более высокой температурой кипения? (выберите правильный вариант)

248. Где в ректификационной колонне собирается компонент с более низкой температурой кипения? (выберите правильный вариант)

249. Как изменяется температура среды в ректификационной колонне в направлении снизу вверх? (выберите правильный вариант)

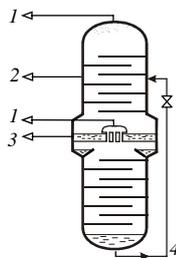
250. В какой части ректификационной колонны находится испаритель? (выберите правильный вариант)

251. В какой части ректификационной колонны находится конденсатор? (выберите правильный вариант)

252. Выберите конструктивную особенность установок разделения воздуха высокого и среднего давления (выберите правильный вариант).

253. Выберите конструктивную особенность установок разделения воздуха низкого давления (выберите правильный вариант).

254. Сопоставьте номера потоков в колонне двойной ректификации на рис. и продукты разделения воздуха.



2.5. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

1. В какой из трактов котельной установки входят мельничный вентилятор и пылепроводы? (выберите правильный вариант)
2. В какой из трактов котельной установки входят барабан и топочные экраны? (выберите правильный вариант)
3. В какой из трактов котельной установки входят дутьевой вентилятор и электрофильтры? (выберите правильный вариант)
4. В паровом котле ... (выберите правильный вариант)
5. В котле-утилизаторе... (выберите правильный вариант)
6. Укажите вариант ответа, в котором все перечисленные устройства, сооружения и механизмы входят в систему топливоподачи твердого топлива:
7. Для ликвидации очагов горения в штабеле твердого топлива необходимо ... (выберите правильный вариант).
8. Укажите, какие из перечисленных ниже типов мельниц могут быть использованы для размола твердого топлива? (выберите правильный вариант)
9. В шаровых барабанных мельницах осуществляется размол ... (выберите правильный вариант).
10. Билодержатели и била являются конструктивными элементами (выберите правильный вариант):
11. Какая из перечисленных ниже мельниц имеет размольный стол (диск)? (выберите правильный вариант)
12. Мельницы какого типа используются в системах пылеприготовления для размола мягких бурых углей с высокой влажностью? (выберите правильный вариант)
13. С какой целью в системах пылеприготовления используются циклоны? (выберите правильный вариант)
14. Какие способы шлакозолоудаления могут применяться в котельных с котлами, оборудованными топками для слоевого сжигания топлива? (выберите правильный вариант)
15. Подготовка мазута перед его сжиганием заключается ... (выберите правильный вариант).
16. Какие из перечисленных ниже операций осуществляются в газорегуляторном пункте? (выберите правильный вариант)
17. Укажите вариант ответа, в котором все перечисленные устройства входят в состав основного оборудования газорегуляторного пункта (выберите правильный вариант):
18. Максимально допустимое рабочее давление газа в газопроводе за регулятором давления составляет 5 кПа. При каком давлении должен сработать предохранительный запорный клапан? (выберите правильный вариант)
19. Топочные устройства бывают ... (выберите правильный вариант):
20. Какие потери теплоты определяют величину КПД топочных устройств? (выберите правильный вариант)
21. Какие виды органического топлива можно сжигать в камерных топках? (выберите правильный вариант)
22. В полумеханических топках ... (выберите правильный вариант):

23. Инжекционные горелки все без исключения являются ... (выберите правильный вариант):
24. Форсунки, в которых распыление топлива происходит за счет потенциальной энергии мазута, называются ... (выберите правильный вариант):
25. Форсунки, в которых для распыления мазута используется механическая энергия вращательного распылителя, называются ... (выберите правильный вариант):
26. На какие нужды может быть использован пар, вырабатываемый в паровом котле ДКВР-20-13? (выберите правильный вариант)
27. Пар для паровых турбин на тепловых электростанциях генерируется ... (выберите правильный вариант):
28. За счет чего происходит движение воды и пароводяной смеси в испарительной системе барабанных котлов с естественной циркуляцией? (выберите правильный вариант)
29. За счет чего происходит движение воды и пароводяной смеси в испарительной системе барабанных котлов с многократной принудительной циркуляцией? (выберите правильный вариант)
30. Кратность циркуляции в барабанных котлах с естественной циркуляцией составляет ... (выберите правильный вариант):
31. Кратность циркуляции в барабанных котлах с многократной принудительной циркуляцией составляет ... (выберите правильный вариант):
32. К какому типу котлов по характеру движения воды, пароводяной смеси и пара относится котел ДЕ-25-14ГМ? (выберите правильный вариант)
33. К какому типу котлов по характеру движения воды относится котел ПТВМ-50? (выберите правильный вариант)
34. К какому типу котлов по характеру перемещения продуктов сгорания и воды относится котел АВ-2? (выберите правильный вариант)
35. К какому типу котлов по характеру перемещения продуктов сгорания и воды относится котел БГМ-35М? (выберите правильный вариант)
36. Укажите паропроизводительность парового котла Е-2,5-13ГМ (выберите правильный вариант):
37. На каких видах топлива может работать водогрейный котел КВГМ-30-150? (выберите правильный вариант)
38. В котле экраны, размещенные на стенах топки, являются ... (выберите правильный вариант):
39. Как называется экран, который размещается в топке и делит ее на две полутопки? (выберите правильный вариант)
40. Где в котле КВГМ-100 размещается пароперегреватель? (выберите правильный вариант)
41. Пар в пароперегревателе может быть перегрет за счет (выберите правильный вариант):
42. Какая из схем движения пара и продуктов сгорания в конвективном пароперегревателе является наиболее целесообразной с позиций интенсивности теплообмена и надежности работы труб поверхностей нагрева? (выберите правильный вариант)
43. Что обычно используют в качестве охлаждающей среды во впрыскивающих пароохладителях? (выберите правильный вариант)
44. Что обычно используют в качестве охлаждающей среды в поверхностных пароохладителях? (выберите правильный вариант)
45. Для чего предназначен водяной экономайзер? (выберите правильный вариант)
46. В паровом котле водяной экономайзер размещается ... (выберите правильный вариант):
47. Допускается ли кипение воды в чугунном экономайзере? (выберите правильный вариант)

48. Допускается ли кипение воды в стальном змеевиковом экономайзере? (выберите правильный вариант)
49. Разрешается ли располагать змеевики стального водяного экономайзера параллельно фронту котла? (выберите правильный вариант)
50. С какой целью осуществляется подогрев воздуха в воздухоподогревателе? (выберите правильный вариант)
51. Каким образом организуется движение греющей и нагреваемой сред в трубчатом воздухоподогревателе? (выберите правильный вариант)
52. Преимуществом регенеративных воздухоподогревателей перед трубчатыми является ... (выберите правильный вариант):
53. В паровом котле имеется одна ступень трубчатого воздухоподогревателя, одна ступень водяного экономайзера и одна ступень пароперегревателя. В каком порядке по ходу продуктов сгорания топлива они будут располагаться? (выберите правильный вариант)
54. Главной функцией сепарационного барабана водотрубного парового котла с естественной циркуляцией является ... (выберите правильный вариант):
55. Допускается ли омывание сепарационного барабана водотрубного парового котла горячими продуктами сгорания? (выберите правильный вариант)
56. Какой вид сепарации капель влаги от пара имеет место при подъемном движении пара с низкой скоростью? (выберите правильный вариант)
57. Какой вид сепарации капель влаги от пара имеет место при резком ускорении потока и последующем снижении его скорости? (выберите правильный вариант)
58. С какой целью осуществляется промывка пара в барабане чистой водой? (выберите правильный вариант)
59. В сепарационных барабанах каких котлов устанавливаются центробежные сепараторы? (выберите правильный вариант)
60. С какой целью осуществляется непрерывная продувка котла? (выберите правильный вариант)
61. С какой целью осуществляется периодическая продувка котла? (выберите правильный вариант)
62. Целью организации ступенчатого испарения в барабанном котле является ... (выберите правильный вариант):
63. Деаэратор, устанавливаемый в котельной или на ТЭС, предназначен ... (выберите правильный вариант):
64. Что входит в задачу поверочного расчета котла? (выберите правильный вариант)
65. Коэффициент избытка воздуха – это ... (выберите правильный вариант):
66. Теоретически для сгорания 1 м^3 природного газа требуется $9,5 \text{ м}^3$ воздуха. Определите коэффициент избытка воздуха в топке, если действительно на горение подали $10,45 \text{ м}^3$ воздуха (выберите правильный вариант).
67. При сжигании 1 м^3 природного газа образовались следующие объемы компонентов продуктов сгорания: $\text{CO}_2 - 1 \text{ м}^3$; $\text{N}_2 - 8 \text{ м}^3$; $\text{H}_2\text{O} - 2,2 \text{ м}^3$. Определите объем сухих продуктов сгорания, если теоретически необходимый объем воздуха на горение составляет 10 м^3 , а коэффициент избытка воздуха – $\alpha = 1,1$ (выберите правильный вариант).
68. Температура дымовых газов на выходе из водяного экономайзера равна $500 \text{ }^\circ\text{C}$. При этой температуре и коэффициенте избытка воздуха $\alpha = 1$ энтальпия дымовых газов равна 8000 кДж/м^3 , а энтальпия воздуха равна 6500 кДж/м^3 . Определите действительную энтальпию дымовых газов на выходе из водяного экономайзера, если коэффициент избытка воздуха здесь равен $\alpha = 1,25$ (выберите правильный вариант).
69. Теоретический объем воздуха, идущий на сжигание 1 м^3 природного газа, равен $10 \text{ м}^3/\text{м}^3$. Определите энтальпию теоретически необходимого количества воздуха

при температуре 600 °С, если его удельная энтальпия при этой температуре равна 830 кДж/м³ (выберите правильный вариант).

70. Какая из статей потерь теплоты в котле является наибольшей? (выберите правильный вариант)

71. Какая из представленных ниже статей потерь теплоты в котле является наименьшей при сжигании газообразного топлива? (выберите правильный вариант)

72. Чем обусловлена потеря теплоты от механической неполноты горения? (выберите правильный вариант)

73. Каким образом определяется КПД брутто котла по уравнению обратного баланса? (выберите правильный вариант)

74. Полное количество теплоты, полезно используемое в водогрейном котле – 100 МВт. Коэффициент полезного действия котла – 90 %. Определите расход природного газа, подаваемого в топку котла, если его теплота сгорания равна 30 МДж/м³. Тепло, внесенное в топку топливом и воздухом при его подогреве вне котла, не учитывать (выберите правильный вариант).

75. За счет каких видов теплообмена происходит процесс теплопередачи в котле? (выберите правильный вариант)

76. Паропроизводительность котла – 50 т/ч. Расход природного газа на котел составляет 1,5 м³/с. Определите отнесенное к 1 м³ топлива количество теплоты, воспринятое паром в пароперегревателе, если в процессе перегрева пара его энтальпия меняется на величину 620 кДж/кг (выберите правильный вариант).

77. Определите средний температурный напор в водяном экономайзере, если температура продуктов сгорания на входе в него составляет 700 °С, а на выходе равна 450 °С. Температура воды на входе в экономайзер составляет 100 °С, на выходе – 150 °С. Схема движения – противоток (выберите правильный вариант).

78. Поверхность нагрева водяного экономайзера составляет 1000 м². Средний температурный напор в экономайзере – 400 К. Коэффициент теплопередачи равен 100 Вт/(м²·К). Определите величину тепловосприятия экономайзера, отнесенного к 1 м³ топлива, если расход природного газа составляет 5 м³/с (выберите правильный вариант).

79. Максимальная часть энергии системы, которая может быть преобразована в полезную работу при переходе от текущего состояния до равновесия с окружающей средой, получила название ... (выберите правильный вариант):

80. Укажите вариант ответа, в котором все перечисленные потери учитываются при составлении эксергетического баланса и не учитываются при составлении теплового баланса (выберите правильный вариант):

81. В общем виде эксергетический баланс теплоэнергетической установки выражается уравнением (выберите правильный вариант):

82. Показателем термодинамического совершенства процесса является (выберите правильный вариант):

83. Величина какой из представленных ниже потерь эксергии является одной из доминирующих в эксергетическом балансе котельного агрегата? (выберите правильный вариант)

84. Коэффициент сопротивления трения движению потока зависит ... (выберите правильный вариант):

85. Изотермический поток газа, плотность которого равна 0,8 кг/м³, движется в канале со скоростью 5 м/с. Длина канала – 10 м, эквивалентный диаметр – 0,5 м. Коэффициент сопротивления трения составляет 0,025. Определите величину сопротивления трения движению потока (выберите правильный вариант).

86. Коэффициент местного сопротивления пучков труб при поперечном их омывании зависит ... (выберите правильный вариант):

87. Поток газа, плотность которого равна 0,8 кг/м³, поперечно оmyвает пучок труб. Скорость потока газа в сжатом сечении газохода составляет 5 м/с. Определите

сопротивление пучка труб, если коэффициент местного сопротивления пучка труб равен 4 (выберите правильный вариант).

88. В целях поддержания допустимой температуры стенки трубы поверхностей нагрева котла необходимо обеспечивать (выберите правильный вариант):

89. Массовое паросодержание на выходе из труб испарительных поверхностей нагрева котлов с естественной циркуляцией составляет (выберите правильный вариант):

90. Укажите последовательность изменения формы движения пароводяной смеси в водотрубном паровом котле низкого давления с увеличением паросодержания при прочих равных условиях (выберите правильный вариант):

91. Как называется структура потока пароводяной смеси, когда в среднем сечении трубы движется сплошной поток пара, в котором распределены капельки воды, а по стенке движется сплошной поток воды? (выберите правильный вариант)

92. Как называется структура потока пароводяной смеси, при которой практически все сечение трубы занимает движущийся с большой скоростью пар с распределенной в нем в виде капель водой, а на стенке трубы остается тонкая пленка воды? (выберите правильный вариант)

93. При какой структуре потока пароводяной смеси обеспечиваются наилучшие условия охлаждения стенок труб? (выберите правильный вариант)

94. Средняя скорость потока пароводяной смеси в данном сечении трубы определяется ... (выберите правильный вариант):

95. Скорость, с которой бы двигался пар, если бы он занимал все сечение трубы испарительной поверхности парового котла с естественной циркуляцией, называют (выберите правильный вариант):

96. Скорость, с которой бы двигалась вода при температуре насыщения через полное проходное сечение трубы при массовом ее расходе, равном массовому расходу пароводяной смеси, называется (выберите правильный вариант):

97. Какая характеристика пароводяной смеси определяется как доля проходного сечения трубы, по которой движется пароводяная смесь, занимаемая паром? (выберите правильный вариант)

98. С чем связано наличие экономайзерного участка контура естественной циркуляции? (выберите правильный вариант)

99. Кратность циркуляции – это ... (выберите правильный вариант):

100. Полезный напор контура циркуляции равен (выберите правильный вариант):

101. Циркуляционной характеристикой контура циркуляции называют (выберите правильный вариант):

102. Гидравлической характеристикой контура циркуляции называют (выберите правильный вариант):

103. На участках контура естественной циркуляции с последовательным соединением элементов (выберите правильный вариант):

104. На участках контура естественной циркуляции с параллельным соединением элементов (выберите правильный вариант):

105. Коэффициент температурной разверки – это ... (выберите правильный вариант):

106. Коэффициент тепловой разверки – это ... (выберите правильный вариант):

107. Коэффициент гидравлической разверки – это ... (выберите правильный вариант):

108. Какое условие должно быть соблюдено, чтобы не возникло явление застоя циркуляции? (выберите правильный вариант)

109. При соблюдении какого условия в подъемных трубах не появляется свободный уровень? (выберите правильный вариант)

110. Пересечение гидравлической характеристики элемента прямого котла с прямой, соответствующей некоторому перепаду давления в трубе, в более чем в одной точке, характеризует ... (выберите правильный вариант):

111. Каким способом добиваются выравнивания гидравлической характеристики элемента прямого котла, если она пересекает прямую, соответствующую некоторому перепаду давления в трубе, в более чем в одной точке? (выберите правильный вариант)

112. Какими нормативными документами регламентируются требования к качеству питательной воды котлов с естественной циркуляцией? (выберите правильный вариант)

113. Коррозионные процессы в элементах паро- и теплогенерирующего оборудования имеют место вследствие наличия в питательной воде ... (выберите правильный вариант).

114. С какой целью производится химическая подготовка добавочной питательной воды методами ионного обмена? (выберите правильный вариант)

115. Какие технологические установки по сравнению с установками для обессоливания природной добавочной воды могут применяться на ТЭС для обессоливания конденсата? (выберите правильный вариант)

116. В чем заключается деаэрация воды в тепловых источниках? (выберите правильный вариант)

117. Какие мероприятия осуществляются в деаэрационных установках ТЭС и котельных? (выберите правильный вариант)

118. На какие котлы распространяются «Правила промышленной безопасности при использовании оборудования, работающего под избыточным давлением»? (выберите правильный вариант)

119. Какие инструкции определяют условия безопасной и экономичной работы котлов и отдельных их элементов? (выберите правильный вариант)

120. В каких инструкциях указываются необходимые правила и мероприятия, обеспечивающие условия безопасной работы персонала? (выберите правильный вариант)

121. В каких случаях проходят стажировку лица из числа оперативного персонала? (выберите правильный вариант)

122. В каком случае рабочие из числа оперативного персонала могут быть подвергнуты внеочередной проверке знаний? (выберите правильный вариант)

123. Разрешается ли изменять положение задвижек, вентилях и кнопок управления на оборудовании в ходе противоаварийных тренировок? (выберите правильный вариант)

124. Основным назначением систем теплоснабжения является ... (выберите правильный вариант)

125. В зависимости от размещения источника теплоты по отношению к потребителям системы теплоснабжения разделяются на ... (выберите правильный вариант)

126. По способу подачи воды на горячее водоснабжение водяные системы теплоснабжения делятся на ... (выберите правильный вариант)

127. Отличие децентрализованных систем теплоснабжения от централизованных заключается в том, что в децентрализованных системах отсутствует ... (выберите правильный вариант)

128. В каких системах теплоснабжение каждого помещения всегда обеспечивается от отдельного источника? (выберите правильный вариант)

129. В каких системах теплоснабжение каждого здания всегда обеспечивается от отдельного источника? (выберите правильный вариант)

130. В системах централизованного теплоснабжения подготовка теплоносителя может производиться ... (выберите правильный вариант)

131. В каких системах теплоснабжения вода из тепловой сети используется только как греющая среда для нагрева в подогревателях поверхностного типа водопроводной воды, поступающей затем в систему горячего водоснабжения? (выберите правильный вариант)

132. В каких системах теплоснабжения горячая вода к водоразборным приборам местной системы горячего водоснабжения поступает непосредственно из тепловых сетей? (выберите правильный вариант)

133. В каких системах теплоснабжения вода из подающего трубопровода внешней тепловой сети поступает в установленный на вводе в здание теплообменный аппарат, подогревает в нем поток воды, циркулирующей по замкнутому контуру через элементы системы отопления здания, и, охлаждаясь, поступает в обратный трубопровод сети? (выберите правильный вариант)

134. В каких системах теплоснабжения горячая вода из внешней тепловой сети проходит через все элементы отопительной системы здания и, охлаждаясь в них, поступает в обратный трубопровод сети? (выберите правильный вариант)

135. Каково минимально возможное количество линий в открытых водяных системах теплоснабжения? Укажите число от 0 до 9.

136. Каково минимально возможное количество линий в закрытых системах теплоснабжения? Укажите число от 0 до 9.

137. Что такое условное топливо? (выберите правильный вариант)

138. Каково значение теплоты сгорания условного топлива? (выберите правильный вариант)

139. Приведите обозначение рабочей массы твердого топлива (выберите правильный вариант)

140. Приведите обозначение сухой массы твердого топлива (выберите правильный вариант)

141. Приведите обозначение горючей массы твердого топлива (выберите правильный вариант)

142. Какое название носит температура, которую приобретают продукты полного сгорания топлива и при любом коэффициенте избытка воздуха, в большей единицы (выберите правильный вариант)

143. В экономичных топочных устройствах котлоагрегатов, работающих на природном газе, коэффициент избытка воздуха равен (выберите правильный вариант):

144. Выберите продукты неполного сгорания (отметьте один или несколько вариантов).

3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН (КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ)

3.1. ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

3.1.1. Основные понятия и определения в гидрогазодинамике

Задача 1. Коэффициент динамической вязкости при $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ равняется $30\text{ мПа}\cdot\text{с}$. Относительная плотность жидкости (т.е. отношение плотности данной жидкости к плотности воды при тех же давлении и температуре) $\Delta\rho=0,9$. Определите коэффициент кинематической вязкости.

Задача 2. Вакуумметр, шкала которого проградуирована в мм. вод. ст., показывает разрежение рабочей среды, равное 2000 мм. вод. ст. Определите абсолютное давление рабочей среды, если атмосферное давление составляет $0,1\text{ МПа}$. Ответ приведите в Мега-паскалях.

Задача 3. Определить плотность углекислого газа в сосуде при температуре 27°C , учитывая, что манометр показывает давление 500 кПа .

3.1.2. Основы гидростатики

Задача 4. Высота мазутного резервуара, соединенного с атмосферой, составляет 10 м , а его диаметр 15 м . Определите объем и массу мазута, находящегося в резервуаре, если манометр, присоединенный ко дну резервуара, показывает давление $4,5\text{ м вод. ст.}$ Плотность мазута принять равной 900 кг/м^3 . Определить также объем резервуара.

Задача 5. В закрытом резервуаре находится мазут плотностью 960 кг/м^3 при давлении над его уровнем 150 кПа . Манометр присоединен на $1,5\text{ м}$ ниже уровня мазута. Какое давление показывает манометр?

Задача 6. К двум точкам горизонтального трубопровода присоединен U-образный стеклянный дифманометр, заполненный ртутью (см. рис. 2.3). Разность уровней ртути в дифманометре $h = 85\text{ мм}$. Какова разность давлений в этих точках, если по трубопроводу проходит: а) бензин плотностью 750 кг/м^3 ; б) продукты горения топлива плотностью $0,9\text{ кг/м}^3$.

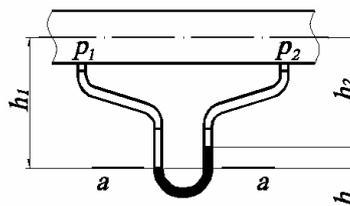


Рис. к задаче 6

Задача 7. На какой высоте над осью всасывающего патрубка насоса должна находиться свободная поверхность воды в баке-аккумуляторе для того, чтобы абсолютное давление воды на всасывающем патрубке насоса было равно $2,7\text{ кгс/см}^2$? Абсолютное давление в баке-аккумуляторе поддерживается $1,2\text{ кгс/см}^2$. Плотность воды принять равной 1000 кг/м^3 . Ответ приведите в метрах.

3.1.3. Основы кинематики жидкости

Задача 8. Холодильник состоит из двух концентрических стальных труб диаметром $29\times 2,5\text{ мм}$ и $54\times 2,5\text{ мм}$. По внутренней трубе протекает $3,73\text{ т/ч}$ рассола плотностью 1150 кг/м^3 . В межтрубном пространстве протекает 160 кг/ч газа под давлением (абс.) 3 кгс/см^2 при средней температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Плотность газа при $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ и 760 мм рт. ст.

равна $1,2 \text{ кг/м}^3$. Найти скорости газа и жидкости в холодильнике.

Задача 9. По трубам теплообменника, состоящего из 379 труб диаметром $16 \times 1,5$ мм, протекает азот в количестве $6400 \text{ м}^3/\text{час}$ (считая при $0 \text{ }^\circ\text{C}$ и 760 мм рт. ст.) под давлением $p_{\text{изб}} = 3 \text{ кгс/см}^2$. Азот входит в теплообменник при $120 \text{ }^\circ\text{C}$, выходит – при $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить скорость азота в трубах теплообменника на входе и выходе.

Задача 10. Кожухотрубчатый холодильник состоит из 19 труб диаметром 20×2 мм. В трубное пространство холодильника поступает вода по подводющему трубопроводу диаметром $57 \times 3,5$ мм. Скорость воды в трубопроводе $1,4 \text{ м/с}$. Вода идет снизу вверх. Определить скорость воды в трубах холодильника, если принять допущение, что средняя температура воды остается неизменной.

Задача 11. Трубопровод, по которому движется поток воды, включает прямой участок внутренним диаметром 30 мм , конфузур и прямой участок внутренним диаметром 20 мм . Определите скорость воды на участке за конфузуром, если перед конфузуром ее скорость составляет 1 м/с . Ответ приведите с двумя знаками после запятой.

Задача 12. В трубное пространство кожухотрубного теплообменника поступает вода по подводющему трубопроводу диаметром $57 \times 3,5$ мм. Теплообменник состоит из 61 трубы диаметром $d = 32 \times 2,5$ мм. Скорость воды в подводящем трубопроводе $0,75 \text{ м/с}$. Вода идет снизу вверх. Определить скорость воды в трубах холодильника, если средняя температура воды $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$.

3.1.4. Динамика жидкости

Задача 13. На горизонтальном газоходе квадратного сечения со стороной 1000 мм имеется плавный переход на квадратное сечение со стороной 800 мм . По газоходу движутся продукты горения расходом $45000 \text{ м}^3/\text{ч}$ при температуре $127 \text{ }^\circ\text{C}$. Манометр, установленный на широкой части трубопровода перед сужением, показывает избыточное давление в трубопроводе 10000 Па . Каково будет показание такого же манометра на узкой части трубопровода? Сопротивления пренебречь. Плотность продуктов горения при нормальных условиях принять равной $1,2 \text{ кг/м}^3$. Плотность продуктов горения при рабочих условиях по длине газохода считать постоянной.

Задача 14. По трубопроводу внутренним диаметром 300 мм проходит вода при температуре $15 \text{ }^\circ\text{C}$. На оси трубопровода установлена трубка Пито, дифференциальный манометр которой показывает 350 Па . Определить массовый расход воды при ее турбулентном течении.

Задача 15. Вход жидкости плотностью 1000 кг/м^3 в трубопровод осуществляется на высоте 10 м от земли, а выход – на высоте 2 м от земли. При этом средняя скорость жидкости меняется от 1 м/с на входе в трубопровод до 2 м/с на выходе из него. Каково будет статическое давление жидкости на выходе из трубопровода, если на входе в трубопровод оно составляет 100000 Па ? Ускорение свободного падения принять равным 10 м/с^2 . Ответ приведите в килопаскалях с точностью до десятых (один знак после запятой).

Задача 16. В середине трубопровода с внутренним диаметром 320 мм установлена трубка Пито-Прандтля (см. рис. 4.9), дифференциальный манометр которой, заполненный водой, показывает разность уровней $h = 5,8 \text{ мм}$. По трубопроводу проходит под атмосферным давлением сухой воздух при $21 \text{ }^\circ\text{C}$. Определить часовой массовый расход воздуха.

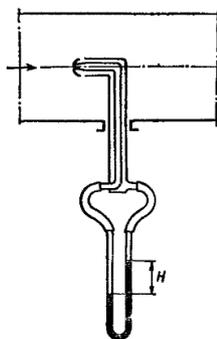


Рис. к задаче 16

Задача 17. По горизонтальному трубопроводу с внутренним диаметром 200 мм протекает минеральное масло относительной плотности 0,9. В трубопроводе установлена диафрагма (см. рис.) с острыми краями (коэффициент расхода 0,61). Диаметр отверстия диафрагмы 76 мм. Ртутный дифманометр, присоединенный к диафрагме, показывает разность уровней 102 мм. Определить скорость масла в трубопроводе и его расход.

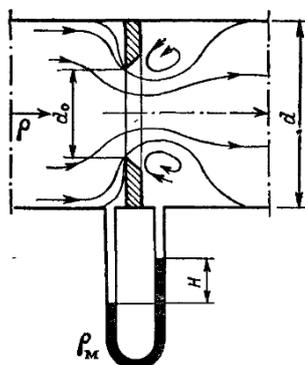


Рис. к задаче 17

Задача 18. На трубопроводе диаметром 160×5 мм установлен расходомер «труба Вентури» (см. рис. 4.11), внутренний диаметр узкой части которой равен 60 мм. По трубопроводу проходит этан под атмосферным давлением при 25 °С. Показание водяного дифманометра трубы Вентури $H = 32$ мм. Определить массовый расход этана, проходящего по трубопроводу (в кг/ч), приняв коэффициент расхода 0,97.

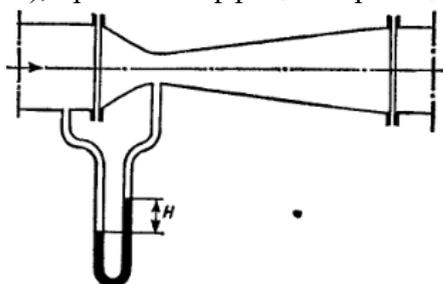


Рис. к задаче 18

3.1.5. Основы моделирования гидродинамических процессов

Задача 19. Воздух плотностью $1,2 \text{ кг/м}^3$ движется по прямому воздуховоду прямоугольного сечения, высота которого равна 400 мм, а ширина 600 мм, со скоростью 2 м/с. Определите критерий Рейнольдса, вязкость равна $18 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$.

3.1.6. Особенности течения жидкости в трубах и каналах

Задача 20. По трубам теплообменника, внутренний диаметр которых 30 мм, проходит вода при температуре 10 °С со скоростью 1,0 м/с. Найти массовый расход воды. Определить режим движения воды, приняв ее динамический коэффициент вязкости

равным 1 мПа·с.

Задача 21. Определите режимы течения этилового спирта внутри прямой трубы диаметром 40×2,5 мм и внутри такой же по диаметру трубы, но свитой в форме змеевика с диаметром витков 570 мм. Скорость спирта 0,13 м/с, его плотность 675 кг/м³, а динамическая вязкость $0,67 \cdot 10^{-3}$ Па·с.

Задача 22. В корпусе теплообменного аппарата, выполненном из трубы диаметром 159×3,5 мм, расположено 19 труб диаметром 20×2,0 мм. Внутри труб протекает метиловый спирт массовым расходом 0,2 кг/с. Плотность спирта 774 кг/м³, а его динамическая вязкость $480 \cdot 10^{-6}$ Па·с. В межтрубном пространстве протекает 5 кг/с воды, плотность которой составляет 965 кг/м³, а динамическая вязкость $314,4 \cdot 10^{-6}$ Па·с. Определите режимы течения спирта и воды.

Задача 23. В корпусе теплообменника внутренним диаметром 300 мм расположена 61 труба. Наружный диаметр труб 25 мм. Вода течет между трубами вдоль оси теплообменника со скоростью 0,6 м/с. Определить режим движения воды, приняв ее плотность равной 1000 кг/м³ и динамический коэффициент вязкости 1 мПа·с.

Задача 24. Определите потерю давления на трение при протекании воды по латунной трубе диаметром 19×2 мм длиной 10 м. Скорость воды 2 м/с, ее плотность 985 кг/м³, а динамическая вязкость $0,51 \cdot 10^{-3}$ Па·с. Эквивалентную шероховатость трубы принять равной 0,005 мм.

Задача 25. Определите потерю давления на трение для насыщенного пара в стальном паропроводе длиной 50 м, диаметром 108×4 мм. Скорость пара 25 м/с, его плотность 3,104 кг/м³, а динамическая вязкость $14,3 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

Задача 26. По прямому горизонтальному трубопроводу длиной 150 м необходимо подавать 10 м³/ч жидкости. Допускаемая потеря напора 10 м. Определить требуемый диаметр трубопровода, принимая коэффициент гидравлического трения равным 0,03.

Задача 27. Определите линейное падение давления в трубопроводе внутренним диаметром 50 мм и длиной 50 м при течении в нем жидкости плотностью 1000 кг/м³ со скоростью 2 м/с. Коэффициент гидравлического трения в трубопроводе принять равным 0,02. Ответ приведите в Паскалях (в виде целого числа).

Задача 28. Теплообменник "труба в трубе" длиной 10 м образован двумя трубами с наружным диаметром 75 мм и внутренним диаметром 100 мм. Вода при температуре 30 °С проходит по межтрубному кольцевому каналу со скоростью 0,25 м/с. Найти гидродинамическое сопротивление канала, считая трубы гладкими и приняв динамический коэффициент вязкости воды равным 1 мПа·с.

3.1.7. Относительное движение тела и жидкости

–

3.1.8. Двухфазные потоки и системы

Задача 29. Определите скорость вертикального потока воздуха, необходимую для начала псевдооживления слоя сферических частиц алюмосиликагеля при следующих условиях: температура воздуха 100 °С, плотность частиц 968 кг/м³, диаметр частиц 1,2 мм. Определите также перепад статического давления на псевдооживленном слое, если высота неподвижного слоя 400 мм.

Задача 30. Определите наибольший диаметр гранулированных частиц угля плотностью 660 кг/м³, начинающих переходить во взвешенное состояние в воздухе при скорости потока 0,2 м/с и температуре 180 °С. Определите также объемную долю

частиц при скорости воздуха 0,4 м/с.

Задача 31. Высота неподвижного слоя составляет 0,3 м. Определите высоту взвешенного слоя, если порозность взвешенного слоя составляет 0,5. Порозность неподвижного слоя перед началом псевдооживления равна 0,4. Ответ приведите в миллиметрах.

3.1.9. Одномерные течения газа

Задача 32. Найти теоретически необходимую мощность вентилятора, КПД которого составляет 0,75, для подачи 8600 м³/ч воздуха при температуре 30 °С и атмосферном давлении по прямому каналу прямоугольного сечения со сторонами 500 и 800 мм на расстояние 150 м, принимая коэффициент трения равным 0,022.

3.2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ

3.2.1. Основные понятия и определения

Задача 1. В сосуде объемом 1,2 м³ находится 1,2 кг кислорода. Определить удельный объем и плотность кислорода при указанных условиях.

Задача 2. Разрежение в газоходе парового котла, измеряемое тягомером, равно 20 мм. вод. ст. Определить абсолютное давление газов, если показание барометра 745 мм. рт. ст., и выразить его в МПа.

Задача 3. Определить абсолютное давление в конденсаторе паровой турбины, если показание присоединенного к нему ртутного вакуумметра равно 700 мм. рт. ст., а показание барометра 740 мм. рт. ст., при температуре 0 °С.

Задача 4. В газгольдер объемом 100 м³ подается газ по трубопроводу диаметром 100 мм со скоростью 5 м/с. Удельный объем газа – 0,6 м³/кг. За какое время наполнится газгольдер, если плотность газа, заполнившего газгольдер, равна 1,4 кг/м³?

Задача 5. Для предупреждения испарения ртути, пары которой оказывают вредное действие на человеческий организм, обычно при пользовании ртутными манометрами над уровнем ртути наливают слой воды. Определить абсолютное давление в сосуде, если разность столбов ртути в U-образном манометре составляет 500 мм при температуре 0°С, а высота столба воды над ртутью равна 200 мм. Показание барометра 740 мм. рт. ст. при температуре 0°С.

3.2.2. Идеальный газ. Законы идеального газа

Задача 6. Дымовые газы, образовавшиеся в топке парового котла, охлаждаются от 1250 до 200°С. Во сколько раз уменьшается их объем, если давление газов в начале и в конце газоходов одинаково?

Задача 7. В воздухоподогреватель парового котла подается вентилятором 110000 м³/ч воздуха при температуре $t = 27^{\circ}\text{C}$. Определить объемный расход воздуха на выходе из воздухоподогревателя, если он нагревается до $t = 427^{\circ}\text{C}$ при постоянном давлении.

Задача 8. Баллон с кислородом емкостью 40 литров находится под давлением 5 МПа при температуре 17°С. После израсходования части кислорода давление понизилось до 3,2 МПа, а температура упала до 7°С. Определить массу израсходованного кислорода.

Задача 9. Определить диаметр воздуховода для подачи 7000 кг/ч воздуха при абсолютном давлении 1,1 МПа, если температура этого воздуха 17°С. Скорость воздуха в газоходе 5 м/с.

Задача 10. Объемный состав газообразного топлива следующий: $\text{CH}_4 = 85\%$; $\text{CO} = 10\%$; $\text{H}_2 = 5\%$. Определить среднюю молекулярную массу и газовую постоянную смеси.

Задача 11. Объемный состав продуктов сгорания $\text{CO}_2 = 9\%$; $\text{O}_2 = 5\%$; $\text{N}_2 = 84\%$. Определить плотность и удельный объем при температуре $t = 200^\circ\text{C}$.

Задача 12. Генераторный газ имеет следующий объемный состав: $\text{H}_2 = 7\%$; $\text{CH}_4 = 2,0\%$; $\text{CO} = 27,6\%$; $\text{CO}_2 = 4,8$; $\text{N}_2 = 58,6\%$. Определить массовые доли, кажущуюся молекулярную массу, газовую постоянную, плотность и парциальные давления при температуре $t = 27^\circ\text{C}$ и давлении $p = 0,1$ МПа.

Задача 13. Газовая смесь имеет следующий массовый состав: $\text{CO}_2 = 14\%$; $\text{O}_2 = 6\%$; $\text{N}_2 = 80\%$. До какого давления нужно сжать эту смесь, находящуюся при нормальных условиях, чтобы её плотность стала $1,75$ кг/м³?

Задача 14. Плотность воздуха при нормальных условиях равна $1,293$ кг/м³. Определить удельный объем воздуха при этих условиях. Как изменится плотность и удельный объем воздуха, если температура увеличится на 40°C ?

3.2.3. Теплоемкость газов

Задача 15. Вычислить среднюю массовую теплоемкость c_{pm} для кислорода при постоянном давлении в пределах температур от 350 до 1000°C , считая зависимость теплоемкости от температуры: а) нелинейной; б) линейной.

Задача 16. Газовая смесь имеет следующий состав по объему: $\text{CO}_2=9\%$, $\text{O}_2=5\%$, $\text{N}_2=84\%$. Определить для данной смеси среднюю массовую теплоемкость c_{pm} в интервале температур от $t_1 = 200^\circ\text{C}$ до $t_2 = 400^\circ\text{C}$

Задача 17. В регенеративном подогревателе газовой турбины воздух нагревается от 100°C до 600°C . Найти количество теплоты, сообщенной воздуху в единицу времени, если расход его составляет 720 кг/ч. Зависимость теплоемкости от температуры принять нелинейной.

Задача 18. Для использования теплоты газов, уходящих из паровых котлов, в газоходах последних устанавливают воздухоподогреватели. Воздух нагревается в воздухоподогревателе от 25 до 200°C , а продукты сгорания при этом охлаждаются от 300 до 150°C . Объемный состав продуктов сгорания : $\text{CO}_2=9\%$, $\text{O}_2=5\%$, $\text{N}_2=76\%$, $\text{H}_2\text{O}=10\%$. Принять, что вся теплота, отдаваемая газами, воспринимается воздухом и процесс теплопередачи происходит при постоянном давлении. Определить расход воздуха, если известно, что расход газов при нормальных условиях – 70000 м³/ч.

Задача 19. Воздух охлаждается от 1000 до 100°C в процессе с постоянным давлением. Какое количество теплоты теряет 1 кг воздуха? Теплоемкость воздуха принять постоянной.

3.2.4. Первый закон термодинамики

Задача 20. Найти часовой расход топлива, который необходим для работы паровой турбины мощностью 100 МВт, если теплота сгорания топлива $Q_H = 34$ МДж/м³ и известно, что на превращение тепловой энергии в механическую используется только 35% теплоты сожженного топлива.

Задача 21. Мощность турбогенератора 25 МВт, к. п. д. генератора $0,97$. Какое количество воздуха нужно пропустить через генератор для его охлаждения, если конечная температура воздуха не должна превышать 50°C ? Температура в машинном отделении равна 20°C ; среднюю температуру воздуха c_p принять равной $1,0$ кДж/(кг·К).

Задача 22. Сосуд, содержащий 6 литров воды при температуре 12°C , имеет элек-

тронагреватель мощностью 1 кВт. Определить, сколько времени потребуется, чтобы вода нагрелась до температуры кипения $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Потерями теплоты сосуда в окружающую среду пренебречь.

Задача 23. В котельной электростанции за 24 ч работы сожжено 288 т каменного угля с теплотой сгорания $Q_{\text{н}} = 7000$ ккал/кг. Найти количество выработанной электроэнергии и среднюю мощность станции за указанный период работы, если к. п. д. процесса преобразования тепловой энергии в электрическую составляет 25%.

3.2.5. Основные термодинамические процессы идеальных газов

Задача 24. Газ при давлении $p_1 = 0,5$ МПа и температуре $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$ нагревается при постоянном объеме до температуры $t_2 = 327^{\circ}\text{C}$. Найти конечное давление газа.

Задача 25. В закрытом сосуде заключен газ при давлении $p_1 = 2,5$ МПа и температуре $t_1 = 270^{\circ}\text{C}$. Чему будет равно конечное давление p_1 , если температура снизится до $t_1 = 25^{\circ}\text{C}$?

Задача 26. Сосуд емкостью 100 литров содержит воздух при давлении 0,8 МПа и температуре 30°C . Определить количество теплоты, которое необходимо сообщить воздуху, чтобы повысить его давление при постоянном объеме до 1,6 МПа. Принять зависимость теплоемкости от температуры нелинейной.

Задача 27. Определить количество теплоты, необходимое для нагревания 5000 м^3 воздуха при постоянном давлении $p = 0,2$ МПа от температуры $t_1 = 50^{\circ}\text{C}$ до $t_2 = 500^{\circ}\text{C}$. Зависимость теплоемкости от температуры считать нелинейной.

Задача 28. В цилиндре находится воздух при давлении $p = 0,5$ МПа и температуре 400°C . От воздуха отнимается теплота при постоянном давлении таким образом, что в конце процесса устанавливается температура $t_2 = 0^{\circ}\text{C}$. Объем цилиндра, в котором находится воздух, равен 400 литров. Определить количество отнятой теплоты, конечный объем, изменение внутренней энергии и совершенную работу сжатия. Зависимость теплоемкости от температуры считать нелинейной.

Задача 29. Воздух объемом 10 м^3 с начальной температурой $t_1 = 15^{\circ}\text{C}$ расширяются при постоянном давлении до 15 м^3 вследствие сообщения газу 4185 кДж теплоты. Определить конечную температуру, давление газа в процессе и работу расширения.

Задача 30. Отходящие газы котельной установки проходят через воздухоподогреватель. Начальная температура отходящих газов $t_{r1} = 300^{\circ}\text{C}$, конечная температура отходящих газов $t_{r2} = 150^{\circ}\text{C}$; Расход отходящих газов, поступающих в воздухоподогреватель $G_r = 2000$ кг/ч. Температура воздуха на входе в воздухоподогреватель $t_{в1} = 15^{\circ}\text{C}$, а его расход равен $G_{в} = 1800$ кг/ч. Определить температуру воздуха на выходе из воздухоподогревателя $t_{в2}$, если потери теплоты в воздухоподогревателе составляют 5%. Средние теплоемкости для отходящих газов из котла и воздуха принять соответственно равными $1,0468$ и $1,0049$ кДж/(кг·К).

Задача 31. Воздух при давлении $p_1 = 0,1$ МПа и температуре $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$ сжимается в компрессоре до давления $p_2 = 2,5$ МПа. Определить величину работы затраченной на сжатие 10 кг воздуха, если сжатие изотермическое.

Задача 32. 10 кг воздуха при давлении $p_1 = 0,15$ МПа и температуре $t_1 = 27^{\circ}\text{C}$ сжимается изотермически, при этом объем уменьшается в два раза. Определить начальные и конечные параметры, количество теплоты, работу и изменение внутренней энергии.

3.2.6. Второй закон термодинамики

Задача 33. Воздух объемом 100 м^3 , находящийся в начальном состоянии при

нормальных условиях, сжимают до конечной температуры 400°C . Сжатие производится: а) изохорно; б) изобарно; в) адиабатно; д) политропно с показателем политропы $n = 2,6$. Найти энтропию воздуха в конце каждого процесса, считая значение энтропии при нормальных условиях равным нулю.

Задача 34. В сосуде объемом 300 литров заключен воздух при давлении $p_1 = 5$ МПа и температуре $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$. Параметры среды: $p_0 = 0,1$ МПа и $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$. Определить максимальную полезную работу, которую может произвести сжатый воздух, находящийся в сосуде.

Задача 35. В сосуде объемом 400 литров находится углекислота при температуре $t_1 = 20^{\circ}\text{C}$ и давлении $p_1 = 10$ МПа. Параметры среды: $p_0 = 0,1$ МПа и $t_0 = 20^{\circ}\text{C}$. Определить максимальную полезную работу, которую может произвести углекислота, находящаяся в сосуде.

Задача 36. Торпеда приводится в действие и управляется автоматически, двигаясь на заданной глубине. Для двигателя торпеды используется имеющийся в ней запас сжатого воздуха. Найти максимальную полезную работу, которую может произвести воздушный двигатель торпеды, если объем сжатого воздуха в ней $V_1 = 210$ литров, давление $p_1 = 20$ МПа, а температура воздуха и морской воды $t_0 = 17^{\circ}\text{C}$. Торпеда отрегулирована на движение под уровнем моря на глубине 5 метров.

Задача 37. В процессе политропного расширения воздуха температура его уменьшилась от $t_1 = 30^{\circ}\text{C}$ до $t_2 = -42^{\circ}\text{C}$. Начальное давление воздуха $p_1 = 0,5$ МПа, его масса 4 кг. Определить изменение энтропии в этом процессе, если известно, что количество подведенной к воздуху теплоты составляет 178 кДж.

3.2.7. Реальные газы

Задача 38. В баллоне объемом $V = 40$ литров находится двуокись углерода при давлении $p = 3,923$ МПа. Определить массу газа в баллоне, если температура газа равна $t = 207^{\circ}\text{C}$. Расчет произвести при помощи уравнений: а) Клапейрона; б) Ван-дер-Ваальса (при $a = 190,9$; $b = 0,984 \cdot 10^{-3}$).

3.3. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ ТЕРМОДИНАМИКИ

3.3.1. Водяной пар

Задача 1. При давлении $p = 1,0$ МПа вода нагрета до 170°C . Наступило ли кипение? На сколько градусов нужно нагреть воду, чтобы началось кипение?

Задача 2. Найти массу 50 м^3 пара при давлении $p = 1,2$ МПа и степени сухости пара $x = 0,9$.

Задача 3. Найти количество теплоты, затрачиваемой на получение 1 кг пара при давлении $p = 1,2$ МПа и степени сухости пара $x = 0,9$, если температура питательной воды 40°C .

Задача 4. Определить количество теплоты, затрачиваемой на перегрев 1 кг влажного пара при давлении $p = 1,5$ МПа. и степени сухости пара $x = 0,92$ до температуры 340°C .

Задача 5. Через пароперегреватель парового котла проходит 10 т пара в час. Степень сухости пара до пароперегревателя $x = 0,98$, а давление $p = 6$ МПа. Температура пара после пароперегревателя 500°C . Определить количество теплоты, воспринятой пароперегревателем, принимая его КПД равным 0,98.

Задача 6. Найти диаметр паропровода, по которому протекает сухой насыщенный

ный пар при давлении $p = 1,5$ МПа. Расход пара $M = 600$ кг/ч. Скорость пара $w = 40$ м/с.

Задача 7. Паровая турбина расходует 55000 кг/ч пара. Отработавший в турбине пар поступает в конденсатор при давлении $p = 0,004$ МПа и степени сухости $x = 0,94$. Определить часовой расход охлаждающей воды, если ее начальная температура $t_1 = 10^\circ\text{C}$, а конечная $t_2 = 24^\circ\text{C}$. Температура конденсата соответствует температуре насыщения.

Задача 8. В паровом котле находится 25 м³ воды при давлении 3,5 МПа и температуре насыщения. Какое количество пара по массе и объему образовалось бы в котле, если бы давление в нем упало до 0,1 МПа?

Задача 9. В пароперегреватель парового котла поступает пар в количестве $G = 10$ т/ч при давлении $p = 5$ МПа и со степенью сухости $x = 0,98$. Количество теплоты, сообщаемой пару в пароперегревателе при постоянном давлении, составляет 5650 МДж/ч. Определить температуру пара на выходе из пароперегревателя.

3.3.2. Влажный воздух

Задача 10. Наружный воздух, имеющий температуру $t = 20^\circ\text{C}$ и влагосодержание $x = 0,01$ кг/кг сухого воздуха, подогревается до температуры $t = 50^\circ\text{C}$. Определить относительную влажность и плотность наружного и подогретого воздуха.

Задача 11. Во влажный воздух с параметрами $\varphi = 10\%$ и $t = 80^\circ\text{C}$ испаряется вода при адиабатных условиях. Относительная влажность при этом повышается до 90%. Определить температуру и влагосодержание воздуха в конечном состоянии.

Задача 12. 5. Для сушки используют воздух при температуре $t_1 = 20^\circ\text{C}$ и влагосодержании $x = 0,005$ кг/кг сухого воздуха. В калорифере его подогревают до $t_2 = 90^\circ\text{C}$ и направляют в сушильную камеру, откуда он выходит при температуре $t_{\text{в}} = 40^\circ\text{C}$. Определить конечное влагосодержание воздуха, расход воздуха и удельный расход теплоты на сушку.

Задача 13. 6. Газовый двигатель всасывает 600 м³/ч воздуха при температуре $t_{\text{в}} = 30^\circ\text{C}$ и относительной влажности $\varphi = 50\%$. Какое количество водяного пара всасывает двигатель в час?

Задача 14. Для использования теплоты газов, уходящих из паровых котлов, в газоходах последних устанавливают водоподогреватели, называемые водяными экономайзерами. Минимально допустимая температура воды, поступающей в экономайзер, должна быть по крайней мере на 10°C выше точки росы водяных паров, содержащихся в продуктах сгорания. В противном случае возможна конденсация паров на трубах экономайзера и коррозия металла, особенно если в уходящих газах присутствует продукт сгорания серы SO_2 . Определить допустимую температуру питательной воды, если масса продуктов сгорания $G_{\text{пс}} = 9,6$ кг/кг, а масса водяных паров в продуктах сгорания $G_{\text{п}} = 0,46$ м³/кг. Давление продуктов сгорания в газоходе экономайзера равно 745 мм рт. ст.

Задача 15. 8. Определить параметры смеси, состоящей из двух равных частей воздуха со следующими параметрами: $t_1 = 20^\circ\text{C}$ и влагосодержании $x_1 = 0,005$ кг/кг сухого воздуха; $t_2 = 90^\circ\text{C}$ и относительная влажность $\varphi = 10\%$.

3.3.3. Процессы течения газов и жидкостей

Задача 16. Воздух из резервуара с постоянным давлением $p_1 = 10$ МПа и температурой $t_1 = 15^\circ\text{C}$ вытекает в атмосферу через трубку с внутренним диаметром 10 мм. Найти скорость истечения воздуха и его секундный массовый расход. Атмосферное давление принять равным 0,1 МПа. Процесс расширения воздуха считать адиабатным.

Задача 17. Определить теоретическую скорость истечения пара из котла в атмосферу. Давление пара в котле $p_1 = 0,15$ МПа, степень сухости пара $x = 0,95$. Процесс расширения пара считать адиабатным.

Задача 18. Для обдувки поверхностей нагрева паровых котлов пользуются так называемыми обдувочными аппаратами, снабженными соплами, через которые обычно пропускают пар или воздух. Определить диаметры минимального и выходного сечений сопла для часового расхода 1000 кг сухого насыщенного пара, если его начальное давление $p_1 = 2,1$ МПа, а конечное – $p_2 = 0,1$ МПа. Процесс расширения пара принять адиабатным. Найти также теоретическую скорость истечения пара из сопла.

Задача 19. Перегретый водяной пар с начальным давлением $p_1 = 1,8$ МПа и температурой $t_1 = 450^\circ\text{C}$ расширяется в сопле по адиабате до давления $p_2 = 0,1$ МПа. Количество вытекающего из сопла пара $G = 4$ кг/с. Определить минимальное сечение сопла и его выходное сечение. Процесс расширения пара в сопле считать адиабатным.

3.3.4. Дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона

Задача 20. До какого давления необходимо дросселировать пар при давлении $p_1 = 5$ МПа и степени сухости $x = 0,9$, чтобы он стал сухим насыщенным?

Задача 21. Пар при давлении $p_1 = 1,5$ МПа и степени сухости $x = 0,85$ дросселируется до $p_2 = 0,75$ МПа. Определить состояние пара в конце дросселирования.

Задача 22. Отработавший пар из паровой турбины поступает в конденсатор в количестве 25 т/ч при давлении $p_2 = 0,004$ МПа и степени сухости $x = 0,9$. Определить диаметр входного патрубка конденсатора, если скорость пара в нем $w = 100$ м/с.

Задача 23. Давление воздуха при движении его по трубопроводу понижается вследствие местных сопротивлений от $p_1 = 0,6$ МПа до $p_2 = 0,5$ МПа. Начальная температура воздуха $t_1 = 20^\circ\text{C}$. Определить изменение температуры и энтропии в рассматриваемом процессе.

3.3.5. Машины для сжатия газа

Задача 24. Рассчитать удельную располагаемую работу при сжатии воздуха от нормальных условий (0°C ; $101,3$ кПа) до избыточного давления $3,1$ кгс/см² в изотермическом, адиабатном и политропном ($n = 1,2$ и $n=1,6$) процессах.

Задача 25. Рассчитать располагаемую работу сжатия одного килограмма воздуха от нормальных условий (760 мм рт. ст., 0°C) до абсолютного давления 8 кгс/см² при: а) изотермическом сжатии; б) адиабатическом сжатии; в) политропном сжатии при $n = 1,2$; г) политропном сжатии при $n = 1,6$.

Задача 26. Определить потребляемую одноступенчатым центробежным компрессором мощность и температуру воздуха после компрессора при сжатии воздуха от давления 736 мм рт. ст. и температуры 20°C до абсолютного давления $4, 6$ и 8 кгс/см². Подача компрессора 50 м³/мин, адиабатный КПД компрессора 80% , механический КПД – $0,98$, показатель политропы сжатия $1,6$

Задача 27. Рассчитать работу сжатия воздуха от атмосферного давления и температуры 0°C (273 К) до 9 кгс/см² для поршневого компрессора при одной, двух и трех ступенях сжатия

3.3.6. Циклы паросиловых установок

Задача 28. Определить термический КПД цикла Ренкина, если давление пара $p_1 = 1,5$ МПа, температура $t_1 = 300^\circ\text{C}$ и $p_2 = 0,005$ МПа. Определить конечную сухость пара.

Задача 29. Сравнить термический КПД идеальных циклов, работающих при оди-

наковых начальных и конечных давлениях пара $p_1 = 5$ МПа и $p_2 = 0,005$ МПа, если в первом случае степень сухости пара $x = 0,95$, во втором пар сухой насыщенный и в третьем случае перегретый с температурой $t_1 = 400^\circ\text{C}$?

Задача 30. Определить термический КПД цикла Ренкина, если давление пара перед турбиной $p_1 = 7$ МПа и температура $t_1 = 400^\circ\text{C}$; давление пара в конденсаторе $p_2 = 0,0045$ МПа. Как изменится термический КПД цикла, если давление пара в конденсаторе понизится до $p_2 = 0,003$ МПа?

Задача 31. Определить работу 1 кг пара в цикле Ренкина, если давление пара $p_1 = 2,5$ МПа, температура $t_1 = 300^\circ\text{C}$, давление пара за турбиной $p_2 = 0,0035$ МПа. Изобразить данный цикл в T, s – диаграмме.

Задача 32. Паровая турбина мощностью 50 МВт работает при начальных параметрах пара $p_1 = 4$ МПа и температура $t_1 = 350^\circ\text{C}$. Конечное давление пара $p_2 = 0,004$ МПа. Температура питательной воды $t_{п.в} = 90^\circ\text{C}$. Определить часовой расход топлива при полной нагрузке паровой турбины, если КПД котельной установки $\eta_{к.у} = 0,87$. Теплота сгорания топлива $Q = 35000$ кДж/м³. Считать, что турбина работает по циклу Ренкина.

3.3.7. Циклы тепловых двигателей

Задача 33. Температура воспламенения топлива, подаваемого в цилиндр двигателя с изобарным подводом теплоты, равна 700°C . Определить минимально необходимое значение степени сжатия ε , если начальная температура воздуха $t_1 = 67^\circ\text{C}$. Сжатие считать адиабатным при $k = 1,4$.

Задача 34. Определить параметры характерных для цикла точек (цикл поршневого двигателя внутреннего сгорания с подводом теплоты при постоянном объеме), количество подведенной и отведенной теплоты, термический КПД цикла и его полезную работу, если известно: рабочее тело воздух; давление $p_1 = 0,1$ МПа; температура $t_1 = 27^\circ\text{C}$; $\varepsilon = 3,5$; $\lambda = 3$; $k = 1,4$. Теплоемкость воздуха принять постоянной.

Задача 35. Газовая турбина работает по циклу с подводом теплоты при постоянном давлении. Начальные параметры $p_1 = 0,1$ МПа и температура $t_1 = 27^\circ\text{C}$; температура $t_4 = 400^\circ\text{C}$; степень повышения давления $\lambda = 2$. Определить параметры в характерных для цикла точках, количество подведенной теплоты, полезную работу и термический КПД цикла. Теплоемкость рабочего тела принять постоянной.

3.3.8. Введение в эксергетический анализ

Задача 36. Рассчитать эксергию воздуха в замкнутом объеме при температурах $-50, 0, 500$ и 1000°C . Параметры окружающей среды $p_0 = 101,396$ кПа, $T_0 = 0^\circ\text{C}$ (273K).

Задача 37. Сравнить эксергию 1 МДж теплоты, передаваемой от теплоносителя с температурой 60°C , 80°C , 100°C в помещение с температурой 20°C . Определить эксергетический КПД процесса теплопередачи.

Задача 38. Рассчитать удельные потери эксергии и эксергетический КПД при дросселировании насыщенного водяного пара от давления $p_1 = 1$ МПа до давления $p_2 = 300$ кПа.

3.4. ТЕПЛОМАСООБМЕН

Задача 1. Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, толщина которой значительно меньше ширины и высоты, если стенка выполнена: а) из стали ($\lambda = 40$ Вт/(м·К)); б) из бетона ($\lambda = 1,1$ Вт/(м·К)); в) из диатомитового кирпича ($\lambda = 0,11$ Вт/(м·К)]. Во всех трех случаях толщина стенки $\delta = 50$ мм. Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными: $t_1 = 100^\circ\text{C}$; $t_2 = 90^\circ\text{C}$.

Задача 2. Определить потерю теплоты Q , Вт, через стенку кирпича длиной 5 м, высотой 4 м и толщиной 0,025 м, если температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными – 100 и 40°C. Коэффициент теплопроводности красного кирпича $\lambda = 0,70$ Вт/(м·К).

Задача 3. Если $\delta_1 = 100$ мм, $\lambda_1 = 50$ Вт/м К, $\delta_2 = 100$ мм, $\lambda_2 = 25$ Вт/м К, то чему будет равно термическое сопротивление двухслойной стенки, показанной на графике? Ответ дать в размерности - (м²·К)/ Вт.

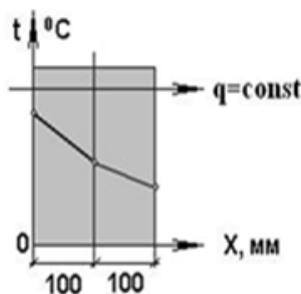


Рис. к задаче 3

Задача 4. На графике изображена однослойная плоская стенка. При $g = 200$ Вт/м², $\delta = 100$ мм, $t_1 = 400^\circ\text{C}$, $t_2 = 390^\circ\text{C}$. Определить коэффициент теплопроводности стенки.

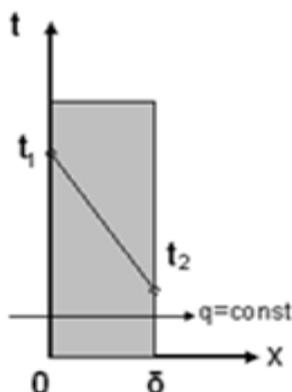


Рис. к задаче 4

Задача 5. Установка одного экрана уменьшает поток теплового излучения в 2 раза. Во сколько раз уменьшают поток теплового излучения **три(3)** параллельно расположенных экрана? (См. рис.)

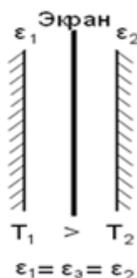


Рис. к задаче 5

Задача 6. Определить плотность теплового потока через плоскую стенку топки парового котла, если заданы; температура топочных газов 1000°C, температура воды в котле 200°C, коэффициенты теплоотдачи соответственно 100 Вт/м² К и 5000 Вт/м² К, толщина стенки 10 мм и коэффициент теплопроводности материала стенки 50 Вт/м·К. Ответ представить в размерности - кВт/м², округлить до десятых.

Задача 7. На рисунке показана схема рекуперативного теплообменника, в котором происходит передача теплоты от горячего к холодному теплоносителю. При зна-

чениях: $m_1=10$ кг/с, $c_p = 43,2$ кДж/ (кг К), $t_1'' = 70^\circ\text{C}$, $t_1' = 80^\circ\text{C}$. Определить количество теплоты, отдаваемое горячим теплоносителем. Ответ дать в кВт.

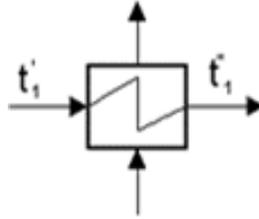


Рис. к задаче 5

Задача 8. Обмуровка топочной камеры парового котла выполнена из шамотного кирпича, а внешняя обшивка — из листовой стали. Расстояние между обшивкой и кирпичной кладкой равно 30 мм, и можно считать его малым по сравнению с размерами стен топки. Вычислить потери теплоты в окружающую среду с единицы поверхности в единицу времени в условиях стационарного режима за счет лучистого теплообмена между поверхностями обмуровки и обшивки. Температура внешней поверхности обмуровки $t_1 = 100^\circ\text{C}$, а температура стальной обшивки $t_2 = 50^\circ\text{C}$. Степень черноты шамота $\varepsilon_{\text{ш}} = 0,8$ и листовой стали $\varepsilon_c = 0,6$.

Задача 9. В воздухоподогревателе воздух нагревается от температуры $t'_1 = 0^\circ\text{C}$ до $t''_1 = 200^\circ\text{C}$, а горячие газы охлаждаются от температуры $t'_2 = 400^\circ\text{C}$ до $t''_2 = 250^\circ\text{C}$. Определить средний логарифмический температурный напор между воздухом и газом для случаев движения их по прямоточной и противоточной схемам.

Задача 10. Определить площадь поверхности нагрева водяного экономайзера, в котором теплоносители движутся по противоточной схеме, если известны следующие величины: температура газов на входе $t'_1 = 420^\circ\text{C}$; расход газов $G_1 = 220$ т/ч; теплоемкость газов $c_{p1} = 1,045$ кДж/(кг·К); температура воды на входе $t'_2 = 105^\circ\text{C}$; расход воды $G_2 = 120$ т/ч; количество передаваемой теплоты $Q = 13,5$ МВт; коэффициент теплопередачи от газов к воде $k = 79$ Вт/(м²·°C).

Задача 11. Определить площадь поверхности нагрева водяного экономайзера, в котором теплоносители движутся по прямоточной схеме, если известны следующие величины: температура газов на входе $t'_1 = 420^\circ\text{C}$; расход газов $G_1 = 220$ т/ч; теплоемкость газов $c_{p1} = 1,045$ кДж/(кг·К); температура воды на входе $t'_2 = 105^\circ\text{C}$; расход воды $G_2 = 120$ т/ч; количество передаваемой теплоты $Q = 13,5$ МВт; коэффициент теплопередачи от газов к воде $k = 79$ Вт/(м²·°C).

Задача 12. В противоточный водо-водяной теплообменник, имеющий площадь поверхности нагрева $F = 2$ м², греющая вода поступает с температурой $t'_1 = 85^\circ\text{C}$; ее расход $G_1 = 2000$ кг/ч. Расход нагреваемой воды $G_2 = 1500$ кг/ч и ее температура на входе в теплообменник $t'_2 = 25^\circ\text{C}$. Определить количество передаваемой теплоты и конечные температуры теплоносителей, если известно, что коэффициент теплопередачи от нагретой воды к холодной $k = 1400$ Вт/(м²·К).

3.5. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Задача 1. Насос перекачивает воду с подачей Q , м³/мин (табл. 1.2). Диаметр всасывающего тракта d_1 , мм, нагнетательного – d_2 , мм. Манометр на всасывающем тракте показывает разрежение p_1 , мбар, на нагнетательном – избыточное давление p_2 , кгс/см². Расстояние по вертикали между манометрами 40 см. Пренебрегая потерями на трение и местные сопротивления, определить напор, развиваемый насосом.

Задача 2. Вентилятор нагнетает воздух с подачей 30 тыс. м³/ч и температурой 25 °C. По его характеристикам при такой подаче он развивает давление 65 мм вод. ст. Всасывающий тракт имеет квадратную форму со стороной 1,2 м, нагнетательный – круг-

лую диаметром 1 м. Манометр на всасывающем тракте показывает статическое разрежение 260 Па. Определить статическое давление на выходе вентилятора.

Задача 3. Дымосос работает с давлением 9 мм рт. ст. и подачей 14 тыс. м³/ч. Электродвигатель потребляет 6,1 кВт. Определить КПД установки.

Задача 4. Насос перекачивает фреон ($\rho = 1330 \text{ кг/м}^3$) с подачей 14 000 л/мин и напором 24 м. Приводом является синхронный двигатель номинальной мощностью 200 кВт, присоединенный к насосу посредством муфты. КПД насоса 0,82. Определить мощность, потребляемую электродвигателем.

Задача 5. Требуемая производительность насоса Q , м³/ч (табл. 3.8), он перекачивает жидкость плотностью ρ , г/см³. Полный напор при этом составляет H , м. КПД насоса η , %. Насос присоединяется к электродвигателю через муфту. Какой мощности электродвигатель необходимо установить?

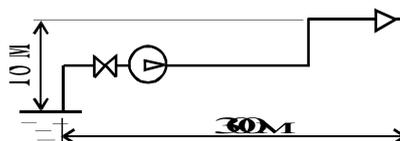
Задача 6. Дымосос подает газы из печи в электрофильтр. Разрежение на выходе из печи p_1 , мм рт. ст. (табл. 3.9), избыточное давление перед электрофильтрами p_2 , кгс/см². Суммарное сопротивление газотока от печи к электрофильтрам $\Delta p_{\text{сопр}}$, мм вод. ст. Высота прямоугольного газотока a , м, ширина – b , м, скорость газов в нем v , м/с. Привод – электродвигатель, присоединенный муфтой, потребляет мощность $N_{\text{э.д.}}$, кВт. Определить КПД дымососной установки $\eta_{\text{уст.}}$.

Задача 7. При испытании вентилятора получены характеристики:

Производительность, м ³ /с	20	70	140	200	320	400
Δp , мм вод. ст.	45,5	42,7	44,1	43,5	41,8	35,6
КПД, %	44	55	62	63	47	23

Определить поле рабочих параметров (рабочую часть) вентилятора, а также потребляемую мощность при производительности Q , тыс. м³/ч. Допустима ли работа вентилятора с такой производительностью?

Задача 8. Сеть (рис.) предназначена для транспортировки воды. Диаметр чугунного трубопровода $d = 125$ мм, давление на входе и выходе сети атмосферное. Построить напорную характеристику сети.



Задача 9. Сеть поднимает воду на высоту 6 м и подает ее в резервуар с избыточным давлением 0,15 МПа. Работающий в сети насос при подаче 380 м³/ч развивает напор 32 м. Определить уравнение сети.

Задача 10. Рассчитать давление сжатого воздуха у потребителя, если он передается по воздухопроводу диаметром $d = 25$ мм и длиной $L = 750$ м. Расход воздуха при нормальных условиях $Q_0 = 500$ л/мин, давление на входе в сеть $p_1 = 4$ кгс/см².

Задача 11. Насос подает воду из емкости с атмосферным давлением в установку с избыточным давлением p , МПа (табл. 5.8). Высота подъема $h_{\text{под}}$, м. При этом подача насоса Q , л/мин. Определить потребляемую мощность, а также подачу и мощность насоса при снижении давления в резервуаре до p' , МПа. Характеристики насоса:

Подача, м ³ /ч	0	6	12	18	24	30
Напор, м	37	38,2	36,6	34,3	31,7	27,9
КПД, %	–	63	82	76	61	40

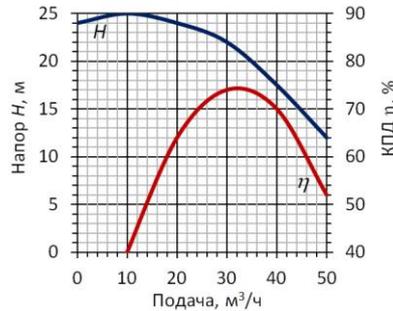
Задача 12. Уравнение сети имеет вид $H = 20 + 0,03 Q^2$, где Q , м²/ч. Характеристики нагнетателя заданы таблично:

Q , м ³ /ч	0	20	40	60	80	100
-------------------------	---	----	----	----	----	-----

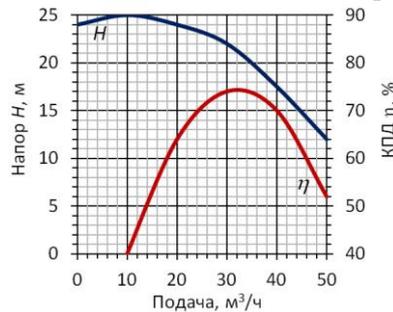
$H, \text{ м}$	36	36	35,5	33	29,5	24
$\eta, \%$	–	38	58	66	68	60

Определить подачу, напор и мощность нагнетателя в этой сети.

Задача 13. Установка из двух последовательно установленных одинаковых насосов поднимает воду на высоту $h_{\text{под}}$, м, из одной открытой емкости в другую. При этом установилась подача Q , м³/ч. Характеристики каждого насоса представлены на рис. Необходимо: а) рассчитать мощность установки; б) определить, как изменится подача в сети и мощность на валу первого насоса при отключении второго.



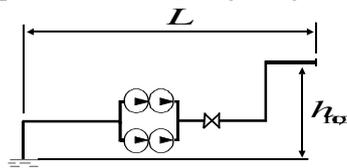
Задача 14. Установка из двух последовательно установленных одинаковых насосов поднимает воду на высоту $h_{\text{под}}$, м, из одной открытой емкости в другую. При этом установилась подача Q , м³/ч. Характеристики каждого насоса представлены на рис. Необходимо определить подачу в сети и суммарную мощность установки, если включение насосов будет заменено с последовательного на параллельное.



Задача 15. Сеть для подачи изображена на рис. 7.10. Диаметр трубопровода d , мм (табл. 7.13), его коэффициент трения $\lambda = 0,03$. В сети установлены четыре насоса, каждый из которых имеет следующие характеристики:

Подача, м ³ /ч	0	20	40	60	80	100
Напор, м	34,7	39,2	39,5	35,8	27,9	16
КПД, %	–	49,9	78,9	86,9	74	40,2

Размеры L и $h_{\text{под}}$ указаны в метрах. Участки присоединения насосов к сети считать не имеющими сопротивления. Определить подачу и суммарную мощность установки.



Задача 16. Два параллельных насоса типа К 20-30 (табл.) перекачивают воду и работают в сети с диаметром труб 100 мм, описываемой уравнением $H_c = 15 + 0,003 Q^2$, где Q , м³/ч. Найти мощность и усредненный КПД установки при подаче $Q_{\text{уст}} = 40$ м³/ч при регулировании вентилем в сети.

$Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	5	15	20	30	40
$H, \text{ м}$	35	33	30	24	16
$\eta, \%$	35	60	65	63	52

Задача 17. По безразмерным характеристикам (табл.) вентилятора Ц2-90-4 с диаметром рабочего колеса $D_2 = 400$ мм и частотой вращения $n = 960$ об/мин определить потребляемую им мощность при производительности 1500 м³/ч.

Q	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
\bar{p}	0,48	0,48	0,46	0,44	0,39	0,3
η	0,5	0,68	0,77	0,83	0,84	0,74

Задача 18. Дана характеристика насоса Д 500-39 при частоте вращения 960 об/мин (табл.). Определить поле рабочих параметров насоса при частоте вращения 600 об/мин.

Q , м ³ /ч	80	240	400	500	600
H , м	35	43	42	39	35
η , %	30	67	78	81	79

Задача 19. Характеристики центробежного насоса при частоте вращения 1450 об/мин представлены в табл. Построить характеристику КПД насосной установки. Определить напор, мощность и КПД установки при частоте вращения 16 Гц и подаче 50 м³/ч.

Q , л/с	0,0	9,5	19,0	28,5	38,0
H , м	28,7	31,9	31,6	27,9	20,7
N , кВт	3,6	9,4	11,5	14,7	24,2

Задача 20. Характеристики центробежного насоса при частоте вращения $n = 1450$ об/мин следующие:

Подача, м ³ /ч	0	10	20	30	40	50
Напор, м	38	40,2	39,9	37,1	31,7	23,8
КПД, %	–	50	80	90	80	50

Насос поднимает воду на $h_{\text{под}}$ м, и подает ее из резервуара с атмосферным давлением в установку с избыточным давлением p , кгс/см², при этом подача Q , л/с. Определить подачу (в л/с) и мощность насоса при снижении частоты вращения до n' , об/мин.

Задача 21. Установка состоит из двух одинаковых параллельных центробежных насосов. Характеристики одного насоса при частоте n , об/мин:

Подача, м ³ /ч	10	20	30	40
Напор, м	25,3	24,0	20,3	14,0
КПД, %	55	80	75	40

В сети, поднимающей воду на высоту $h_{\text{под}}$ м, из одной открытой емкости в другую, при частоте вращения обоих насосов n установка обеспечивает подачу Q , м³/ч. Определить мощность, потребляемую установкой.

Задача 22. Установка состоит из двух одинаковых параллельных центробежных насосов. Характеристики одного насоса при частоте n , об/мин:

Подача, м ³ /ч	10	20	30	40
Напор, м	25,3	24,0	20,3	14,0
КПД, %	55	80	75	40

В сети, поднимающей воду на высоту $h_{\text{под}}$ м, из одной открытой емкости в другую, при частоте вращения обоих насосов n установка обеспечивает подачу Q , м³/ч. Определить подачу установки при увеличении частоты вращения обоих насосов до n' , об/мин.

Задача 23. Насос (табл.) работает в сети, описываемой уравнением $H = 23 + 0,0002Q^2$, размерность Q – м³/ч. Сравнить затраты электроэнергии при подаче 100 м³/ч с регулированием дросселированием и перепуском.

Q , м ³ /ч	40	110	170	190	240
H , м	38	37	33	31	23

$\eta, \%$	40	70	77	75	67
------------	----	----	----	----	----

Задача 24. Поршневой насос с диаметром поршня D , мм, и ходом поршня X , мм, развивает подачу Q , дм³/мин. Он поднимает воду на высоту $h_{\text{под}}$, м, из емкости с атмосферным давлением. Избыточное давление в установке на выходе из нагнетательного трубопровода p_2 , кгс/см². Диаметры всасывающего и нагнетательного трубопроводов одинаковые, гидравлические потери в них Δh_1 и Δh_2 м вод. ст. соответственно. КПД насоса объемный $\eta_{\text{об}}$, %, насоса в целом – η , %, передачи – 100%, электродвигателя $\eta_{\text{эд}}$ = 95 % (табл. 12.1). Определить частоту хода поршня (об/мин) и мощность, потребляемую электродвигателем (кВт).

Задача 25. Определить потребляемую одноступенчатым центробежным компрессором мощность и температуру воздуха после компрессора при сжатии воздуха от давления 736 мм рт. ст. и температуры t_0 , °С, до абсолютного давления 8 кгс/см². Известны подача компрессора Q , м³/мин, адиабатный КПД компрессора η_a , механический КПД – 0,98, показатель политропы сжатия 1,6.

Задача 26. Определить изотермический КПД ступени поршневого компрессора, сжимающей воздух, имеющий температуру на входе в компрессор $T_1 = 293$ К (20°С). Ход поршня $X = 0,22$ м, частота компрессора $n_{\text{пр}} = 600$ мин⁻¹ (10 с⁻¹). По индикаторной диаграмме давление в рабочем цилиндре при всасывании $p_1 = 92$ кПа, при нагнетании $p_2 = 300$ кПа. Показатель политропы сжатия $n = 1,25$.

Задача 27. Одноступенчатый поршневой компрессор имеет поршень диаметром D , мм, длина хода поршня X , мм, частота движения поршня n , об/мин. Относительный объем мертвого пространства компрессора 5%. Компрессор сжимает воздух от условий окружающей среды (740 мм рт. ст., 20 °С) до избыточного давления p , МПа. Определить подачу (в м³/мин при условиях всасывания) и потребляемую компрессором мощность.

4. РЕКОМЕНДОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

4.1. ГИДРОГАЗОДИНАМИКА

Основная

1. Кузнецов, В.А. Основы гидрогазодинамики: учеб. пособие / В.А. Кузнецов. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2012. – 108 с.

2. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: уч. пос. для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп.; стереот. – М.: Альянс, 2024. – 576 с. (или другие издания)

Дополнительная

3. Кудинов, В.А. Гидравлика: учебное пособие для вузов / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов. – М.: Высш, шк., 2006. – 175 с.

4. Лапшев, Н.Н. Основы гидравлики и теплотехники: учебник для студентов учреждений ВПО / Н.Н. Лапшев, Ю.Н. Леонтьева. – М.: Академия, 2012. – 400 с.

5. Гусев, А.А. Гидравлика: учебник для вузов / А.А. Гусев. – М.: Юрайт, 2013. – 285 с. (Серия: Бакалавр. Базовый курс).

6. Альтшуль, А.Д. Гидравлика и аэродинамика (основы механики жидкости): учебник / А.Д. Альтшуль, П.Г. Киселев. – М.: Стройиздат, 1965. – 276 с.

7. Альтшуль, А.Д. Примеры расчетов по гидравлике: уч. пос. для вузов / А.Д. Альтшуль, В.И. Калицун, Ф.Г. Майрановский, П.П. Пальгунов. – М.: Альянс, 2013. – 255 с. (или другие издания)

4.2. ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

Основная

1. Гришко, Б.М. Техническая термодинамика. В 2 ч. Ч. 1. Основы термодинамики: учеб. пособие / Б.М. Гришко, П.А. Трубаев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 138 с.

2. Трубаев, П.А. Техническая термодинамика. В 2 ч. Ч. 2. Технические приложения термодинамики: учеб. пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2009. – 122 с.

Дополнительная

3. Кириллин, В. А. Техническая термодинамика: учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки 140100 "Теплоэнергетика" / В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – 5-е изд., стереотип. – М. : Изд. дом МЭИ, 2022. – 502 с. (или предыдущие издания).

4. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: учеб, пособие для неэнергет. специальностей вузов / В. В. Нащокин, А. В. Вавилов. – 4-е изд., стер. - М.: Азбука, 2009. – 468 с. (или предыдущие издания)

5. Техническая термодинамика и теплотехника: учеб, пособие / Л.Т. Бахшиева, Б.П. Кондауров, А.А. Захарова, В.С. Салтыкова; Под. ред. А.А. Захаровой. – 2-е изд. – М.: Академия, 2006. – 272 с.

6. Кудинов, В.А. Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. для бакалавров / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Юрайт, 2025. – 533 с. (или предыдущие издания)

8. Теплотехника / А.М. Архаров, С.И. Исаев, И.А. Кожин и др.; Под общей редакцией В.И. Крутова. -М.: Машиностроение, 1986. – 423 с.

4.3. ТЕПЛОМАСООБМЕН

Основная

1. Исаченко, В.П. Теплопередача: учеб. для энергет. вузов и факультетов / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: Директмедиа, 2021. – 487 с. (или другие издания)

2. Краснощеков, Е. А., Задачник по теплопередаче (Репринт): уч. пос. / Е.А. Красно-

щекоев, А.С. Сукомел. – М.: Кнорус, 2023. – 288 с. (или другие издания)

3. Павлов, К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: уч. пос. для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; ред. П.Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп.; стереот. – М.: Альянс, 2024. – 576 с. (или другие издания)

Дополнительная

4. Ерофеев, В.Д. Теплотехника: учеб. для вузов / В.Д. Ерофеев, П.Д. Семенов, А.С.Пряхин; под ред. В.Д. Ерофеева. – М.: Академкнига, 2006. – 488 с. (или другие издания)

5. Цветков, Ф.Ф. Тепломассообмен: Уч. пос. для вузов / Ф.Ф. Цветков, В.А. Григорьев. – М.: Изд-во МЭИ, 2006. – 550 с.

6. Нащокин, В. В. Техническая термодинамика и теплопередача: уч. пос. для неэнергет. специальностей вузов / В.В. Нащокин, А.В. Вавилов. – 4-е изд., стер. – М.: Azbook, 2009. – 469 с. (или другие издания)

7. Телегин, А.С. Тепломассоперенос: Учебник для вузов / А.С. Телегин, В.С. Швыдкий, Ю.Г. Ярошенко; под ред. Ю.Г. Ярошенко. – М.: Академкнига, 2002. – 455 с. (или другие издания)

8. Теплотехника: Учеб, для вузов / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др.; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высшая школа, 2003. – 671 с.

9. Михеев, М.А. Основы теплопередачи / М.А. Михеев, И.М. Михеева. – М.: Бастет, 2010. – 344 с. (или другие издания)

10. Мухачев, Г.А. Термодинамика и теплопередача: Учебн. для вузов / Г.А. Мухачев, В.К. Шукин. – М.: Высшая школа, 1991. – 480 с.

11. Юдаев, Б.Н. Техническая термодинамика. Теплопередача: Учеб. для неэнергетич. спец. втузов / Б.Н. Юдаев. – М.: Высшая школа, 1988. – 479 с.

12. Теплотехника. Учебн. для нетеплоэнерг. вузов (переработанный и дополненный) / А.П. Баскаков, Б.В. Берг, Ю.В. Кузнецов, Н.Ф. Филлиповский. -М.: Бастет, 2010. – 304 с. (или другие издания)

4.4. ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Основная

1. Трубаев, П.А. Системы энергоснабжения промышленных предприятий / П.А. Трубаев, А.В. Губарев, Б. М. Гришко. – Белгород: Изд-во, БГТУ, 2017 г. – 199 с.

2. Трубаев, П.А. Гидравлические машины и системы технического водоснабжения / П.А. Трубаев, П.А. Беседин, Б. М. Гришко: Белгород: Изд-во, БГТУ, 2002. – 132 с.

3. Трубаев, П.А. Практикум по гидравлическим машинам и компрессорам [Эл. изд.] / П.А. Трубаев. – Белгород: Изд-во, БГТУ, 2015. – 108 с.

Дополнительная

3. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. – 4-е изд., стереот. – М.: Изд. дом МЭИ, 2022. (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 4) (или другие издания)

4. Тепловые и атомные электрические станции / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А. В. Клименко, проф. В. М. Зорина. – 4-е изд., , стереот. – М.: Изд. дом МЭИ, 2022. – 648 с. (серия «Теплоэнергетика и теплотехника»; Кн. 3) (или другие издания)

5. Черкасский, В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры: Учеб. для теплоэнерг. спец. вузов / В.М. Черкасский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 416 с.

6. Картавцев, С.В. Теплоэнергетические системы и энергетические балансы промышленных предприятий: учеб. пособие / С.В. Картавцев. – 2-е изд. – Магнитогорск: Изд-во МГТУ им. Г.И. Носова, 2022. – 155 с. (или предыдущие издания)

7. Технологические энергоносители и энергосистемы предприятий: учебник / Н.В. Калинин, Н.А. Логинова, Е.В. Жигулина и др. – М.: Изд-во МЭИ, 2021. – 344 с.

8. Батраков, П. А. Технологические энергоносители предприятий: уч. пос. / П.А. Батраков, А. А. Селиванов. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2019. – 164 с.

4.5. КОТЕЛЬНЫЕ УСТАНОВКИ И ПАРОГЕНЕРАТОРЫ

Основная

1. Губарев, А.В. Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов / А.В. Губарев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2013. – 240 с.

Дополнительная

2. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. – 4-е изд., стереот. – М.: Изд. дом МЭИ, 2022. (Теплоэнергетика и теплотехника; Кн. 4) (или другие издания)

3. Тепловые и атомные электрические станции / Под общ. ред. чл.-корр. РАН А. В. Клименко, проф. В. М. Зорина. – 4-е изд., , стереот. – М.: Изд. дом МЭИ, 2022. – 648 с. (серия «Теплоэнергетика и теплотехника»; Кн. 3) (или другие издания)

4. Сидельковский, Л.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов / Л.Н. Сидельковский, В.Н. Юренев. – 4-е изд., репр. – М.: ООО «БАСТЕТ», 2009. – 528 с.

5. Соколов, Б.А. Паровые и водогрейные котлы малой и средней мощности: учеб. пособие для вузов / Б.А. Соколов. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011 – 127 с.

6. Быстрицкий, Г.Ф. Энергосиловое оборудование промышленных предприятий: учеб. пособие для вузов / Г.Ф. Быстрицкий. – 4-е изд., стер. – М.: Академия, 2008. – 304 с.

7. Соколов, Б.А. Котельные установки и их эксплуатация: учебник / Б.А. Соколов. – М.: Академия, 2005 – 432 с.

8. Эстеркин, Р.И. Эксплуатация, ремонт, наладка и испытания теплотехнического оборудования: учебник / Р.И. Эстеркин. – 3-е изд. перераб. и доп. – СПб.: Энергоатомиздат, 1991. – 304 с.

9. Кудинов, А.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях / А.А. Кудинов, С.К. Зиганшина. – М.: Машиностроение, 2011. – 374 с.