

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию
ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»
Физико-технический институт
Кафедра теплофизики и теплоэнергетики

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ
ПО
ТЕХНИЧЕСКОЙ ТЕРМОДИНАМИКЕ**

Якутск, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Общие методические указания	3
1. Расчет газового цикла	5
2. Построение Ts -диаграммы водяного пара	6
3. Построение is – диаграммы водяного пара	8
4. Построение на Ts -диаграмме воздуха линий $v = const$ и $p = const$	9
5. Определение параметров влажного воздуха	11
6. Построение id -диаграммы влажного воздуха	13
Приложение 1. Пример оформления титульного листа	15
Приложение 2. Физические свойства влажного воздуха	16
Приложение 3. Варианты заданий к курсовой работе	17

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Курсовая работа по дисциплине «Техническая термодинамика» выполняется по индивидуальному заданию и оформляется в виде расчетно-пояснительной записки.

Целью работы являются:

- приобретение студентами навыков самостоятельного решения инженерных задач с использованием справочной литературы;
- оценка способности студента к выполнению расчетных и графических работ, умению творчески мыслить.

Выполнение курсовой работы – творческий процесс. При этом у студента активизируется умственная деятельность, формируются психологические предпосылки к пониманию термодинамических процессов, развивается познавательная активность, стимулируется инициатива при выборе методов решения задач, развивается чувство ответственности за результаты работы.

Курсовая работа содержит решение 6 инженерных задач:

- расчет газового цикла;
- построение Ts – диаграммы водяного пара;
- построение is – диаграммы водяного пара;
- построение на Ts – диаграмме воздуха линий $v = const$ и $p = const$;
- определение параметров влажного воздуха;
- построение id – диаграммы влажного воздуха.

Задачи подобраны с учетом будущей специальности студентов. Результаты их решения могут быть использованы при выполнении курсовых проектов по дисциплинам «строительная теплофизика», «теплообменное оборудование предприятий», «вентиляция», «теплогенерирующие установки», «кондиционирование воздуха».

Для отдельных студентов могут быть предложены специальные темы курсовых работ, согласованные с кафедрой теплофизики и теплоэнергетики.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать: титульный лист (полное наименование университета, кафедры, тема или вариант курсовой работы, номер группы, фамилия и инициалы студента и руководителя, год выполнения работы), содержание, результаты решения задач, список использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка должна быть написана на стандартных листах бумаги формата А4 (210×297 мм) на одной стороне листа. На каждом листе оставляются поля: слева – 30 мм, справа – 15 мм, сверху – 20 мм, снизу – 20 мм. Работа должна быть написана или напечатана аккуратно, не допускаются произвольные сокращения слов. В содержании указываются страницы каждого раздела.

В тексте даются ссылки на использованную литературу. Они даются в квадратных скобках, в которых проставляется цифра, указывающая порядковый номер данного источника в списке использованной литературы.

Расчетные формулы даются в алгебраическом выражении, поясняются размерности для всех физических величин. После этого в формулу подставляются численные значения величин и полученные результаты расчетов должны быть приведены в таблицах. Все расчеты выполняются в Международной системе единиц СИ. Рекомендуется использовать персональный компьютер, приводя результаты численных экспериментов для построения графиков и диаграмм.

Рисунки и графики располагаются по тексту, они могут быть выполнены с помощью любого из графических редакторов на ПК. Также они могут быть выполнены аккуратно на кальке или миллиметровой бумаге, в виде вклеек, либо непосредственно на листах.

Желательно отметить основные принципы оценки курсовой работы. Это студенту полезно знать.

Преподавателю важны следующие показатели:

- понимание физических смыслов термодинамических процессов, характерных для каждой задачи;
- умение использовать полученные данные, графики или диаграммы для нахождения теплотехнических параметров водяного пара или воздуха;
- качество оформления расчетно-пояснительной записки.

Ниже изложены основные сведения и методы решения задач 1 - 6.

В приложениях приведены справочные материалы, рекомендуемые литературы и варианты заданий к курсовой работе.

Если у студента в ходе выполнения работы возникают вопросы, на которые он затрудняется ответить самостоятельно, ему следует обратиться за консультацией к преподавателю.

1. РАСЧЕТ ГАЗОВОГО ЦИКЛА

В $p\nu$ -координатах дан цикл, состоящий из нескольких термодинамических процессов, где отмечены исходные параметры отдельных точек (p_i, ν_i, T_i) и процессов ($n, \Delta s, q$). На их основе необходимо вычислить неизвестные параметры состояния по характеристическому уравнению состояния для 1 кг заданного газа:

$$p\nu = RT, \quad (1.1)$$

где p – абсолютное давление, Па; ν – удельный объем, м³/кг; R – газовая постоянная, Дж/(кг·К); T – абсолютная температура, К.

Газовая постоянная определяется по формуле:

$$R = 8,314/\mu, \quad (1.2)$$

где μ – молекулярная масса газа, кг/моль.

Для политропических процессов показатель политроты n можно вычислить по формуле (например, для процесса 1-2)

$$n_{12} = \frac{\lg(p_1/p_2)}{\lg(\nu_2/\nu_1)}. \quad (1.3)$$

Удельные значения внутренней энергии и энтальпии определяются по выражениям:

$$u = c_v t, \quad i = c_p t, \quad (1.4)$$

где $c_v = R/(k-1)$ – изохорная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К); $c_p = kR/(k-1)$ – изобарная удельная теплоемкость газа, кДж/(кг·К). Значения показателя адиабаты k принять равными: для одноатомного газа – 1,67; для двухатомного газа – 1,41; для трехатомного и многоатомных газов – 1,33.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Параметры отдельных точек цикла

Точки процессов	p , МПа	T , К	ν , м ³ /кг	u , кДж/кг	i , кДж/кг
1					
2					
3					
4					

Изменения удельной внутренней энергии и удельной энтальпии для каждого процесса, входящего в цикл, определяются по формулам (например, для процесса 1-2):

$$\Delta u_{12} = u_2 - u_1, \quad \Delta i_{12} = i_2 - i_1, \quad (1.5)$$

где значения u и i берутся из таблицы 1.1.

Для всех процессов изменение удельной энтропии Δs , удельную работу изменения объема газа l , удельное количество теплоты q , показатель политропы n , теплоемкость политропного процесса c определяют по известным формулам, данным в литературных источниках.

Доля тепла расходуемого в рассматриваемом процессе на изменение внутренней энергии газа и работу изменения объема определяется по формулам:

$$a = \Delta u/q, \quad b = l/q. \quad (1.6)$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу 1.2.

Таблица 1.2. Характеристики термодинамических процессов

Процессы	n	c , кДж/(кг·К)	Δu , кДж/кг	Δi , кДж/кг	Δs , кДж/(кг·К)	q , кДж/кг	l , кДж/кг	a	b
1-2									
2-3									
3-4									
4-1									

По полученным значениям параметров состояния необходимо построить цикл в $p\nu$ - и Ts - координатах, провести проверку расчета ($\sum \Delta u = 0$, $\sum \Delta i = 0$, $\sum \Delta s = 0$, $\sum q = \sum l$ и для каждого процесса $a + b = 1$). В конце расчета оценить эффективность работы машины, работающей по данному циклу: для тепловой машины – по значению КПД η , для холодильной машины – по холодильному коэффициенту ε .

2. ПОСТРОЕНИЕ Ts -ДИАГРАММЫ ВОДЯНОГО ПАРА

2.1. Построение нижней пограничной кривой

Удельная энтропия жидкости для заданного диапазона температур определяется по формуле

$$s' = c_p \ln(T_n/273), \quad (2.1)$$

где $c_p = 4,19$ кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды при постоянном давлении; T_n – температура насыщения (кипения) при разных давлениях. Результаты расчетов сводятся в таблицу 2.1.

Таблица 2.1. Исходные данные для построения нижней пограничной кривой

$T_n, \text{ К}$	$s', \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$

2.2. Построение верхней пограничной кривой

Удельная энтропия сухого насыщенного пара находится по формуле

$$s'' = s' + (r/T_n). \quad (2.2)$$

Удельную теплоту парообразования определяют по выражению

$$r = c_p (A + B \cdot t_n), \quad (2.3)$$

где $A = 608,5$; $B = -0,695$. Полученные данные сводятся в таблицу 2.2.

Таблица 2.2. Исходные данные для построения верхней пограничной кривой

$T_n, \text{ К}$	$r, \text{ кДж}/\text{кг}$	$s', \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	$r/T_n, \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	$s'', \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$

2.3. Построение линий характеризующих влажный пар

Удельная энтропия влажного пара определяется по формуле

$$s_x = s' + (r \cdot x/T_n), \quad (2.4)$$

где x – степень сухости. Результаты расчетов сводятся в таблицу 2.3.

Таблица 2.3. Исходные данные для построения линий, характеризующих влажный пар

$T_n, \text{ К}$	$r/T_n, \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	$s_x, \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$				$s', \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
		$x_1 = 0,8$	$x_2 = 0,6$	$x_3 = 0,4$	$x_4 = 0,2$	

По полученным данным строится Ts -диаграмма водяного пара (см. рис. 2.1), в которой следует показать местонахождение области влажного пара, перегретого пара и жидкости.

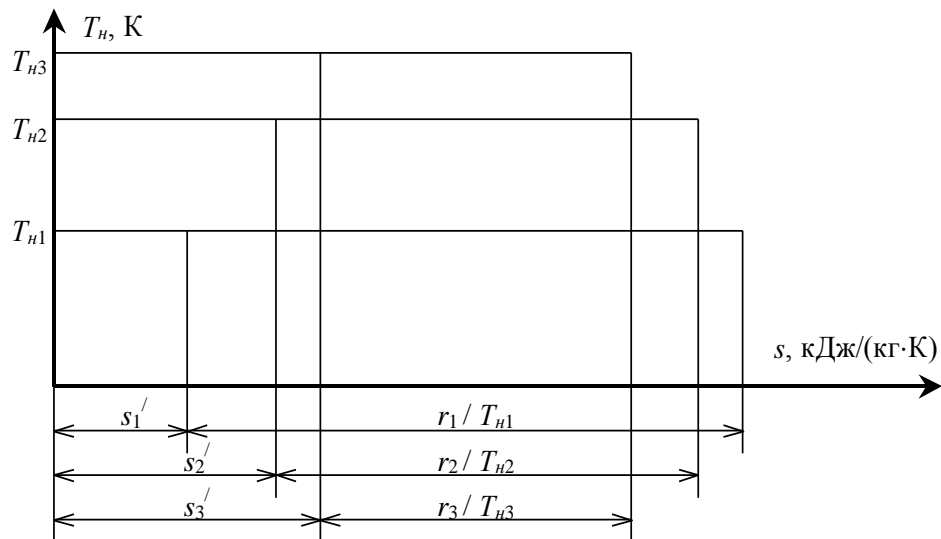


Рис. 2.1. Схема, поясняющая построение Ts -диаграммы водяного пара

3. ПОСТРОЕНИЕ is -ДИАГРАММЫ ВОДЯНОГО ПАРА

3.1. Построение нижней пограничной кривой

Температура T_n для заданного давления p определяется по уравнениям

$$T_n = 273 + t_n, \quad (3.1)$$

$$t_n = 5,65 \sqrt[4]{p}. \quad (3.2)$$

Удельная энтальпия жидкости вычисляется по формуле

$$i' = c_p t_n, \quad (3.3)$$

где $c_p = 4,19$ кДж/(кг·К). Удельная энтропия жидкости s' находится по уравнению (2.1). Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.1.

Таблица 3.1. Исходные данные для построения нижней пограничной кривой

p , МПа	t_n , °С	T_n , К	i' , кДж/кг	s' , кДж/(кг·К)

3.2. Построение верхней пограничной кривой

Удельная энтальпия сухого насыщенного пара определяется по формуле

$$i'' = i' + r, \quad (3.4)$$

где удельная теплота парообразования r находится по формуле (2.3), а удельная энтропия сухого насыщенного пара s'' по уравнению (2.2). Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.2.

Таблица 3.2. Исходные данные для построения верхней пограничной кривой

$T_n, \text{К}$	$r, \text{кДж/кг}$	$r/T_n, \text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$	$i'', \text{кДж/кг}$	$s'', \text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$

3.3. Построение линий характеризующих влажный пар

Удельная энтальпия влажного пара определяется по формуле

$$i_x = i' + rx, \quad (3.5)$$

где x – степень сухости. Удельная энтропия влажного пара s_x вычисляется по уравнению (2.4). Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.3.

Таблица 3.3. Исходные данные для построения линий характеризующих влажный пар

$T_n, \text{К}$	$i_x, \text{кДж/кг}$				$s_x, \text{кДж/(кг}\cdot\text{К)}$			
	$x_1 = 0,8$	$x_2 = 0,6$	$x_3 = 0,4$	$x_4 = 0,2$	$x_1 = 0,8$	$x_2 = 0,6$	$x_3 = 0,4$	$x_4 = 0,2$

По полученным данным строится is -диаграмма водяного пара (см. рис. 3.1). На диаграмме следует показать изобары и изотермы водяного пара в области влажного и перегретого пара.

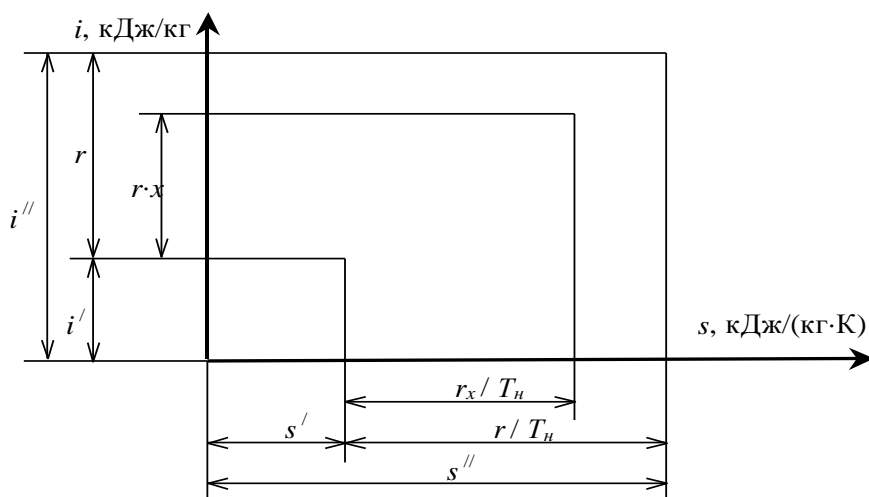


Рис. 3.1. Схема, поясняющая построение is -диаграммы водяного пара

4. ПОСТРОЕНИЕ НА Ts -ДИАГРАММЕ ВОЗДУХА ЛИНИЙ $v = const$ И $p = const$

В зависимости от заданных параметров воздуха ($T_1, p_1, p_2, p_3, v_2, v_3$), определяются изменения удельной энтропии для каждого процесса.

Рекомендуется выбрать масштабы абсциссы s и ординаты T . Например, $5 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К}) = 1 \text{ мм}$, $1 \text{ К} = 1 \text{ мм}$. Желательно нарисовать эскиз (см. рис. 4.1) и обозначить горизонтальные параллельные линии шагом 10 К или 10 мм в интервале $T_i = T_1 \pm k \cdot 10$ ($k = 1, 2, 3, \dots, n$ – целое число).

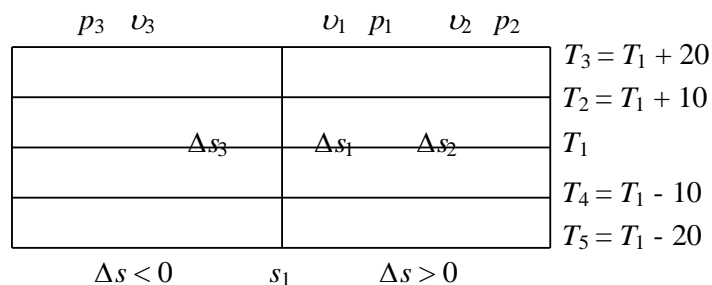


Рис. 4.1. График поясняющий построение линий $v = const$ и $p = const$

4.1. Построение линий $v = const$

В выбранном диапазоне температур T_i изменение удельной энтропии Δs_i для изохорного процесса определяется по формуле

$$\Delta s_i = c_v \ln(T_i/T_1), \quad (4.1)$$

где $c_v = 0,71 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ – изохорная удельная теплоемкость воздуха. Полученные расчетные данные сводятся в таблицу 4.1, на основании которых строится линия $v_1 = const$.

Таблица 4.1. Данные для построения линии $v_1 = const$

$T_i, \text{ К}$	$\Delta s_i, \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$

На графике проводится вертикальная линия s_1 , относительно которой откладываются по горизонтальным линиям $T_i = const$ значения найденных величин Δs_i . Для $\Delta s_i > 0$ и $\Delta s_i < 0$ точки соответственно лежат вправо и влево по линии $T_i = const$ ($T_i \neq T_1$).

Так как $c_v = const$, то линии $v_1 = const$, $v_2 = const$ и $v_3 = const$ будут эквидистантными. При этом достаточно вычислить $(s_i - s_1)_v = R \ln(v_i/v_1)$, где $R = 0,287 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$ – удельная газовая постоянная для воздуха. Если $v_2 > v_1$, то $(s_2 - s_1)_v > 0$; а если $v_3 < v_1$, то $(s_3 - s_1)_v < 0$. Отложив относительно $v_1 = const$ по ли-

нии $T_i = const$ значения величин $(s_2 - s_1)_v$ и $(s_3 - s_1)_v$, следует построить линии $v_2 = const$ и $v_3 = const$ (рис. 4.1).

4.2. Построение линий $p = const$

Изменение удельной энтропии Δs_j для изобарного процесса определяется по формуле

$$\Delta s_j = c_p \ln(T_i/T_1), \quad (4.2)$$

где c_p – изобарная удельная теплоемкость, кДж/(кг·К). С учетом $c_p = kc_v$ и формулы (4.1), выражение (4.2) принимает вид

$$\Delta s_j = kc_v \ln(T_i/T_1) = k\Delta s_i, \quad (4.3)$$

где $k=1,41$ – коэффициент Пуассона (показатель адиабаты) для воздуха. Следовательно, значения Δs_j , можно найти произведением Δs_i на k (по данным таблицы 4.1).

Расчет сводится в таблицу 4.2, на основании которой строится линия $p_1 = const$, аналогично построенной линии $v_1 = const$.

Таблица 4.2. Данные для построения линии $p_1 = const$

$T_i, \text{ К}$	$\Delta s_j, \text{ кДж/(кг·К)}$

Также как изохоры, изобары будут эквидистантными. Для построения линий $p_2 = const$ и $p_3 = const$ следует только вычислить величины $(s_i - s_1)_p = R \ln(p_i/p_1)$. Если $p_2 > p_1$ и $p_3 < p_1$, то соответственно $(s_2 - s_1)_p > 0$ и $(s_3 - s_1)_p < 0$. Отложив относительно $p_1 = const$ по линии $T_i = const$ значения величин $(s_2 - s_1)_p$ и $(s_3 - s_1)_p$, несложно построить искомые линии $p_2 = const$ и $p_3 = const$ (рис. 4.1).

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

5.1. Построение зависимости $E_t = f(t)$

Для заданного диапазона температур находят значения максимальной упругости водяного пара E_t , которые приведены в Приложении 2. Полученные

данные сводятся в таблицу 5.1, на основании которой строят график зависимости $E_t = f(t)$.

Таблица 5.1. Данные для построения зависимости $E_t = f(t)$

$t, ^\circ\text{C}$	$E_t, \text{кПа}$

5.2. Построение зависимости $p_n = f(t, \varphi)$

Парциальное давление водяного пара определяется по формуле

$$p_n = E_t(\varphi/100), \quad (5.1)$$

где φ – относительная влажность воздуха, %. Вычисленные значения сводят в таблицу 5.2 и строят зависимость $p_n = f(t, \varphi)$.

Таблица 5.2. Данные для построения зависимости $p_n = f(t, \varphi)$

$t, ^\circ\text{C}$	$E_t, \text{кПа}$	$p_n, \text{кПа}$				
		$\varphi_1, \%$	$\varphi_2, \%$	$\varphi_3, \%$	$\varphi_4, \%$	$\varphi_5, \%$

5.3. Построение зависимости $t_p = f(\varphi)$

Температура точки росы – температура, до которой нужно охладить ненасыщенный влажный воздух при постоянном давлении, чтобы воздух стал насыщенным.

При температуре точки росы $p_n = E_t$. Исходя из этого, пользуясь таблицей 5.2, методом интерполяции определяется температура точки росы t_p при заданном p_n по формуле

$$t_p = t_i + (t_{i+1} - t_i) \left(\frac{P_n - P_i}{P_{i+1} - P_i} \right). \quad (5.2)$$

Полученные данные сводят в таблицу 5.3 и строят график зависимости $t_p = f(\varphi)$.

Таблица 5.3. Данные для построения зависимости $t_p = f(\varphi)$

$\varphi_i, \%$	$t_p, ^\circ\text{C}$

5.4. Определение изменения относительной влажности воздуха при его охлаждении или нагревании ($d = const$)

При постоянном влагосодержании d справедливо выражение

$$\varphi_1 E_{t_1} = \varphi_i E_{t_i} \quad (5.3)$$

откуда

$$\varphi_i = \varphi_1 E_{t_1} / E_{t_i} \quad (5.4)$$

Из уравнения (5.4) видно, что при $t_i > t_1$ (при нагревании) и $t_i < t_1$ (при охлаждении) соответственно $\varphi_i < \varphi_1$ и $\varphi_i > \varphi_1$. Расчеты сводят в таблицу 5.4 и строят график $\varphi = f(t)$.

Таблица 5.4. Данные для построения зависимости $\varphi_i = f(t_i)$

$t_i, ^\circ\text{C}$	$E_{t_i}, \text{кПа}$	$\varphi_i, \%$

6. ПОСТРОЕНИЕ id -ДИАГРАММЫ ВЛАЖНОГО ВОЗДУХА

Численное значение влагосодержания определяется по формуле

$$d = \frac{622 P_n}{B - P_n} = \frac{622 \varphi E_t}{B - \varphi E_t} \quad (6.1)$$

где $B = 98$ кПа – барометрическое давление, φ – относительная влажность воздуха в долях.

Упругость водяного пара определяется из уравнения

$$\lg E_t = \frac{156 + 8,12 t}{236 + t} = A \quad (6.2)$$

Из (6.2) следует, что

$$E_t = 0,1333 \cdot 10^A, \text{кПа} \quad (6.3)$$

Удельная энтальпия влажного воздуха выражается формулой

$$i = 1,005 t + (2500 + 1,8068 t) \cdot d \cdot 10^{-3} \quad (6.4)$$

6.1. Построение изотерм и $\varphi = 100 \%$

При заданном интервале температур определяют d и i . Полученные результаты сводят в таблицу 6.1.

Таблица 6.1. Данные для построения изотерм и $\varphi = 100 \%$

$t, ^\circ\text{C}$	$d, \text{г}/(\text{кг.с.в.})$		$i, \text{кДж}/\text{кг}$	
	$\varphi = 0 \%$	$\varphi = 100 \%$	$\varphi = 0 \%$	$\varphi = 100 \%$

6.2. Построение линии $\varphi = \varphi_1$

Для заданных температур и влажности φ_1 определяют влагосодержание d и энтальпию i . Полученные данные сводят в таблицу 6.2.

Таблица 6.2. Данные для построения линии $\varphi = \varphi_1$

$t, ^\circ\text{C}$	$d, \text{г}/(\text{кг.с.в.})$	$i, \text{кДж}/\text{кг}$

6.3. Построение линии парциального давления водяного пара

На основе предыдущих расчетов составляют таблицу 6.3.

Таблица 6.3. Данные для построения линии парциального давления водяного пара

$t, ^\circ\text{C}$	$d, \text{г}/(\text{кг.с.в.})$		$P_n = \varphi E_t, \text{кПа}$	
	$\varphi = \varphi_1 \%$	$\varphi = 100 \%$	$\varphi = \varphi_1 \%$	$\varphi = 100 \%$

По результатам расчета следует построить id -диаграмму влажного воздуха.

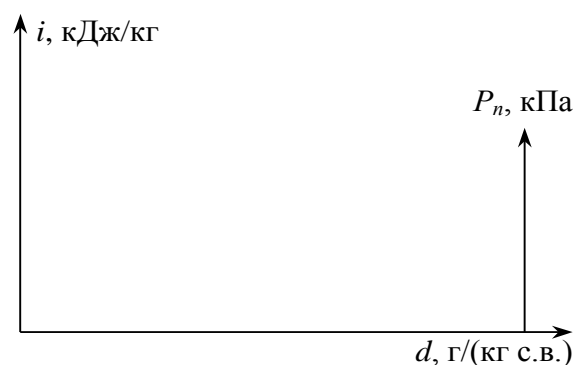


Рис. 6.1. Координатные линии id -диаграммы

Пример оформления титульного листа к курсовой работе

Министерство образования и науки РФ
ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова»
Физико-технический институт
Кафедра теплофизики и теплоэнергетики

КУРСОВАЯ РАБОТА
по дисциплине
«Техническая термодинамика»
Вариант № ____

Выполнил: студент гр. _____

Проверил: _____

Якутск, 2011

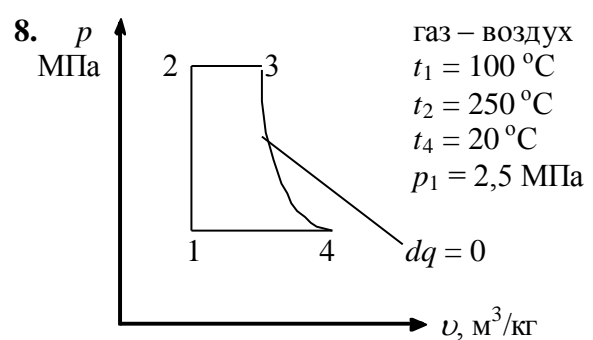
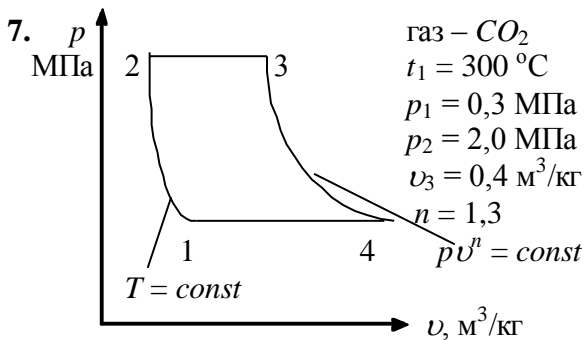
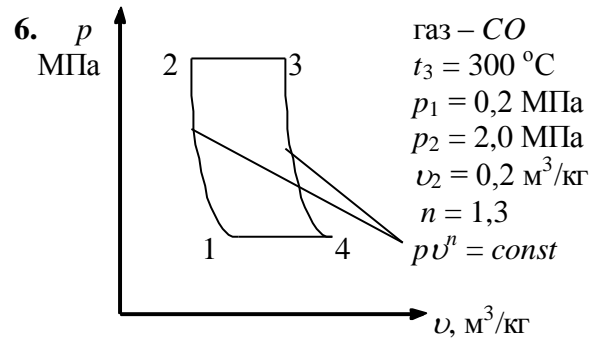
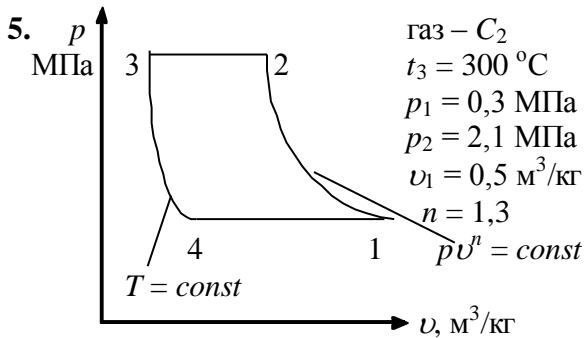
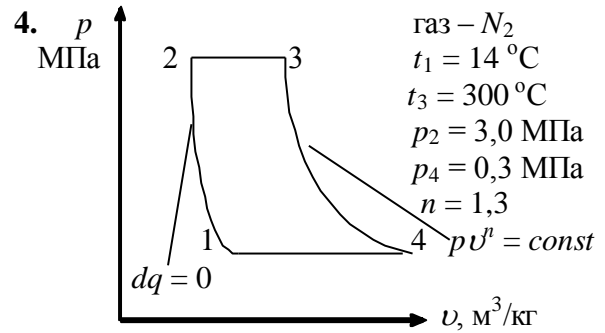
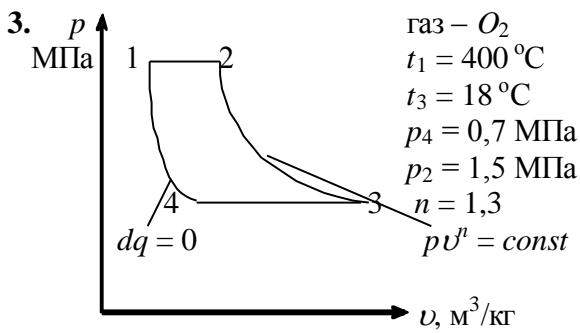
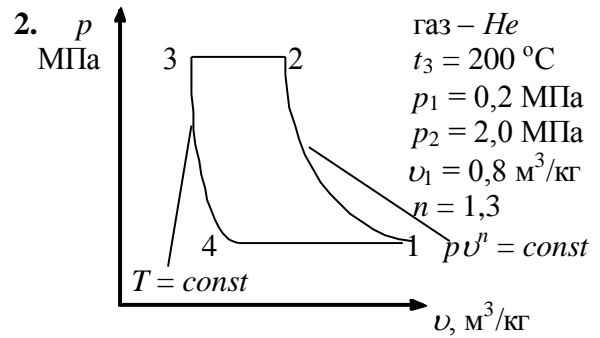
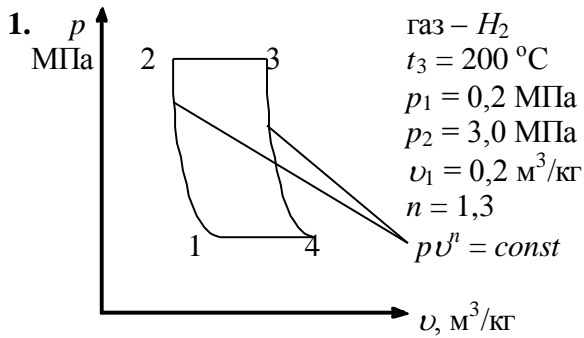
ПРИЛОЖЕНИЕ 2

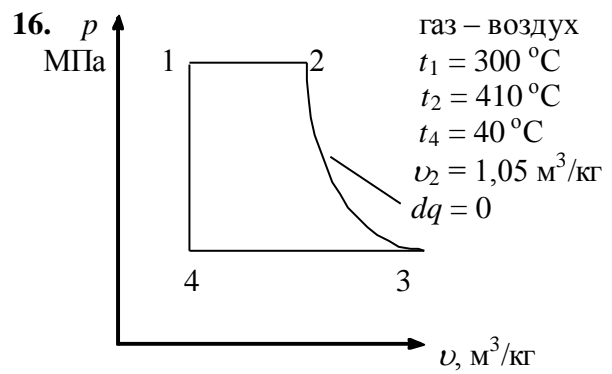
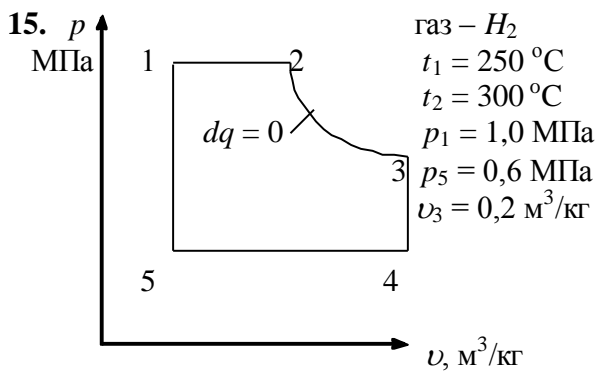
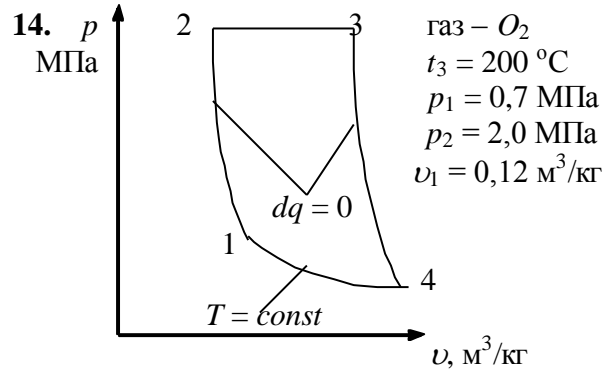
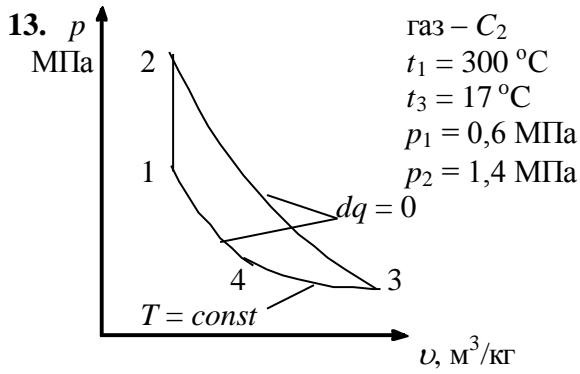
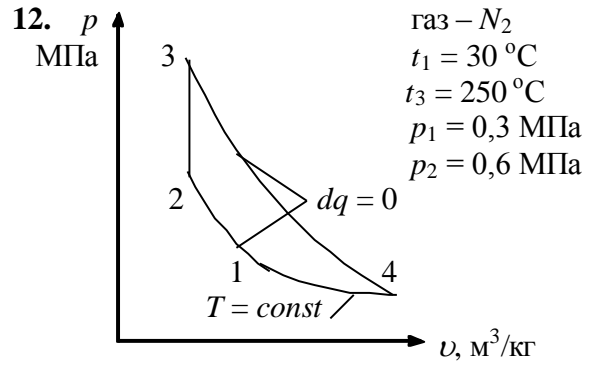
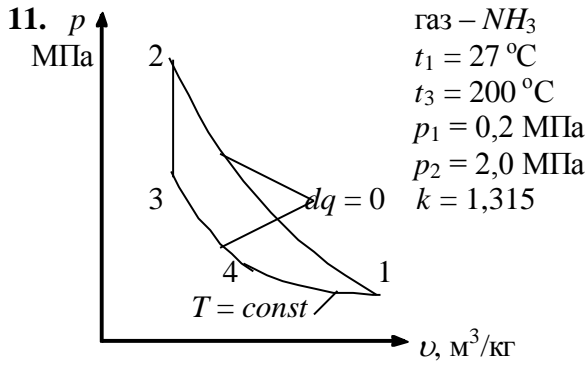
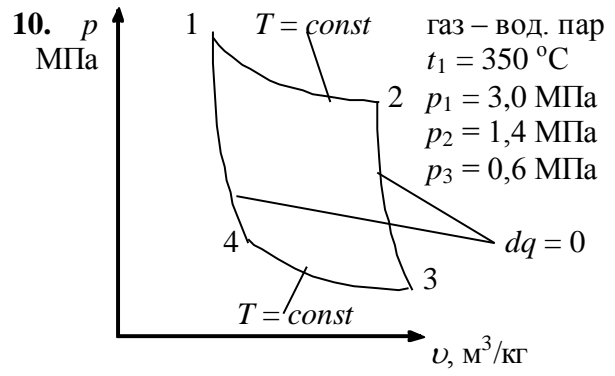
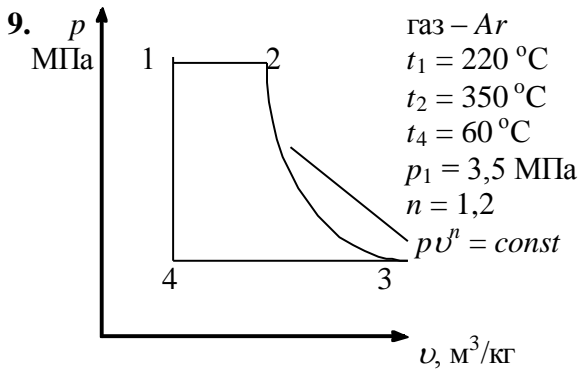
Физические свойства влажного воздуха (при давлении 760 мм.рт.ст.)

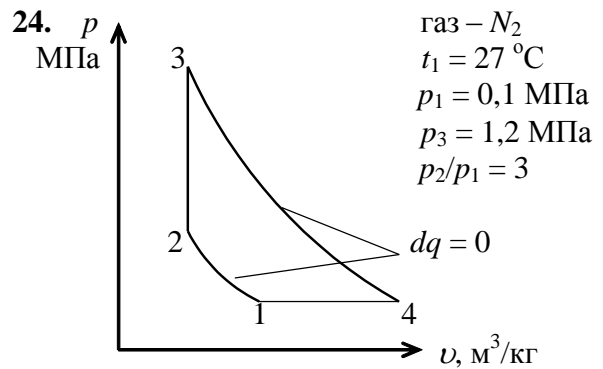
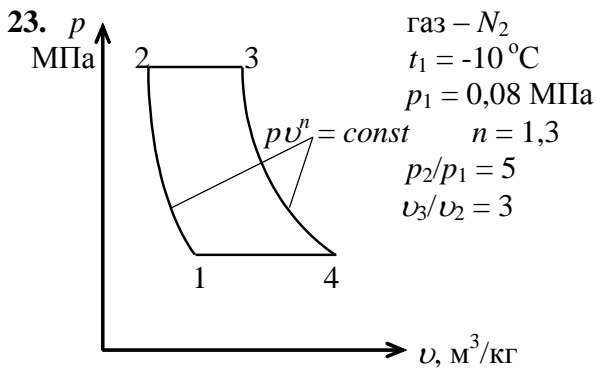
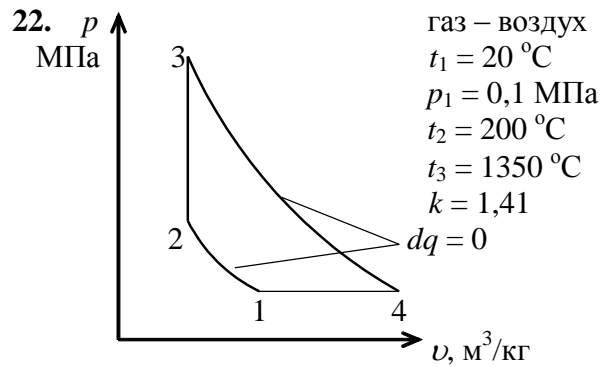
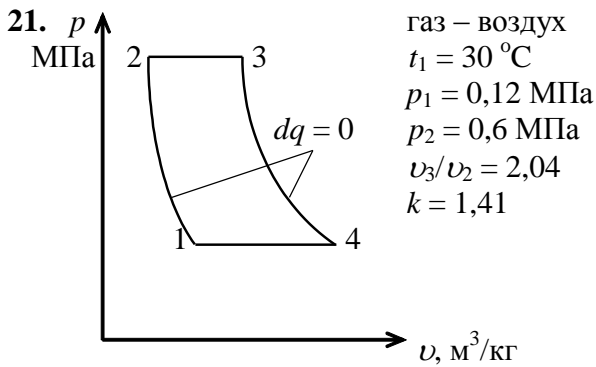
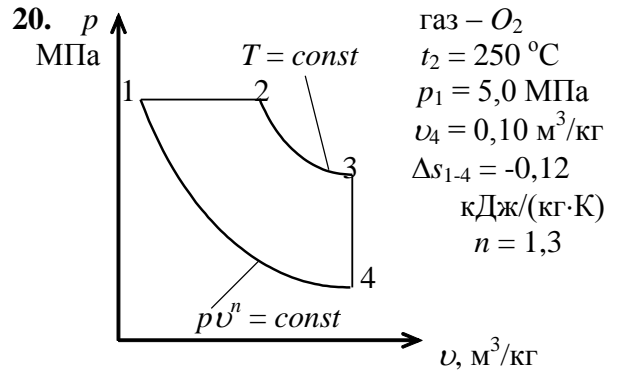
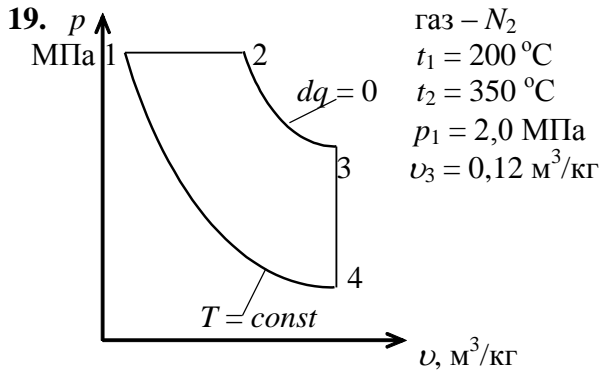
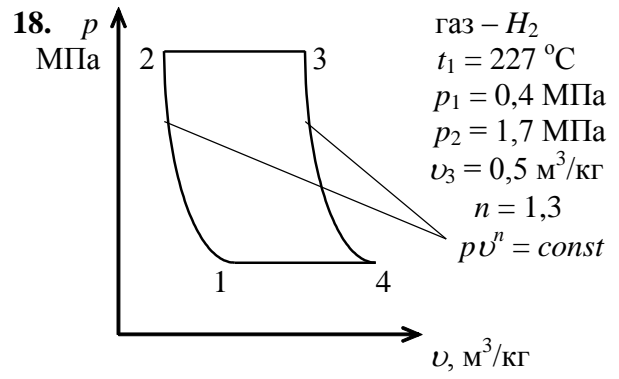
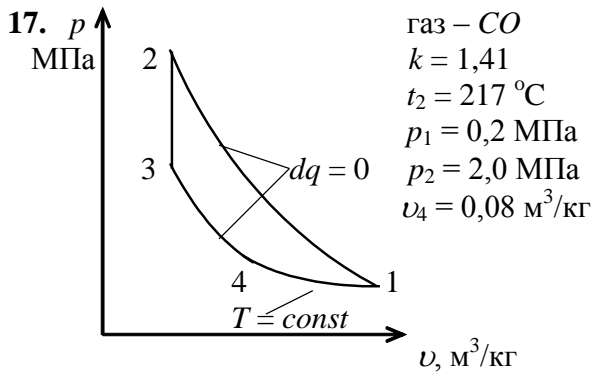
$t, ^\circ\text{C}$	Плотность сухого воздуха, кг/м ³	Изменение объема сухо- го воздуха при измене- нии его температуры		Содержание на- сыщенного водя- ного пара, г		Упругость (парциальное давление), мм.рт.ст.
		от 0 до t $^\circ\text{C}$	от t до 0 $^\circ\text{C}$	в 1 м ³	в 1 кг	
-20	1,396	0,927	1,079	1,1	0,80	0,77
-18	1,385	0,934	1,071	1,3	0,92	0,94
-16	1,374	0,941	1,062	1,5	1,10	1,13
-14	1,363	0,949	1,054	1,7	1,29	1,36
-12	1,353	0,956	1,046	2,0	1,49	1,63
-10	1,342	0,963	1,038	2,3	1,78	1,95
-8	1,332	0,971	1,030	2,7	2,06	2,32
-6	1,322	0,978	1,023	3,1	2,38	2,76
-4	1,312	0,985	1,015	3,6	2,78	3,28
-2	1,303	0,993	1,007	4,2	3,29	3,88
0	1,293	1,000	1,000	4,9	3,78	4,58
2	1,284	1,007	0,993	5,6	4,40	5,28
4	1,275	1,015	0,986	6,4	5,05	6,10
6	1,265	1,022	0,979	7,3	5,70	7,01
8	1,256	1,029	0,972	8,3	6,60	8,05
10	1,248	1,037	0,965	9,4	7,50	9,21
12	1,239	1,044	0,958	10,6	8,60	10,52
14	1,230	1,051	0,951	12,0	9,8	11,99
16	1,222	1,059	0,945	13,6	11,2	13,63
18	1,213	1,066	0,938	15,3	12,7	15,48
20	1,205	1,073	0,932	17,2	14,4	17,54
22	1,197	1,081	0,925	19,3	16,3	19,83
24	1,189	1,088	0,919	21,6	18,4	22,38
26	1,181	1,095	0,913	24,2	20,7	25,21
28	1,173	1,103	0,907	27,0	23,4	28,35
30	1,165	1,110	0,901	30,1	26,3	31,82
32	1,157	1,117	0,895	33,5	29,5	35,66
34	1,150	1,125	0,889	37,3	33,1	39,90
36	1,142	1,132	0,884	41,4	37,0	44,56
38	1,135	1,139	0,878	45,9	41,4	49,69
40	1,128	1,147	0,872	50,8	46,3	55,32
42	1,121	1,154	0,876	56,1	51,6	61,50
44	1,114	1,161	0,861	61,9	57,5	68,28
46	1,107	1,169	0,856	68,2	64,0	75,65
48	1,100	1,176	0,850	75,0	71,1	83,71
50	1,093	1,183	0,845	83,3	79,0	92,51
52	1,086	1,191	0,840	90,4	87,7	102,1
54	1,080	1,198	0,835	99,1	97,2	112,5
56	1,073	1,205	0,830	108,4	107,6	123,8
58	1,067	1,213	0,825	118,5	119,1	136,1
60	1,060	1,220	0,820	129,3	131,7	149,4
70	1,029	1,256	0,796	196,6	216,1	233,7

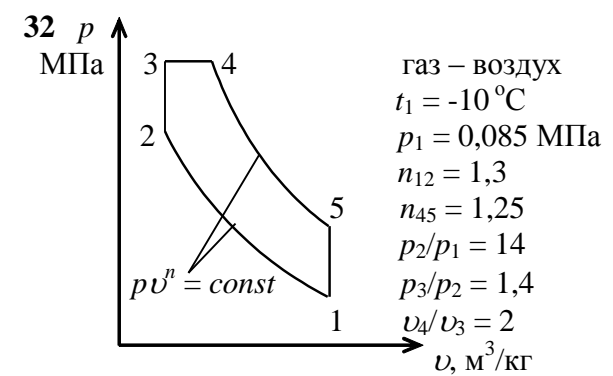
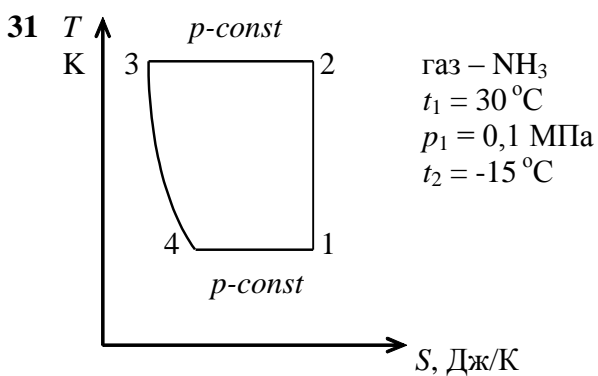
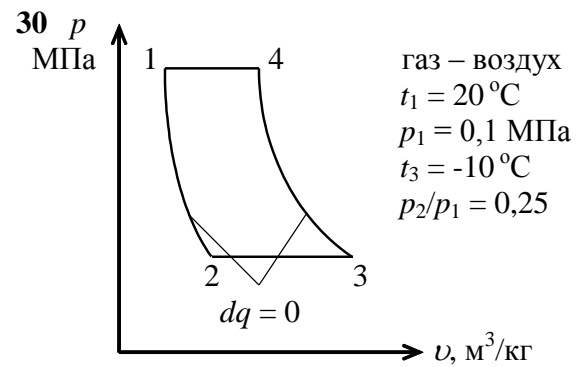
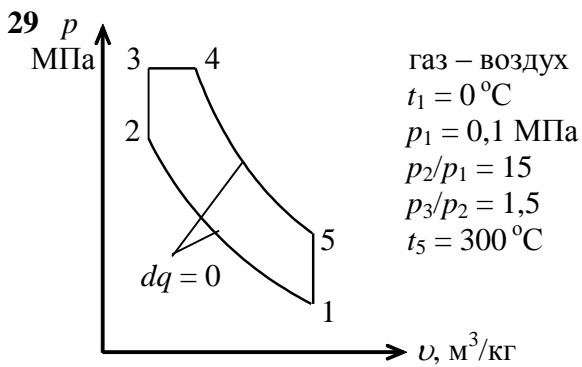
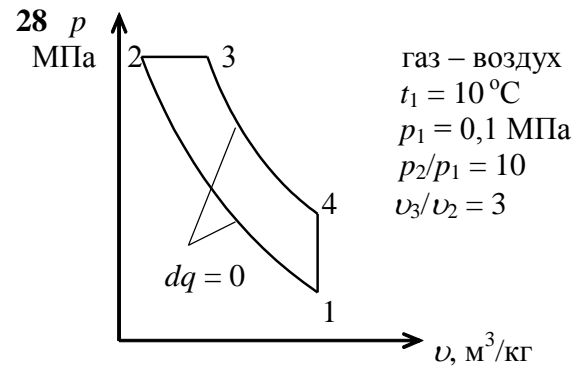
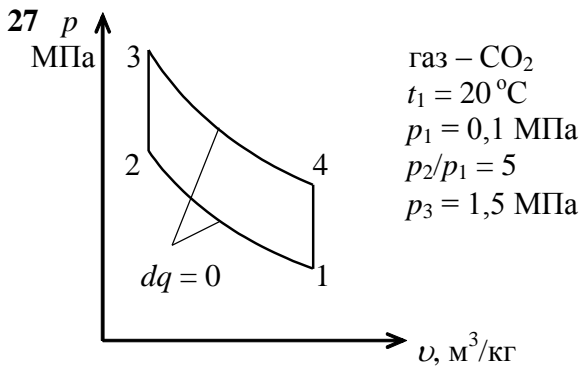
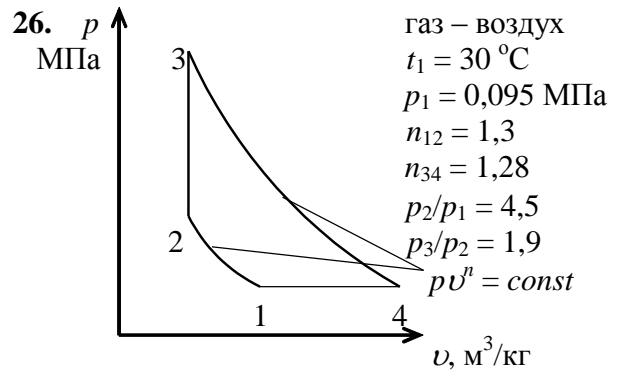
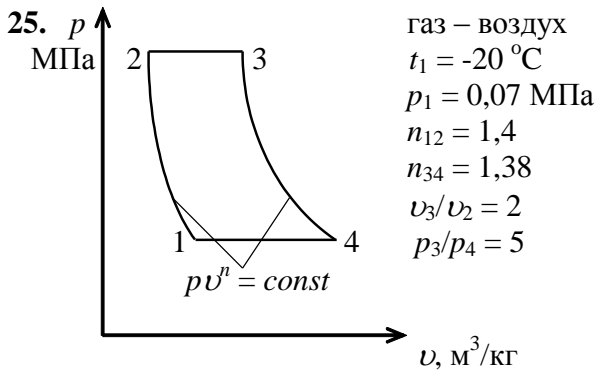
Варианты заданий к курсовой работе

1. Данные к расчету газового цикла









2. Данные для построения T_s -диаграммы водяного пара

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура насыщения T_n , К	273	283	293	303	313	323	333	343	353	363
	323	333	343	353	363	373	383	393	403	413
	373	383	393	403	413	423	433	443	453	463
	423	433	443	453	463	473	483	493	503	513
	473	483	493	503	513	523	533	543	553	563
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Температура насыщения T_n , К	373	383	393	403	413	423	433	443	453	463
	423	433	443	453	463	473	483	493	503	413
	473	483	493	503	513	523	533	543	553	563
	523	533	543	553	563	573	583	593	603	513
	573	583	593	603	613	623	633	643	653	663
Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Температура насыщения T_n , К	273	283	293	303	313	323	333	343	353	363
	373	383	393	403	413	423	433	443	453	463
	473	483	493	503	513	523	533	543	553	563
	573	583	593	603	613	623	633	643	653	663
	673	683	693	703	713	723	733	743	753	763

3. Данные для построения i_s -диаграммы водяного пара

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Давление p , МПа	0,1	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0
	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5
	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Давление p , МПа	5,0	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5
	5,5	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0
	6,0	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5
	6,5	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0
	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5
	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0
Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Давление p , МПа	0,01	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0
	0,02	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
	0,05	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0
	0,1	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0
	0,2	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	15,0
	0,3	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	5,0	10,0	15,0	20,0

4. Данные для построения на T_s -диаграмме воздуха линий

$$v = \text{const} \text{ и } p = \text{const}$$

Вариант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура T_1, K		300	350	230	250	200	450	270	300	280	320
Давление, кПа	p_1	100	180	80	110	70	210	100	90	150	170
	p_2	200	210	130	210	140	250	150	170	200	200
	p_3	50	140	50	60	40	160	50	70	80	140
Уд. объем, $\text{м}^3/\text{кг}$	v_2	1,0	0,6	0,9	0,7	0,9	0,7	0,9	1,0	0,7	0,7
	v_3	0,8	0,5	0,8	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,4	0,5
Вариант		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Температура T_1, K		400	340	290	300	260	330	310	370	400	470
Давление, кПа	p_1	250	170	110	90	100	80	130	150	120	200
	p_2	310	230	180	150	140	120	170	200	170	270
	p_3	180	120	80	60	70	40	90	100	80	150
Уд. объем, $\text{м}^3/\text{кг}$	v_2	0,6	0,7	0,9	1,1	0,8	1,3	0,8	0,8	1,1	0,8
	v_3	0,3	0,5	0,7	0,9	0,7	1,1	0,6	0,6	0,8	0,5
Вариант		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Температура T_1, K		250	300	350	400	450	500	550	600	273	220
Давление, кПа	p_1	250	200	500	300	1600	1200	3500	2500	800	100
	p_2	100	500	250	500	1000	1600	4500	3000	1000	250
	p_3	500	1000	1000	160	2500	800	2500	1800	500	150
Уд. объем, $\text{м}^3/\text{кг}$	v_2	0,9	0,2	0,4	0,2	0,05	0,08	0,03	0,06	0,07	0,9
	v_3	0,1	0,7	0,05	0,6	0,15	0,16	0,06	0,09	0,14	0,4

5. Данные для определения параметров влажного воздуха

Вариант		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура $t, \text{°C}$		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
		10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
		20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
		30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
		40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
Относительная влажность, %	φ_1	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
	φ_2	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65
	φ_3	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
	φ_4	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
	φ_5	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
Парциальное давление $p_n, \text{кПа}$		0,5	0,5	0,5	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	2

Вариант		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Температура $t, ^\circ\text{C}$		20	30	10	12	14	16	18	20	30	10
		30	40	20	22	24	26	28	30	40	20
		40	50	30	32	34	36	38	40	50	30
		50	60	40	42	44	46	48	50	60	40
		60	70	50	52	54	56	58	60	70	50
Относи- тельная влаж- ность, %	φ_1	20	20	50	55	30	25	45	35	40	15
	φ_2	30	30	60	65	40	35	55	45	50	25
	φ_3	40	40	70	75	50	45	65	55	60	35
	φ_4	50	50	80	85	60	55	75	65	70	45
	φ_5	60	60	90	95	70	65	85	75	80	55
Парциальное дав- ление $p_n, \text{кПа}$		2	3,5	1,5	2,5	3	2,5	3,5	3	3	3,5
Вариант		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Температура $t, ^\circ\text{C}$		0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
		10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
		20	22	24	26	28	30	32	34	36	38
		30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
		40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
Относи- тельная влаж- ность, %	φ_1	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
	φ_2	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10
	φ_3	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15
	φ_4	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
	φ_5	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25
Парциальное дав- ление $p_n, \text{кПа}$		3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5

6. Данные для построения $i-d$ диаграммы влажного воздуха

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Температура $t, ^\circ\text{C}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
Относительная влажность $\varphi_1, \%$	50	55	60	65	70	75	80	25	30	35
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Температура $t, ^\circ\text{C}$	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
Относительная влажность $\varphi_1, \%$	70	75	80	50	55	60	65	40	45	50
Вариант	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Температура $t, ^\circ\text{C}$	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49
Относительная влажность $\varphi_1, \%$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

