МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

«Тульский государственный университет»

Интернет-институт
Политехнический институт

Кафедра «Автомобили и автомобильное хозяйство»

ТРАНСПОРТНАЯ ЭНЕРГЕТИКА

Методические указания и задание к
курсовой работе

Направление подготовки: 23.03.01 «Технология транспортных процессов»

Профиль подготовки: Организация и безопасность дорожного движения

Профиль подготовки: Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Тула 2018 г.

Методические указания составлены д.т.н., проф. М.Ю. Елагиным и обсуждены на заседании кафедры АиАХ .

Протокол № 10 от « 22 » июня 2015 г.

Зав. кафедрой И.Е. Агуреев

Методические указания пересмотрены и утверждены на заседании кафедры АиАХ.

Протокол № 4 от « 28 » ноября 2018 г.

Зав. кафедрой И.Е. Агуреев

1. Техническая термодинамика. Расчет газового цикла

Цикл отнесен к 1кг воздуха. Принимаем:

C_p = 1,005 кДж/(кг·К);
C_v = 0,718 кДж/(кг·К);
R = 287 Дж/(кг·К)/

Требуется:
1) определить параметры p, v, T, u, h для основных точек цикла;
2) построить цикл: а) в координатах p-v, б) в координатах T-s.

Каждый процесс должен быть построен по двум – трем промежуточным точкам;

3) найти n, c, Δu, Δh, Δs, q, l для каждого процесса, входящего, в состав цикла;
4) определить работу цикла $l_ц$, термический к.п.д. и среднее индикаторное давление p_i;
5) полученные результаты поместить в таблицах 1 и 2.

Примечание: данные к заданию составлены в виде циклов, изображенных в координатах p-v, без учета масштаба, в соответствии с номером варианта.

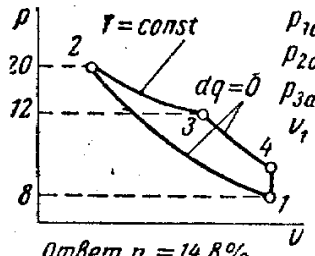
Таблица 1

Точки	p, ат	v, м^3/кг	T, К	u, кДж/кг	h, кДж/кг
1					
2					
3					
4					

Таблица 2

Процессы	n	c, кДж/кг	Δu, кДж/кг	Δh, кДж/кг	Δs, кДж/кг	q, кДж/кг	l, кДж/кг
1-2							
2-3							
3-4							
4-1							

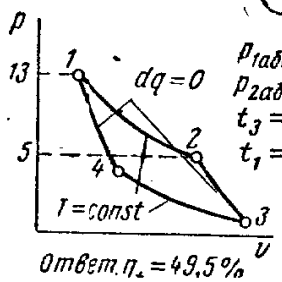
(1)



$p_{1абс} = 8 ат$
$p_{2абс} = 20 ат$
$p_{3абс} = 12 ат$
$v_1 = 0{,}12 м^3/кг$

Ответ. $\eta_t = 14{,}8\%$

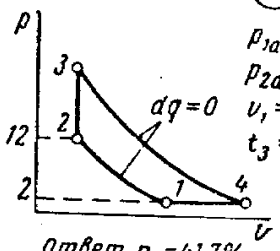
(2)



$p_{1абс} = 13 ат$
$p_{2абс} = 5 ат$
$t_3 = 17°C$
$t_1 = 300°C$

Ответ. $\eta_t = 49{,}5\%$

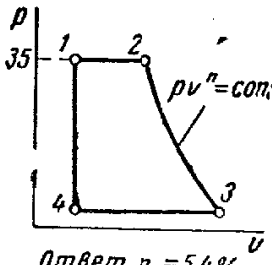
(3)



$p_{1абс} = 2 ат$
$p_{2абс} = 12 ат$
$v_1 = 0{,}45 м^3/кг$
$t_3 = 300°C$

Ответ. $\eta_t = 41{,}7\%$

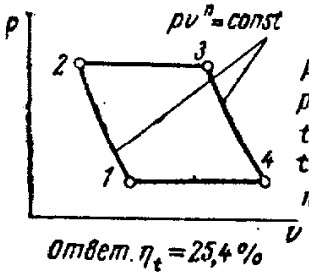
(4)



$p_{1абс} = 35 ат$
$p_{3абс} = 25 ат$
$t_1 = 210°C$
$t_2 = 300°C$
$n = 1{,}2$

Ответ. $\eta_t = 5{,}4\%$

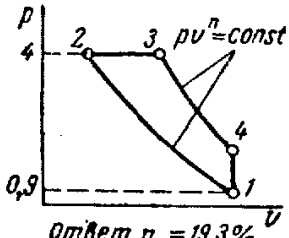
(5)



$p_{1абс} = 1 ат$
$p_{2абс} = 5 ат$
$t_1 = 0°C$
$t_3 = 200°C$
$n = 1{,}3$

Ответ. $\eta_t = 25{,}4\%$

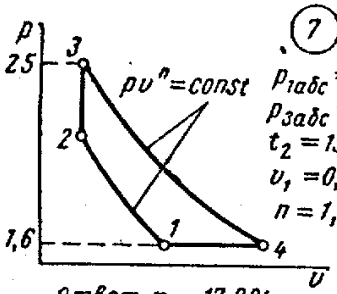
(6)



$p_{1абс} = 0{,}9 ат$
$p_{2абс} = 4 ат$
$t_1 = 30°C$
$t_3 = 200°C$
$n = 1{,}2$

Ответ. $\eta_t = 19{,}3\%$

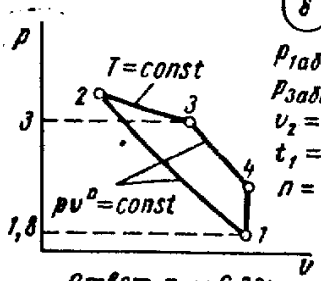
(7)



$p_{1абс} = 1{,}6 ат$
$p_{3абс} = 25 ат$
$t_2 = 150°C$
$v_1 = 0{,}5 м^3/кг$
$n = 1{,}2$

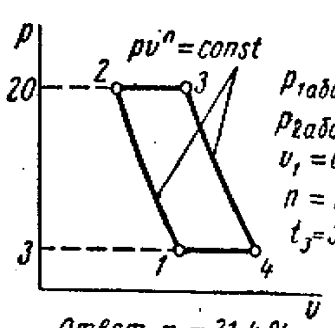
Ответ. $\eta_t = 17{,}9\%$

(8)



$p_{1абс} = 1{,}8 ат$
$p_{3абс} = 3 ат$
$v_2 = 0{,}1 м^3/кг$
$t_1 = 30°C$
$n = 1{,}1$

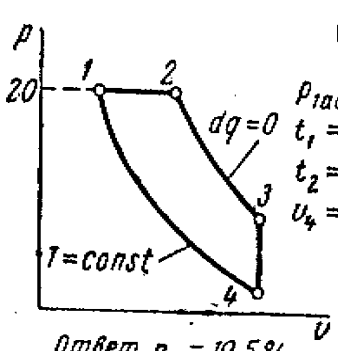
Ответ. $\eta_t = 6{,}3\%$



(9)

$p_{1абс} = 3 ат$
$p_{2абс} = 20 ат$
$v_1 = 0.3 м^3/кг$
$n = 1,3$
$t_3 = 300°C$

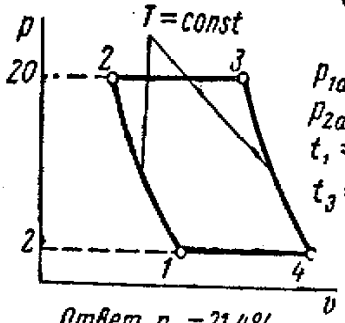
Ответ. $\eta_t = 31,4\%$



(10)

$p_{1абс} = 20 ат$
$t_1 = 200°C$
$t_2 = 350°C$
$v_4 = 0,12 м^3/кг$

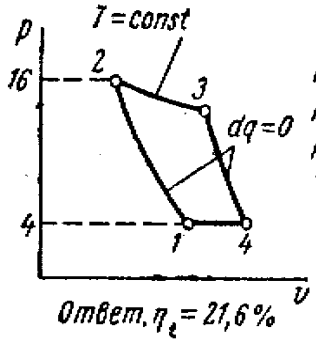
Ответ $\eta_t = 10,5\%$



(11)

$p_{1абс} = 2 ат$
$p_{2абс} = 20 ат$
$t_1 = 50°C$
$t_3 = 200°C$

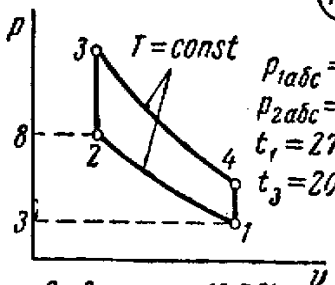
Ответ. $\eta_t = 21,4\%$



(12)

$p_{1абс} = 4 ат$
$p_{2абс} = 16 ат$
$p_{3абс} = 6 ат$
$t_1 = 100°C$

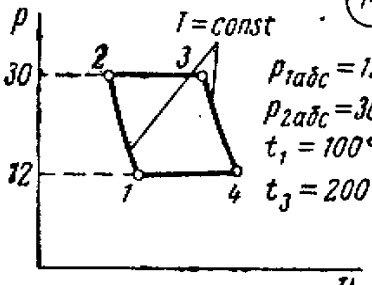
Ответ. $\eta_t = 21,6\%$



(13)

$p_{1абс} = 3 ат$
$p_{2абс} = 8 ат$
$t_1 = 27°C$
$t_3 = 200°C$

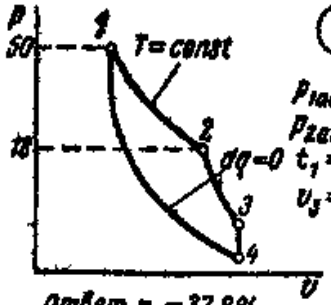
Ответ. $\eta_t = 19,7\%$



(14)

$p_{1абс} = 12 ат$
$p_{2абс} = 30 ат$
$t_1 = 100°C$
$t_3 = 200°C$

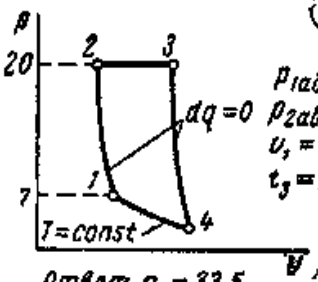
Ответ. $\eta_t = 11,4\%$



(15)

$p_{1абс} = 50 ат$
$p_{2абс} = 18 ат$
$t_1 = 300°C$
$v_3 = 0,2 м^3/кг$

Ответ. $\eta_t = 37,8\%$

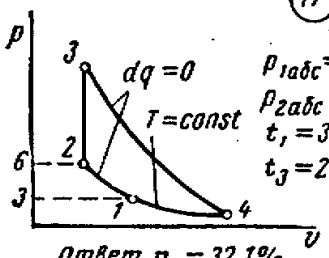


(16)

$p_{1абс} = 7 ат$
$p_{2абс} = 20 ат$
$v_1 = 0,12 м^3/кг$
$t_3 = 200°C$

Ответ. $\eta_t = 33,5$

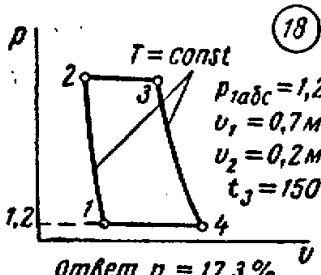
(17)



$p_{1абс} = 3 ат$
$p_{2абс} = 6 ат$
$t_1 = 30°C$
$t_3 = 250°C$

Ответ. $\eta_t = 32,1\%$

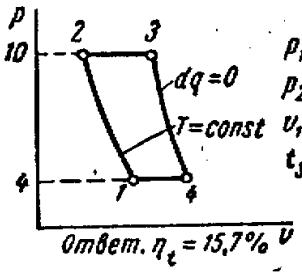
(18)



$p_{1абс} = 1,2 ат$
$v_1 = 0,7 м^3/кг$
$v_2 = 0,2 м^3/кг$
$t_3 = 150°C$

Ответ. $\eta_t = 17,3\%$

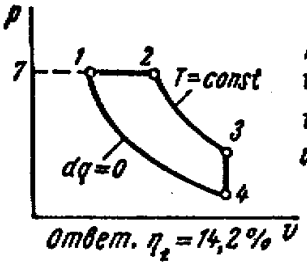
(19)



$p_{1абс} = 4 ат$
$p_{2абс} = 10 ат$
$v_1 = 0,3 м^3/кг$
$t_3 = 300°C$

Ответ. $\eta_t = 15,7\%$

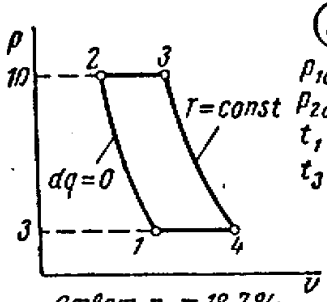
(20)



$p_{1абс} = 7 ат$
$t_1 = 200°C$
$t_2 = 300°C$
$v_4 = 0,4 м^3/кг$

Ответ. $\eta_t = 14,2\%$

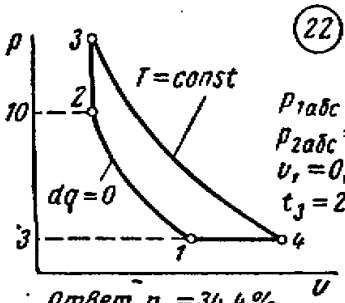
(21)



$p_{1абс} = 3 ат$
$p_{2абс} = 10 ат$
$t_1 = 25°C$
$t_3 = 250°C$

Ответ. $\eta_t = 19,7\%$

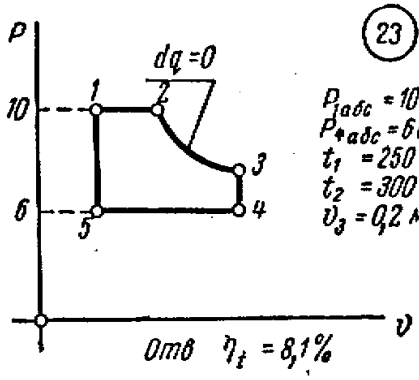
(22)



$p_{1абс} = 3 ат$
$p_{2абс} = 10 ат$
$v_1 = 0,3 м^3/г$
$t_3 = 200°C$

Ответ. $\eta_t = 34,4\%$

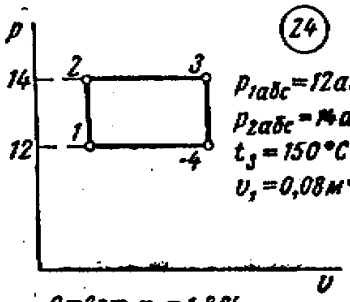
(23)



$p_{1абс} = 10 ат$
$p_{4абс} = 6 ат$
$t_1 = 250°C$
$t_2 = 300°C$
$v_3 = 0,2 м^3/кг$

Отв $\eta_t = 8,1\%$

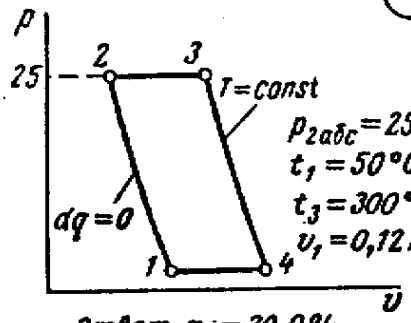
(24)



$p_{1абс} = 12 ат$
$p_{2абс} = 14 ат$
$t_3 = 150°C$
$v_1 = 0,08 м^3/кг$

Ответ. $\eta_t = 1,8\%$

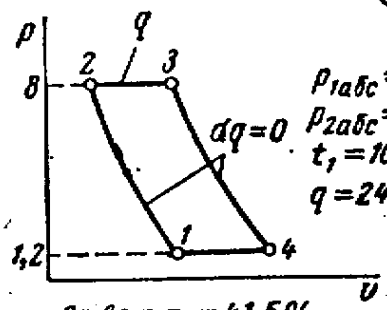
(25)



$p_{2абс} = 25\,ат$
$t_1 = 50\,°C$
$t_3 = 300\,°C$
$v_1 = 0{,}12\,м^3/кг$

Ответ. $\eta_t = 20{,}0\,\%$

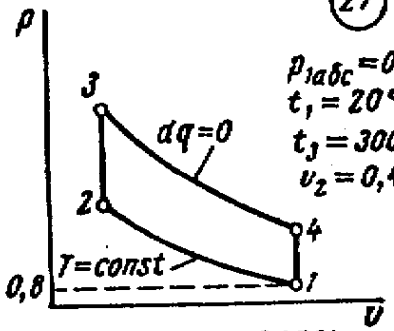
(26)



$p_{1абс} = 1{,}2\,ат$
$p_{2абс} = 8\,ат$
$t_1 = 10\,°C$
$q = 24\,ккал/кг$

Ответ. $\eta_t = 41{,}5\,\%$

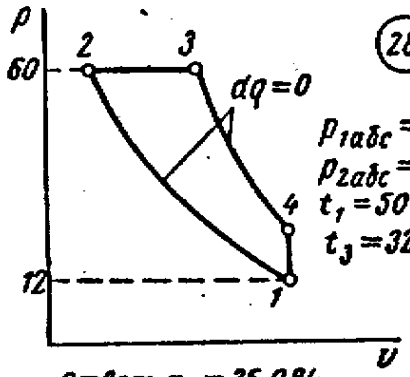
(27)



$p_{1абс} = 0{,}8\,ат$
$t_1 = 20\,°C$
$t_3 = 300\,°C$
$v_2 = 0{,}4\,м^3/кг$

Ответ $\eta_t = 27{,}7\,\%$

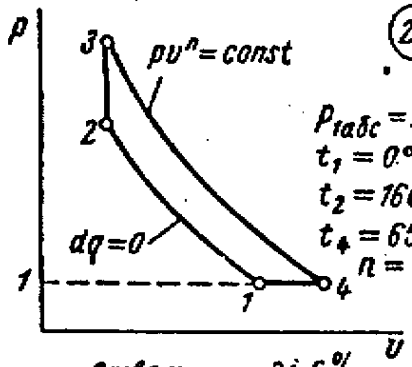
(28)



$p_{1абс} = 12\,ат$
$p_{2абс} = 60\,ат$
$t_1 = 50\,°C$
$t_3 = 320\,°C$

Ответ. $\eta_t = 35{,}0\,\%$

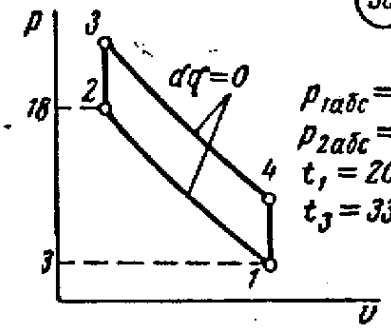
(29)



$p_{1абс} = 1\,ат$
$t_1 = 0\,°C$
$t_2 = 160\,°C$
$t_4 = 65\,°C$
$n = 1{,}3$

Ответ. $\eta_t = 31{,}6\,\%$

(30)



$p_{1абс} = 3\,ат$
$p_{2абс} = 18\,ат$
$t_1 = 20\,°C$
$t_3 = 330\,°C$

Ответ. $\eta_t = 39{,}7\,\%$

Методические указания. При расчетах считать воздух идеальным газом, а его свойства не зависящими от температуры.

В качестве примера приведен результат расчета варианта №29.

1. Определение параметров p, v, T, u, h для основных точек цикла;

$$v_1 = RT_1 / p_1 = 287 \cdot (0 + 273) / (1 \cdot 98100) = 0{,}799 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Адиабатный процесс 1-2

$$\frac{p_2}{p_1} = \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\text{к}}{\text{к}-1}} \quad , p_2 = p_1 \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^{\frac{\text{к}}{\text{к}-1}} = 98100 \cdot \left(\frac{(160+273)}{(0+273)}\right)^{\frac{1,4}{1,4-1}} = 492955 \text{ Па}$$

$$v_2 = RT_2 / p_2 = 287 \cdot (160 + 273) / 492955 = 0{,}252 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Изохорный процесс 2-3

$$v_3 = v_2 = 0{,}252 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Изобарный процесс 4-1

$$p_4 = p_1 = 98100 \text{ Па}$$

$$v_4 = RT_4 / p_4 = 287 \cdot (65 + 273) / 98100 = 0{,}989 \text{ м}^3 / \text{кг}$$

Политропный процесс 3-4

$$p_3 v_3^n = p_4 v_4^n \text{ , } p_3 = p_4 \left(\frac{v_4}{v_3}\right)^n = 98100 \left(\frac{0{,}989}{0{,}252}\right)^{1,3} = 580234 \text{ Па}$$

$$T_3 = p_3 v_3 / R = 580234 \cdot 0{,}252 / 287 = 509 \text{ K}$$

Значения удельной внутренней энергии (u) и энтальпии (h) определим по уравнениям: $u_i = c_v T_i$, $h_i = c_p T_i$

Полученные результаты поместим в таблицу 1

Таблица 1

Точки	p, Па	v, м^3/кг	T, К	u, кДж/кг	h, кДж/кг
1	98100	0,799	273	196	274
2	492955	0,252	433	311	435
3	580234	0,252	509	365	512
4	98100	0,987	338	243	340

2. Нахождение n, c, Δu, Δh, Δs, q, l для каждого процесса, входящего, в состав цикла;

Теплоемкость адиабатного процесса равна 0

Теплоемкость политропного процесса 3-4 равна

$$c_{3-4} = c_v \frac{n-к}{n-1} = 0{,}718 \frac{1{,}3-1{,}4}{1{,}3-1} = -0{,}239 \frac{кДж}{кг \cdot К}$$

Изменение энтропии, теплота и работа отдельных процессов

Процесс 1-2

$$\Delta s = 0, \quad q = 0, \quad l = -\Delta u = -115 \frac{кДж}{кг}$$

Процесс 2-3

$$\Delta s = c_v \ln \frac{T_3}{T_2} = 0{,}718 \ln \frac{509}{433} = 0{,}116 \frac{кДж}{кг \cdot К} \quad , l = 0 \text{ , } q = \Delta u = 54 \frac{кДж;}{кг}$$

Процесс 3-4

$$\Delta s = c \cdot \ln \frac{T_4}{T_3} = -0{,}239 \ln \frac{338}{509} = 0{,}098 \frac{кДж}{кг \cdot К} \text{ , } q = c \cdot (T_4 - T_3) = -0{,}239(338-509) = 41 \frac{кДж}{кг},$$

$$l = \frac{R}{1-n}(T_4 - T_3) = \frac{0{,}287}{1-1{,}3}(338-509) = 163 \frac{кДж}{кг}$$

Процесс 4-1

$$\Delta s = c_p \ln \frac{T_1}{T_4} = 1{,}005 \ln \frac{273}{338} = -0{,}214 \frac{кДж}{кг \cdot К} \text{ , } l = p(v_1 - v_4) =$$

$$98100 \cdot 10^{-3}(0{,}799 - 0{,}987) = -18 \frac{кДж}{кг} \text{ , } q = c_p(T_1 - T_2) = 1{,}005(273-338) = -65 \frac{кДж}{кг}$$

Проверки

$$\Sigma \Delta u_i = 0 \text{ , } \Sigma \Delta h_i = 0 \text{ , } \Sigma \Delta s_i = 0 \text{ , } \Sigma q_i = \Sigma l_i .$$

Для отдельных процессов $q = \Delta u + l$

Таблица 2

Процессы	n	c, кДж/кг К	Δu, кДж/кг	Δh, кДж/кг	Δs, кДж/кг	q, кДж/кг	l, кДж/кг
1-2	1,4	0	115	161	0	0	-115
2-3	±∞	0,718	54	77	0,116	54	0
3-4	1,3	-0,239	-122	-172	0,098	41	163
4-1	0	1,005	-47	-66	-0,214	-65	-18
			$\Sigma \Delta u_i$	$\Sigma \Delta h_i$	$\Sigma \Delta s_i$	Σq_i	Σl_i
			0	0	0	30	30

3. Построение цикла: а) в координатах p-v, б) в координатах T-s.

Промежуточные точки находятся следующим образом:

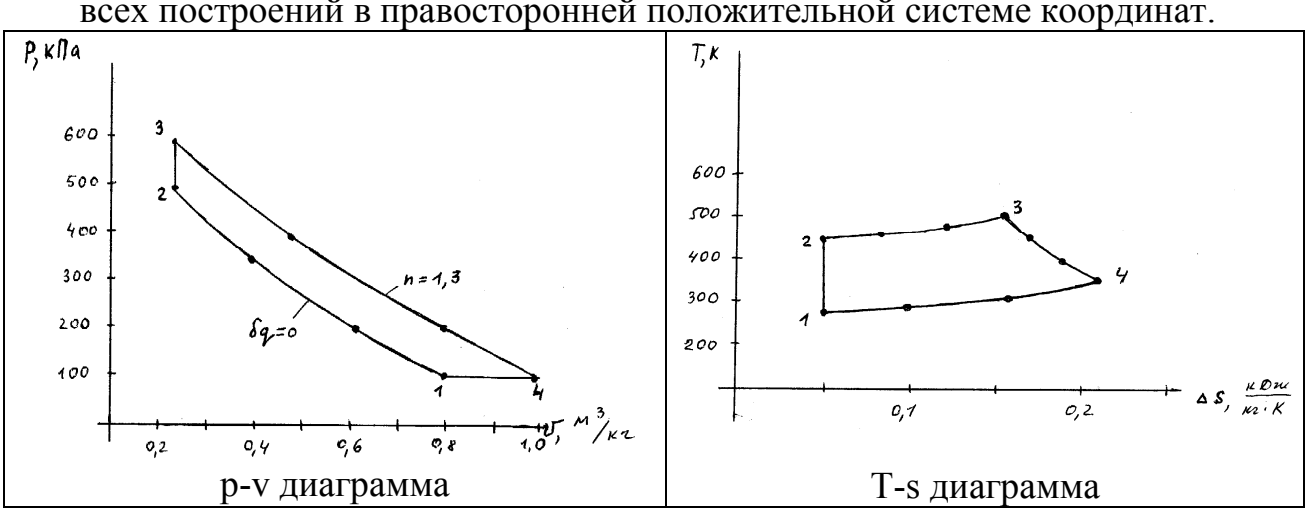
- p-v диаграмма, адиабатный или политропный процессы

$p_i = p_1\left(\frac{v_1}{v_i}\right)^n$, где v_i выбирается в интервале (v_1-v_2) произвольно, а p_i рассчитывается и т.д.,

- T-s диаграмма, изобарный, изохорный, политропный процессы

$\Delta s_{pi} = c_p \ln\frac{T_i}{T_1}$, $\Delta s_{vi} = c_v \ln\frac{T_i}{T_1}$, $\Delta s_{ni} = c \cdot \ln\frac{T_i}{T_1}$, где T_i выбирается в интервале (T_1-T_2), а Δs_i рассчитывается и т.д.

Точка 1 на T-s диаграмме выбирается произвольно с расчетом получения всех построений в правосторонней положительной системе координат.



p-v диаграмма | T-s диаграмма

4. Определение работы цикла $l_ц$, термического к.п.д. и среднего индикаторного давления p_i.

$$l_ц = \Sigma l_i = 30\frac{кДж}{кг},\ \eta_t = \frac{l_ц}{q_1} = \frac{30}{54+41} = 0{,}316,\ p_i = \frac{l_ц}{v_{max} - v_{min}} = \frac{l_ц}{v_4 - v_2} = \frac{30}{(0{,}987 - 0{,}252)} = 40{,}8\ кПа,$$

где q_1 - сумма всех теплот со знаком +.

2. Теория теплообмена

Задача 1. Плоская стальная стенка толщиной δ_1 (λ_1=40 Вт/м·К) с одной стороны омывается газами; при этом коэффициент теплоотдачи равен α_1. С другой стороны стенка изолирована от окружающего воздуха плотно прилегающей к ней пластиной толщиной δ_2 (λ_2=0,15 Вт/м·К). Коэффициент теплоотдачи от пластины к воздуху равен α_2. Определить тепловой поток q, Вт/м^2 и температуры t_1, t_2 и t_3 поверхностей стенок, если температура продуктов сгорания равна $t_г$, а воздуха - $t_в$. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 1.

Таблица 1

Последняя цифра шифра	δ_1, мм	α_1, Вт/м·К	$t_г$, ^oC	Предпоследняя цифра шифра	δ_2, мм	α_2, Вт/м·К	$t_в$, ^oC
0	5	35	350	0	10	5	30
1	6	45	400	1	12	6	25
2	7	40	370	2	14	7	20
3	8	30	350	3	16	8	15
4	9	35	330	4	18	9	10
5	10	25	300	5	20	10	5
6	6	42	380	6	22	9	0
7	5	30	320	7	24	8	-5
8	3	34	400	8	26	6	-10
9	4	38	280	9	28	5	-20

Методические указания:

Используется исходная система уравнений, характеризующих стационарную теплопроводность через многослойную плоскую стенку при заданных граничных условиях III рода:

$$q = \alpha_1 (t_г - t_1),$$

$$q = \frac{\lambda_1}{\delta_1}(t_1 - t_2),$$

$$q = \frac{\lambda_2}{\delta_2}(t_2 - t_3),$$

$$q = \alpha_2 (t_3 - t_в).$$

Задача 2. Воздух течет внутри трубы, имея среднюю температуру $t_в$, давление p_1=100 кПа и скорость w. Определить коэффициент теплоотдачи от трубы к воздуху (α_1) , а также удельный тепловой поток, отнесенный к 1м длины трубы, если внутренний диаметр трубы d_1, толщина её δ и

теплопроводность λ=20 Вт/м·К. Снаружи труба омывается горячими газами. Температура и коэффициент теплоотдачи горячих газов, омывающих трубу, соответственно равны $t_г$, α_2. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 2.

Указание. Необходимые данные для определения α_1 взять из табл. 1 приложений.

Таблица 2

Последняя цифра шифра	$t_г$, °С	α_2, Вт/м·К	w, м/с	Предпоследняя цифра шифра	$t_в$, °С	d_1, мм	δ, мм
0	500	20	10	0	150	70	3
1	550	20	9	1	200	80	5
2	600	40	6	2	180	60	4
3	650	50	8	3	100	40	3
4	700	40	10	4	150	20	2
5	750	60	12	5	200	50	3
6	800	50	14	6	250	80	5
7	780	40	16	7	200	60	4
8	740	30	18	8	150	40	3
9	520	20	20	9	100	20	2

Методические указания:

Для вынужденной конвекции внутри цилиндрической трубы при нахождении α_1 использовать критериальную зависимость вида:

$$Nu_f = 0{,}021 Re_f^{0,8} Pr_f^{0,43} .$$

Величину линейной плотности теплового потока определить по уравнению теплопередачи для цилиндрической стенки при заданных граничных условиях III рода.

Задача 3. Определить потери теплоты в единицу времени с 1 м длины горизонтально расположенной цилиндрической трубы, охлаждаемой свободным потоком воздуха, если температура стенки трубы t_c, температура воздуха в помещении $t_в$, а диаметр трубы d. Степень черноты трубы ε_c=0,9. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 3.

Указание. Необходимые данные для определения α взять из табл. 1 приложений.

Таблица 3

Последняя цифра шифра	d, мм	Предпоследняя цифра шифра	t_c, °С	$t_в$, °С
0	220	0	150	15
1	230	1	140	20
2	210	2	130	25
3	240	3	120	35
4	250	4	110	25
5	270	5	100	20
6	300	6	190	15
7	320	7	180	10
8	340	8	170	5
9	360	9	160	0

Методические указания:

Тепловые потери горизонтальной трубы будут складываться из потерь за счёт свободной конвекции и излучения.

$$q_{своб} = \pi d \alpha (t_c - t_в),$$

$$q_{изл} = \pi d C_o \varepsilon \left[\left(\frac{t_c + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_в + 273}{100} \right)^4 \right].$$

где α - коэффициент теплоотдачи за счёт свободной конвекции, определяемый по критериальному уравнению вида:

$$Nu_m = C(Gr \cdot r)_m^n.$$

$Gr \cdot Pr$	$1 \cdot 10^{-3} \div 5 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2 \div 2 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^7 \div 1 \cdot 10^{13}$
C	1,18	0,54	0,135
n	0,125	0,25	0,333

C_o - коэффициент излучения абсолютно чёрного тела [C_o=5,67 Вт/(м^2·К^4).]

Определяющей температурой в данном случае является средняя температура пограничного слоя $t_m = \frac{t_c + t_в}{2}$. По этой температуре определяются физические свойства воздуха при нахождении критериев теплового подобия.

Задача 4. Определить удельный лучистый тепловой поток q (Вт/м^2) между двумя параллельно расположенными плоскими стенками, имеющими температуру t_1 и t_2 и степени черноты ε_1 и ε_2, если между ними нет экрана.

Определить q при наличии экрана со степенью черноты с обеих сторон $\varepsilon_э$. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 4.

Таблица 4

Последняя цифра шифра	ε_1	ε_2	$\varepsilon_э$	Предпоследняя цифра шифра	t_1, °C	t_2, °C
0	0,50	0,60	0,040	0	200	30
1	0,55	0,52	0,045	1	250	35
2	0,60	0,70	0,050	2	300	25
3	0,52	0,72	0,020	3	350	20
4	0,58	0,74	0,030	4	400	40
5	0,62	0,54	0,025	5	450	45
6	0,70	0,58	0,032	6	500	50
7	0,65	0,62	0,055	7	550	55
8	0,75	0,73	0,060	8	600	60
9	0,80	0,77	0,023	9	650	65

Методические указания:

Удельный лучистый тепловой поток определяется по уравнению Стефана-Больцмана для результирующего излучения:

$$q = C_o \varepsilon_{прив} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right],$$

где $\varepsilon_{прив}$ - приведенная степень черноты, определяемая, в данном случае, по уравнению

$$\varepsilon_{прив} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}.$$

В случае наличия экрана, при установившемся режиме, удельный лучистый тепловой поток находят решением следующих уравнений:

$$q = C_o \varepsilon_{прив1} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_э}{100} \right)^4 \right] = C_o \varepsilon_{прив2} \left[\left(\frac{T_э}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right] , \quad (1)$$

$$\varepsilon_{прив\,1} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_э} - 1}, \qquad (2)$$

$$\varepsilon_{прив\,2} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_э} + \frac{1}{\varepsilon_2} - 1}. \qquad (3)$$

Решая уравнение 1 находят $T_э$, а затем удельный лучистый тепловой поток q.

Литература

1. Котиков Ю.Г. Транспортная энергетика: Учебное пособие для вузов/Ю.Г. Котиков, В.Н. Ложкин. - М.: ИЦ «Академия», 2006. - 272с.
2. Теплотехника: учебник для вузов/ А.М. Архаров [и др.]; под общей ред.: А.М. Архарова, В.Н. Афанасьева. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 712с.
3. Задачник по технической термодинамике и теории тепломассообмена: Учеб. пособие для энергомашиностроит. спец. вузов / В.Н. Афанасьев, С.И. Исаев, И.А. Кожинов и др.; Под ред. В.И. Круглова и Г.Б. Петражицкого. - М.: Высшая школа, 1986. - 383 с.

Приложение

Физические параметры сухого воздуха при давлении 101,3 кПа

Таблица 1

t, °С	$10^2 \cdot \lambda$, Вт/м·К	$10^6 \cdot \nu$, м^2/с	Pr
-50	2,04	9,23	0,728
-40	2,12	10,04	0,728
-30	2,20	10,80	0,723
-20	2,28	12,79	0,716
-10	2,36	12,43	0,712
0	2,44	13,28	0,707
10	2,51	14,16	0,705
20	2,59	15,06	0,703
30	2,67	16,00	0,701
40	2,76	16,96	0,699
50	2,83	17,95	0,698
60	2,90	18,97	0,696
70	2,96	20,02	0,694
80	3,05	21,09	0,692
90	3,13	22,10	0,690
100	3,21	23,13	0,688
120	3,34	25,45	0,686
140	3,49	27,80	0,684
160	3,64	30,09	0,682
180	3,78	32,49	0,681
200	3,93	34,85	0,680
250	4,27	40,61	0,677
300	4,60	48,33	0,674
350	4,91	55,46	0,676
400	5,21	63,09	0,678
500	5,74	79,38	0,687
600	6,22	96,89	0,699
700	6,71	115,4	0,706
800	7,18	134,8	0,713
900	7,63	155,1	0,717
1000	8,07	177,1	0,719
1100	8,50	199,3	0,722
1200	9,15	233,7	0,724