

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ,  
МОЛОДЕЖИ И СПОРТА УКРАИНЫ**

**НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ «ХАРЬКОВСКИЙ  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТНОГО ЗАДАНИЯ**

**по курсу «Тепломассообмен»**

**для студентов специализации 6.050604-2 «Турбины»**

Семестр 5, курс 3

Составил: профессор Тарасов А.И.

Харьков  
НТУ «ХПИ»

2012

### Задача №1

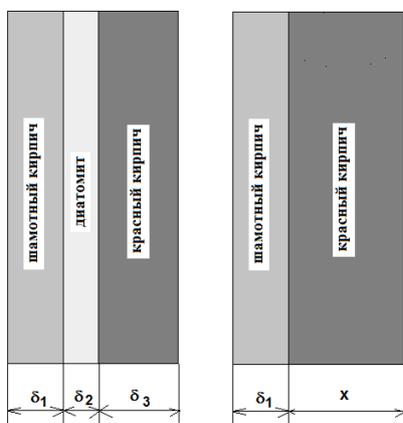
Обмуровка топочной камеры выполнена из слоя шамота  $\lambda_1 = 1,041$  Вт/м К толщиной  $\delta_1$  и слоя диатомита  $\lambda_2 = 0,159$  Вт/мК толщиной  $\delta_2$ . В топке температура продуктов сгорания  $t_r$ , а температура поверхности шамота  $t_n$ . Коэффициент теплоотдачи от газов к поверхности шамота  $\alpha_1 = 40$  Вт/м<sup>2</sup>К. Определить температуру на стыке шамота и диатомита, а также коэффициент теплоотдачи с поверхности диатомита в воздух, если температура последнего  $t_b = 20$  °С.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\delta_1$ мм	200	220	300	350	400	200	150	170	200	200	220	300	200	400
$\delta_2$ мм	250	200	180	320	380	250	120	180	300	250	200	180	200	380
$t_n$ °С	790	787	790	790	790	790	790	790	791	789	758	763	770	795
$t_r$ °С	800	800	803	798	796	800	810	803	800	799	770	775	782	800

№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\delta_1$ мм	400	200	150	170	200	222	223	180	181	182	183	184
$\delta_2$ мм	380	250	120	200	300	320	319	190	189	188	187	186
$t_n$ °С	795	810	810	790	801	802	804	672	674	676	678	680
$t_r$ °С	800	820	830	800	810	810	808	683	681	679	688	690

### Задача №2

Обмуровка печи состоит из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми



расположена засыпка из диатомита. Толщина шамотного слоя  $\delta_1$ , диатомитовой засыпки  $\delta_2$  и красного кирпича  $\delta_3$ .

Коэффициенты теплопроводности материалов соответственно равны:  $\lambda_1 = 0,93$ ;  $\lambda_2 = 0,13$  и  $\lambda_3 = 0,7$  Вт/(м·К).

Какой толщины следует сделать слой из красного кирпича  $\delta_3$ , если отказаться от применения засыпки из диатомита, чтобы тепловой поток через обмуровку оставался неизменным? Как изменится температура стенок, если отказаться от засыпки?

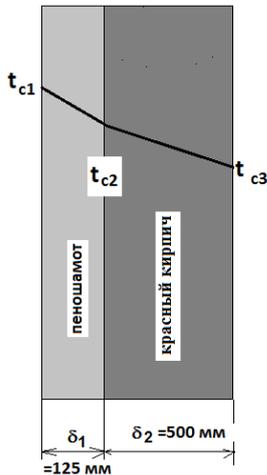
№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\delta_1$ мм	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240
$\delta_2$ мм	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
$\delta_3$ мм	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230	240

№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\delta_1$ мм	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360

$\delta_2$ мм	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170
$\delta_3$ мм	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360

### Задача №3

Стенка незранированной топочной камеры парового котла выполнена из слоя пеношамота толщиной  $\delta_1=125$  мм и слоя красного кирпича толщиной  $\delta_2=500$  мм. Слои плотно прилегают друг к другу. Температура на внутренней поверхности топочной камеры  $t_{c1}$ , а на наружной  $t_{c3}$ . Коэффициент теплопроводности пеношамота  $\lambda_1= 0,28+ 0,00023t$ , красного кирпича  $\lambda_2 = 0,7$  Вт/(м·К).



Вычислить тепловые потери через  $1 \text{ м}^2$  стенки топочной камеры и температуру в плоскости соприкосновения слоев.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$t_{c1}$	800	820	840	860	880	900	920	940	960	980	1000	1020	1040
$t_{c3}$	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90

№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$t_{c1}$	1060	1080	1100	1120	1140	1160	1180	1200	1220	1240	1260	1280
$t_{c3}$	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150

### Задача №4

Труба диаметром  $d_1 = 50$  мм покрыта слоем минеральной ваты ( $\lambda_1 = 0,09$  Вт/мК ) толщиной 50 мм и слоем асбоцемента (  $\lambda_2 = 0,65$  Вт/мК ) толщиной 50 мм. Температура поверхности изоляции  $t_{п}$ , окружающего воздуха  $t_{в} = 20^\circ\text{C}$ , коэффициент теплоотдачи с поверхности изоляции в воздух  $\alpha$ . Определить потери тепла с погонного метра трубы и температуру поверхности трубы под изоляцией. Как изменяться потери тепла, если поменять местами слои изоляции, а коэффициент теплоотдачи и температуру трубы оставить без изменения? Найти при этом температуру поверхности изоляции.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\alpha$ Вт/м <sup>2</sup> К	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
$t_{п=t_{c3}}$ °C	80	78	76	74	72	70	68	66	64	62	60	58	56

№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\alpha$ Вт/м <sup>2</sup> К	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
$t_{п=t_{c3}}$ °C	54	52	50	48	46	44	42	40	38	36	34	32

### Задача №5

Обмуровка топки состоит из слоя хромита  $\lambda_1 = 1,28$  Вт/мК толщиной 200 мм, пеношамота  $\lambda_2 = 0,105$  Вт/мК толщиной 120 мм и красного кирпича  $\lambda_3 = 0,71$  Вт/мК толщиной 260 мм. Температура газов в топке  $t_r$ . Коэффициент теплоотдачи от газов к хромиту  $\alpha_1$ , коэффициент теплоотдачи от красного кирпича к воздуху  $\alpha_2$ . Определить потери тепла с  $1\text{ м}^2$  и температуры поверхностей и стыков материалов, если температура воздуха  $t_b = 20^\circ\text{C}$ .

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
$\alpha_1$ Вт/м <sup>2</sup> К	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34
$\tau_r$ °С	1500	1480	1460	1440	1420	1400	1380	1360	1340	1320	1300	1280	1260
$\alpha_2$ Вт/м <sup>2</sup> К	30	29	28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18

№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\alpha_1$ Вт/м <sup>2</sup> К	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58
$\tau_r$ °С	1240	1220	1200	1180	1160	1140	1120	1100	1080	1060	1040	1020
$\alpha_2$ Вт/м <sup>2</sup> К	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6

### Задача №6

Медный провод диаметром  $d = 4$  мм имеет температуру поверхности  $t_n = 60^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи с поверхности провода в воздух  $\alpha$ , температура воздуха  $t_b = 20^\circ\text{C}$ . Определить ток, проходящий по проводу ( $\rho_m = 0,05$  Ом·мм<sup>2</sup>/м). Как следует изменить ток, идущий по проводу, чтобы при изолировании последним слоем резины толщиной 5 мм ( $\lambda = 0,16$  Вт/м К) температура провода осталась прежней. Считать, что коэффициент теплоотдачи остается без изменения.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Вт/м <sup>2</sup> К	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34

№	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Вт/м <sup>2</sup> К	36	38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58

### Задача №7

Стальной стержень диаметром 30 мм, длиной 150 мм ( $\lambda = 40$  Вт/мК) находится в воздухе, температура которого  $t_b = 20^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплоотдачи с поверхности стержня в воздух  $\alpha$ . Определить поток тепла, переданный от стержня в воздух, если температура свободного конца стержня  $t_t = 45^\circ\text{C}$ . Как повлияет на поток тепла учет теплоотдачи со свободного торца стержня?

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\alpha$ , Вт/м <sup>2</sup> К	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75

№	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\alpha$ , Вт/м <sup>2</sup> К	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130

### Задача №8

Трубчатый воздушный подогреватель с расходом воздуха  $G = 2,78$  кг/с выполнен из труб диаметром  $d_1/d_2 = 32/40$  мм. Внутри труб движется горячий газ, а наружная поверхность труб омывается поперечным потоком воздуха.

Коэффициент теплопроводности материала труб  $\lambda = 50$  Вт/м·К, удельная теплоемкость воздуха  $C_p = 1000$  Дж/кг·К. Разность температур воздуха на входе и выходе из подогревателя  $\Delta t = 140^\circ\text{C}$ . Средняя разность температур газа и воздуха составляет  $150^\circ\text{C}$ .

Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке  $\alpha_1$ , а от стенки к воздуху  $\alpha_2$ .

Определить площадь поверхности нагрева подогревателя, используя зависимости для цилиндрической и плоской стенки.

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\alpha_1$ Вт/м <sup>2</sup> К	10	13	16	19	22	25	28	31	34	37	40	43	46	49
$\alpha_2$ Вт/м <sup>2</sup> К	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	36

№	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
$\alpha_1$ Вт/м <sup>2</sup> К		52	55	58	61	64	67	70	73	76	79	82
$\alpha_2$ Вт/м <sup>2</sup> К		38	40	42	44	46	48	50	52	54	56	58

### Задача №9

Для охлаждения процессора компьютера на нем установлен радиатор с прямыми ребрами. Толщина ребра  $\delta = 1$  мм, его высота  $h = 20$  мм. Радиатор в плане представляет собой квадрат со стороной 50 мм. Шаг ребер  $s = 2,5$  мм. Радиатор выполнен из материала с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 70$  Вт/м·К.

Процессор охлаждается воздухом с температурой 25° С. Допустимая температура процессора (температура у основания ребер) составляет 60°С.

Определить теплоту Q (выделяемая теплота процессором), если задан коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  (принять допущение того, что теплоотдача  $\alpha$  на ребрах и между ними одинакова).

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$\alpha$ Вт/м <sup>2</sup> К	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95

№	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
$\alpha$ Вт/м <sup>2</sup> К	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150

### Задача №10

В пластине толщиной  $s$ , выполненной из материала с  $\lambda = 20$  Вт/м К, действуют равномерно распределенные внутренние источники теплоты  $q_v$ . Температуры на поверхностях пластины соответственно равны  $t_{c1}$  и  $t_{c2}$ .

Определить относительную координату  $x_0/s$  и значение максимальной температуры в пластине  $t_0$ , а также плотности теплового потока на поверхностях пластины  $q_{c1}$  и  $q_{c2}$ .

№	1	2	3	4	5	6	7	8
tc1	105	104,5	104	103,5	103	102,5	102	101,5
tc2	127	127,5	128	128,5	129	129,5	130	130,5
qv	3,00E+07	3,15E+07	3,31E+07	3,47E+07	3,65E+07	3,83E+07	4,02E+07	4,22E+07

№	9	10	11	12	13	14	15	16
tc1	101	100,5	100	99,5	99	98,5	98	97,5
tc2	131	131,5	132	132,5	133	133,5	134	134,5
qv	4,43E+07	4,65E+07	4,89E+07	5,13E+07	5,39E+07	5,66E+07	5,94E+07	6,24E+07

№	17	18	19	20	21	22	23	24	25
tc1	97	96,5	96	95,5	95	94,5	94	93,5	93
tc2	135	135,5	136	136,5	137	137,5	138	138,5	139
qv	6,55E+07	6,88E+07	7,22E+07	7,58E+07	7,96E+07	8,36E+07	8,78E+07	9,21E+07	9,68E+07