

Лабораторная работа

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ УСЛОВИЯХ ТЕПЛООБМЕНА

1. Определение коэффициента теплопередачи теплообменного аппарата

Для сушки продуктов используется горячий воздух, нагреваемый в газо-воздушном прямоточном теплообменнике дымовыми газами.

По результатам испытаний прямоточного теплообменника известно (см. в конце работы):

1. Начальная и конечная температуры воздуха:

$$t_{B1} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{B2} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. Начальная и конечная температуры дымовых газов:

$$t_{Г1} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$t_{Г2} = \text{_____} \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Количество (расход) нагреваемого воздуха:

$$V_B = \text{_____} \text{ } \text{м}^3/\text{с}$$

4. Поверхность нагрева теплообменника:

$$F = \text{_____} \text{ } \text{м}^2$$

5. Теплоемкость воздуха не зависит от температуры

Определить:

1) Коэффициент теплопередачи теплообменника;

2) Построить график распределения температур вдоль поверхности теплообмена.

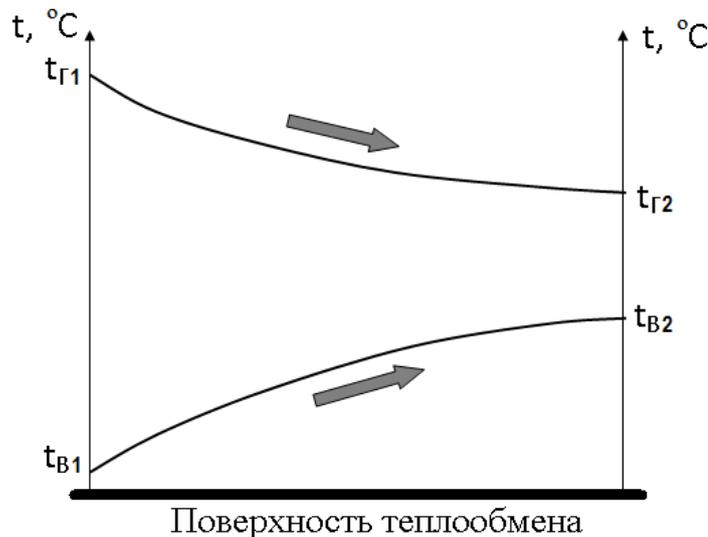


Рис. 1. График распределения температур вдоль поверхности теплообмена прямоточного теплообменника

Решение

1. Определим среднюю температуру воздуха на заданном участке нагрева:

$$t_{BCP} = \frac{t_{B1} + t_{B2}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (1)$$

где t_{B1} и t_{B2} – начальная и конечная температуры воздуха, $^\circ\text{C}$.

2. Определим массу нагреваемого воздуха за 1 сек.:

$$m_B = V_B \cdot \rho_B, \text{ } \text{кг}/\text{с} \quad (2)$$

где ρ_B – плотность воздуха при средней температуре t_{BCP} , $\text{кг}/\text{м}^3$ (см. приложение 1)

3. Количество тепла, переданного от дымовых газов воздуху:

$$Q = m_B \cdot c_{PB} \cdot (t_{B2} - t_{B1}), \text{ кВт} \quad (3)$$

где c_{PB} – удельная теплоемкость воздуха при средней температуре t_{BCP} , кДж/кг·К (см. приложение 1)

4. Найдем средний температурный напор:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

где $\Delta t_B = t_{Г1} - t_{B1}$, $^\circ\text{C}$ – наибольшая разность температур;
 $\Delta t_M = t_{Г2} - t_{B2}$, $^\circ\text{C}$ – наименьшая разность температур.

5. Определим коэффициент теплопередачи k из выражения:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{CP} \quad (5)$$

$$k = \frac{Q \cdot 10^3}{F \cdot \Delta t_{CP}}, \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C} \quad (6)$$

где Q – количество теплоты, кВт.

6. Построить график распределения температур вдоль поверхности теплообмена (см. рис. 1)

2. Определение площади поверхности противоточного теплообменника

Пастеризация молока производится паром в противоточном теплообменнике

Известными величинами являются следующие (см. в конце работы):

1. Давление пара $P_H = \underline{\hspace{2cm}}$ МПа.
2. Производительность пастеризатора по молоку
 $m = \underline{\hspace{2cm}}$ кг/с
3. Начальная и конечная температуры молока
 $t_{M1} = \underline{\hspace{2cm}}$ $^\circ\text{C}$
 $t_{M2} = \underline{\hspace{2cm}}$ $^\circ\text{C}$
4. Коэффициент теплопередачи теплообменника
 $K = \underline{\hspace{2cm}}$ Вт/м²·К
5. Теплоемкость молока $C_M = 3,8$ кДж/кг·К

Определить:

- 1) Количество пара, необходимое для пастеризации;
- 2) Площадь поверхности нагрева теплообменника;
- 3) Построить график распределения температур вдоль поверхности теплообмена.

Решение

1. Определяем энергию, которую пар передает молоку:

$$Q_{II} = m \cdot C_M \cdot (t_{M1} - t_{M2}), \text{ кДж/с} \quad (1)$$

2. Определим количество пара, необходимое для пастеризации D_{II} из выражения:

$$Q_{II} = D_{II} \cdot (i_2 - i_1) \quad (2)$$

Отсюда получим:

$$D_{\Pi} = \frac{Q_{\Pi}}{i_2 - i_1}, \text{ кг/с} \quad (3)$$

где i_1 и i_2 - соответственно энтальпии конденсата и пара при заданном давлении пара, кДж/кг (см. приложение 2).

3. Определим удельный объем пара:

$$v'' = \frac{1}{\rho_{\Pi}}, \text{ м}^3/\text{кг} \quad (4)$$

где ρ_{Π} – плотность пара при заданном давлении пара, кг/м³ (см. приложение 2).

4. Определим объемный расход пара:

$$V_{\Pi} = D_{\Pi} \cdot v'', \text{ м}^3/\text{с} \quad (5)$$

5. Найдем температурный напор:

$$\Delta t_{CP} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

где $\Delta t_B = t_{\Pi} - t_{M1}$, $^\circ\text{C}$ – наибольшая разность температур;

$\Delta t_M = t_{\Pi} - t_{M2}$, $^\circ\text{C}$ – наименьшая разность температур;

t_{Π} – температура пара при заданном давлении пара, $^\circ\text{C}$ (см. приложение 2).

6. Определим поверхность нагрева теплообменника F из выражения:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{CP} \quad (7)$$

Тогда получим:

$$F = \frac{Q_{\Pi} \cdot 10^3}{k \cdot \Delta t_{CP}}, \text{ м}^2 \quad (8)$$

7. Построить график распределения температур вдоль поверхности теплообмена (см. рис. 2)

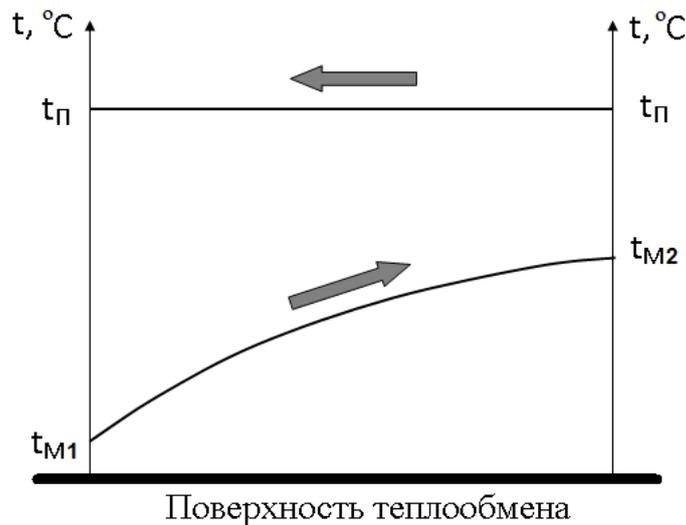


Рис. 2. График распределения температур вдоль поверхности теплообмена противоточного теплообменника

Физические свойства сухого воздуха ($p = 760$ мм рт. ст.) [4]

$t, ^\circ\text{C}$	$\rho, \text{кг/м}^3$	$C_p, \text{кДж/(кг}\cdot\text{K)}$	$\lambda \cdot 10^{-2}, \text{Вт/(м}\cdot\text{K)}$	$a \cdot 10^{-6}, \text{м}^2/\text{с}$	$\mu \cdot 10^{-6}, \text{н}\cdot\text{с/м}^2$	$\nu \cdot 10^{-6}, \text{м}^2/\text{с}$
0	1,293	1,005	2,44	18,8	17,2	13,28
10	1,247	1,005	2,51	20	17,6	14,16
20	1,205	1,005	2,59	21,4	18,1	15,06
30	1,165	1,005	2,67	22,9	18,6	16
40	1,128	1,005	2,76	24,3	19,1	16,96
50	1,093	1,005	2,83	25,7	19,6	17,95
60	1,060	1,005	2,9	27,2	20,1	18,97
70	1,029	1,009	2,96	28,6	20,6	20,02
80	1,000	1,009	3,05	30,2	21,1	21,09
90	0,972	1,005	3,13	31,9	21,5	22,1
100	0,946	1,009	3,21	33,6	21,9	23,13
120	0,898	1,009	3,34	36,8	22,8	25,45
140	0,854	1,013	3,49	40,3	23,7	27,8
160	0,815	1,017	3,64	43,9	24,5	30,09
180	0,779	1,022	3,78	47,5	25,3	32,49
200	0,746	1,026	3,93	51,4	26	34,85

Параметры водяного пара в состоянии насыщения (по давлениям)

Давление пара, $P_H, \text{МПа}$	Температура пара $t_H, ^\circ\text{C}$	Плотность пара, $\rho_H, \text{кг/м}^3$	Удельная энтальпия, кДж/кг	
			Конденсата i'	Пара i''
0,10	99,63	0,59	417,51	2675,7
0,11	102,32	0,645	428,84	2680,0
0,12	104,81	0,7	439,36	2683,8
0,13	107,13	0,754	449,19	2687,4
0,14	109,32	0,808	458,42	2690,8
0,15	111,37	0,862	467,13	2693,9
0,16	113,32	0,916	475,38	2696,3
0,17	115,17	0,969	483,22	2699,5
0,18	116,93	1,023	490,70	2702,1
0,19	118,62	1,076	497,35	2704,6
0,20	120,23	1,129	504,7	2706,9
0,22	123,27	1,234	517,6	2711,3
0,25	127,43	1,391	535,4	2717,2
0,30	133,54	1,65	561,4	2725,5
0,35	138,38	1,907	584,3	2732,5
0,40	143,62	2,163	604,7	2738,8
0,45	147,92	2,416	623,2	2743,8
0,50	151,35	2,668	640,1	2748,5
0,55	155,47	2,919	655,8	2752,7
0,60	158,34	3,169	670,4	2756,4
0,70	164,96	3,666	697,1	2762,9

Варианты исходных данных к заданию №1

(вариант уточнить у преподавателя)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{B1}, ^\circ\text{C}$	5	5	10	10	15	15	20	20	25	25
$t_{B2}, ^\circ\text{C}$	100	70	80	110	120	90	105	75	95	85
$t_{Г1}, ^\circ\text{C}$	490	480	470	460	500	440	430	420	410	400
$t_{Г2}, ^\circ\text{C}$	240	320	250	280	300	270	260	230	200	220
$V_B, \text{м}^3/\text{с}$	12	14	18	20	24	16	22	25	12	14
$F, \text{м}^2$	170	140	150	180	160	170	160	150	140	190
Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$t_{B1}, ^\circ\text{C}$	7	7	12	12	18	18	22	22	30	30
$t_{B2}, ^\circ\text{C}$	115	120	80	90	70	110	100	90	115	105
$t_{Г1}, ^\circ\text{C}$	450	510	460	480	440	490	480	450	490	470
$t_{Г2}, ^\circ\text{C}$	240	330	300	310	250	320	250	260	300	270
$V_B, \text{м}^3/\text{с}$	18	24	16	20	12	22	14	18	25	22
$F, \text{м}^2$	200	140	190	150	160	180	170	210	200	190

Варианты исходных данных к заданию №2

(вариант уточнить у преподавателя)

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_H, \text{МПа}$	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21
$m, \text{кг/с}$	0,3	0,4	0,1	0,5	0,6	0,7	0,2	0,45	0,55	0,65
$t_{M1}, ^\circ\text{C}$	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20
$t_{M2}, ^\circ\text{C}$	70	75	80	85	90	95	78	83	88	93
$k, \text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$	1100	1200	1300	1400	1500	1600	1700	1800	1900	2000

Вариант	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
$P_H, \text{МПа}$	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17	0,18	0,19	0,2	0,21
$m, \text{кг/с}$	0,25	0,35	0,15	0,2	0,4	0,5	0,3	0,25	0,7	0,65
$t_{M1}, ^\circ\text{C}$	25	30	10	5	15	20	25	30	5	10
$t_{M2}, ^\circ\text{C}$	87	90	85	73	80	70	75	93	78	80
$k, \text{Вт/м}^2\cdot\text{К}$	2100	2200	2300	1100	1700	1300	2000	2100	1500	1800