

**МДК.01.03. Управление обслуживанием холодильного оборудования
(по отраслям) и контроль за ним**

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 12

Тема: Морозильные аппараты, охлаждаемые жидкой углекислотой.

Цель работы: научиться производить расчет морозильного аппарата, охлаждаемого жидкой углекислотой.

Задание

Морозильный аппарат, охлаждаемый жидкой углекислотой, для замораживания полуфабрикатов (бифштексов) на стальной ленте имеет производительность $G' = 750 \text{ кг/ч} = 0,21 \text{ кг/с}$. Скорость движения газообразной углекислоты в аппарате $w = 10 \text{ м/с}$. Температура продукта: начальная $t_1 = 20^\circ\text{C}$, конечная $t_2 = -18^\circ\text{C}$.

При расчете морозильного аппарата требуется определить продолжительность замораживания продуктов, вместимость и габаритные размеры аппарата, тепловую нагрузку на аппарат, скорость движения конвейера и мощность электродвигателей вентиляторов.

Методические указания

Продолжительность замораживания полуфабрикатов определяют по формуле

$$\tau = \frac{q_3 \rho_{\text{п}}}{t_{\text{кр}} - t_{\text{с}}} \delta \left(R \frac{\delta}{\lambda_3} + P \frac{1}{\alpha} \right),$$

где q_3 — удельное количество теплоты, отводимой от 1 кг продукта при его замораживании от начальной температуры t_1 до конечной t_2 , Дж/кг; q_3 определяется по формуле $q_3 = i_1 - i_2$;

$\rho_{\text{п}}$ — плотность мороженого продукта, кг/м³ ($\rho_{\text{п}} = 1020 \text{ кг/м}^3$);

$t_{\text{кр}}$ — температура начала замерзания тканевых соков продукта, °C (для мяса $t_{\text{кр}} = -1^\circ\text{C}$);

$t_{\text{с}}$ — температура теплоотводящей среды, °C ($t_{\text{с}} = -65^\circ\text{C}$);

δ — толщина замораживаемых в аппарате продуктов, ($\delta = 20 \text{ мм}$);

R и P — вспомогательные коэффициенты, зависящие от формы и соотношения размеров замораживаемого продукта (для принятых размеров блока величина этих коэффициентов при $\beta_1 = l / \delta$ и $\beta_2 = b / \delta$ $P = 0,2941$ и $R = 0,0827$);

λ_3 — теплопроводность замороженного продукта, Вт/(м·К); для мяса $\lambda_3 = 1,47 \text{ Вт/(м·К)}$;

α — коэффициент теплоотдачи от поверхности плиты к хладагенту, $\alpha = 64,2 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Вместимость аппарата находят по формуле

$$G = G' \tau.$$

Площадь поверхности ленты конвейера

$$F_{\text{л}} = G / g_F,$$

где g_F — удельная массовая нагрузка продукта, отнесенная к 1 м² площади поверхности ленты конвейера, $g_F = 10 \text{ кг/м}^2$.

Теплопритоки в плиточный аппарат

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_4 + Q_4',$$

где Q_1, Q_2, Q_4, Q_4' — теплопритоки соответственно через ограждения аппарата, от замораживаемого продукта, от работы электродвигателей вентиляторов и через окна загрузки и выгрузки, Вт.

Теплопритоки через ограждения аппарата

$$Q_1 = \Sigma k_n F_n (t_n - t_c),$$

где k_n — коэффициент теплопередачи ограждения, $k_n = 0,2$ Вт/(м² К);

t_n — температура наружного воздуха, $t_n = 15^\circ\text{C}$;

F_n — площадь поверхности ограждения, м².

Площадь поверхности аппарата

$$F_n = 2(LB + LH + BH),$$

где L — длина аппарата, $L = 4000$ мм;

B — ширина аппарата, $B = 2200$ мм;

H — высота аппарата, $H = 1380$ мм.

Теплоприток от продукта при замораживании

$$Q_2 = G'q_{\text{пр}},$$

где $q_{\text{пр}}$ — удельное количество теплоты, отводимой от 1 кг продукта при замораживании, Дж/кг;

$q_{\text{пр}} = q_3$.

Теплоприток от работы электродвигателей вентиляторов Q_4 можно принять в размере 15% от Q_2 .

Дополнительный теплоприток через окна загрузки и выгрузки Q_4' можно принять в размере 40% от Q_1 .

Скорость движения конвейера

$$w_k = L_d / \tau,$$

где L_d — длина ленты конвейера, м.

В морозильном аппарате принята лента шириной $B_d = 1,2$ м и длиной $L_d = 9,24$ м.

Мощность электродвигателей вентиляторов

$$N_e = V_0 \Delta P / \eta_v,$$

где V_0 — объем циркулирующей газообразной углекислоты, $V_0 = 2,80$ м³/с;

ΔP — аэродинамическое сопротивление движению газообразной углекислоты в циркуляционном кольце аппарата, $\Delta P = 454,4$ Па;

η_v — КПД вентилятора, $\eta_v = 0,7$.

Литература

Сборник примеров расчетов и лабораторных работ по курсу «Холодильное технологическое оборудование». М.М. Голянд, Б.Н. Малеванный, М.З. Печатников, В.Т. Плотников. — М.: Легкая и

ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 12. Удельные энтальпии пищевых продуктов

Температура продукта, °С	Энтальпия i , кДж/кг															
	Мясо (говядина), птица	Баранина	Свинина	Субпродукты	Рыба		Яйца	Молоко	Масло сливочное	Простокваша, кефир	Сметана	Творог	Сыр	Мороженое сливочное	Виноград, абрикос, вишня	Фрукты и другие плоды
					тощая	жирная										
-20	0	0	0	0	0	0	-	0	0	-	-	0	-	0	0	0
-18	4,6	4,6	4,6	5,0	5,0	5,0	-	5,5	3,8	-	-	9,4	-	7,1	7,5	6,7
-15	13,0	12,6	12,2	13,8	14,3	14,3	-	14,3	10,1	-	-	26,8	-	19,7	20,6	17,2
-12	22,2	21,8	21,4	24,4	24,8	24,4	-	25,2	17,6	-	-	41,2	-	34,8	36,5	29,8
-10	30,2	29,8	28,9	33,2	33,6	32,7	-	32,7	23,6	-	-	53,2	-	46,9	49,8	38,5
-8	39,4	38,5	34,8	43,1	43,5	42,3	-	42,3	29,3	-	-	63,7	1,3	62,4	66,5	51,0
-5	57,3	55,6	54,4	62,8	64,0	62,5	-	62,8	40,6	-	-	85,9	5,5	105,3	116,0	82,9
-3	75,3	77,0	73,3	87,9	88,4	85,5	227,4	88,7	50,5	-	-	103	11,3	178,8	202,2	139,0
-2	98,8	95,8	91,6	109,6	111,6	106,2	230,2	111,2	60,4	-	-	-	14,3	221,0	229,0	211,0
-1	185,5	179,5	170,0	204,0	212,2	199,8	133,8	184,2	91,6	-	-	193	16,7	224,4	232,6	267,9
0	232,2	224,0	211,8	261,0	265,8	249,0	237,0	317,8	95,0	0	0	300	19,7	227,4	235,8	271,1
1	235,5	227,0	214,7	264,5	269,5	252,8	240,0	322,3	98,0	3,8	3,8	302	22,2	230,8	239,5	274,7
2	238,2	230,0	217,8	268,3	272,9	256,0	243,3	326,8	101,4	8,0	5,9	206	25,2	234,0	242,9	279,0
4	245,5	236,3	224,0	274,3	280,0	262,6	249,8	334,4	106,5	13,9	13,0	313	31,0	240,9	250,2	286,7
8	248,2	249,0	235,8	289,2	293,9	277,0	262,4	350,7	121,4	31,4	29,3	327	42,3	254,4	264,5	302,0
10	264,5	255,0	241,7	269,0	301,0	283,0	268,7	358,5	129,8	39,4	36,8	334	47,7	264,0	271,8*	308,8
12	270,8	261,4	248,2	302,2	308,0	290,0	274,3	366,0	138,6	47,3	44,4	344	53,2	267,9	278,6	317,0
15	280,4	271,2	256,8	312,8	314,4	300,4	284,4	378,0	155,3	59,0	65,2	352	61,5	277,8	289,6	328,0
20	296,8	286,7	272,5	330,6	336,0	317,4	300,0	398,0	182,8	78,6	73,7	369	75,7	294,3	307,0	346,5
25	312,0	301,8	287,7	348,0	353,6	334,4	316,2	418,0	204,2	98,4	95,8	387	89,6	311,0	325,5	365,6
30	329,0	314,0	301,8	366,0	371,0	351,5	331,5	437,0	221,4	118,0	110,6	405	103,8	328,0	324,4	384,8
35	345,0	334,0	317,8	684,0	388,0	369,0	347,5	458,0	240,0	-	-	-	-	344,6	360,5	403,0
40	361,0	349,8	332,2	401,0	406,0	385,0	362,7	477,0	253,6	-	-	-	-	361,4	378,0	421,0

Оформить отчет о ПР №12, сделать скрин и прислать – vitaliy.buruyan@mail.ru