

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

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 11**

*Тема:* Плиточные морозильные аппараты.

*Цель работы:* научиться производить расчет плиточного морозильного аппарата.

*Задание*

Аппарат периодического действия с горизонтальным расположением плит для замораживания мяса в блоках, уложенных в противни, имеет производительность  $G' = 500$  кг/ч = 0,14 кг/с. Температура продукта: начальная  $t_1 = 15^\circ\text{C}$ , конечная  $t_2 = -20^\circ\text{C}$ .

При расчете плиточного морозильного аппарата требуется определить объем и массу замораживаемого блока, количество теплоты, отводимой от блока, продолжительность замораживания блока, геометрические размеры и количество морозильных плит, тепловую нагрузку на аппарат и мощность электродвигателя циркуляционного аммиачного насоса.

*Методические указания*

Объем замораживаемого блока мяса  $v_1$ , ( $\text{м}^3$ )

$$v_1 = l b \delta,$$

где  $l, b, \delta$  — длина ( $l = 800$  мм), ширина ( $b = 250$  мм) и толщина блока ( $\delta = 60$  мм).

Масса замораживаемого блока мяса  $g_{\text{бл}}$ , (кг)

$$g_{\text{бл}} = v_1 \rho_{\text{п}},$$

где  $\rho_{\text{п}}$  — плотность мороженого мяса,  $\text{кг}/\text{м}^3$  ( $\rho_{\text{п}} = 1070$   $\text{кг}/\text{м}^3$ ).

Количество теплоты, отводимой от блока  $Q_{\text{бл}}$ , (Дж)

$$Q_{\text{бл}} = g_{\text{бл}} n_{\text{бл}} (i_1 - i_2),$$

где  $n_{\text{бл}}$  — количество размещаемых на одной морозильной плите блоков, ( $n_{\text{бл}} = 6$ ).

Продолжительность замораживания блока мяса 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 мяса,  $\text{кг}/\text{м}^3$  ( $\rho_{\text{п}} = 1070$   $\text{кг}/\text{м}^3$ );

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

$t_{\text{с}}$  — температура теплоотводящей среды,  $^\circ\text{C}$  ( $t_{\text{с}} = -40^\circ\text{C}$ );

$R$  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  $\beta_2 = b / \delta$   $P = 1,0$  и  $R = 0,25$ );

$\lambda_3$  — теплопроводность замороженного продукта,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ; для мяса  $\lambda_3 = 1,14$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

$\alpha$  — коэффициент теплоотдачи от поверхности плиты к хладагенту,  $\alpha = 417 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Так как между блоком замораживаемого продукта и площадью поверхности противня могут находиться воздушные прослойки, которые увеличивают термическое сопротивление теплопередаче и удлиняют продолжительность замораживания, действительную продолжительность замораживания блока  $\tau_d$  определяют по формуле

$$\tau_d = \tau / \varphi',$$

где  $\varphi'$  — коэффициент, учитывающий неплотный тепловой контакт ( $\varphi' = 0,85$ ).

Продолжительность цикла замораживания блока находят из зависимости

$$\tau_{\text{ц}} = \tau + \tau_{3,в},$$

где  $\tau_{3,в}$  — продолжительность загрузки и выгрузки блока, ч; принимаем  $\tau_{3,в} = 789 \text{ с}$ .

Число циклов работы аппарата

$$n_{\text{ц}} = \tau_p / \tau_{\text{ц}},$$

где  $\tau_p$  — продолжительность работы аппарата, с.

Принимаем, что аппарат работает в две смены, т.е.  $\tau_p = 16 \text{ ч}$  в сутки.

Геометрические размеры морозильных плит определяют следующим образом.

Длина морозильной плиты

$$l_{\text{пл}} = (b_{\text{бл}} n_{\text{бл}}) + 5l_1 + 2l_2,$$

где  $b_{\text{бл}}$  — ширина блока, м ( $b_{\text{бл}} = 0,25 \text{ м}$ );

$n_{\text{бл}}$  — число блоков, расположенных на одной морозильной плите, ( $n_{\text{бл}} = 6$ );

$l_1, l_2$  — расстояние соответственно между блоками, расположенными на морозильной плите ( $l_1 = 0,03 \text{ м}$ ), и от блока до края морозильной плиты ( $l_2 = 0,05 \text{ м}$ ).

Ширина морозильной плиты

$$b_{\text{пл}} = l_{\text{бл}} + 2l_2,$$

где  $l_{\text{бл}}$  — длина блока, м ( $l_{\text{бл}} = 0,8 \text{ м}$ ).

Количество морозильных плит в аппарате  $Z_{\text{пл}}$

$$Z_{\text{пл}} = \frac{G' \tau_p}{g_{\text{бл}} n_{\text{ц}} n_{\text{бл}}}.$$

Принимать следует ближайшее четное количество морозильных плит.

Теплопритоки в плиточный аппарат

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

где  $Q_1, Q_2, Q_2', Q_2''$  — теплопритоки соответственно через ограждения аппарата, от замораживаемого продукта, от металла плит при их охлаждении, а также от металла противней при их охлаждении, Вт.

### Теплопритоки через ограждения аппарата

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

где  $k_n$  — коэффициент теплопередачи ограждения,  $k_n = 0,46$  Вт/(м<sup>2</sup> К);  
 $t_n$  — температура наружного воздуха,  $t_n = 12^\circ\text{C}$ ;  
 $F_n$  — площадь поверхности ограждения, м<sup>2</sup>.

### Площадь поверхности аппарата

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

где  $L$  — длина аппарата,  $L = 2550$  мм;  
 $B$  — ширина аппарата,  $B = 1390$  мм;  
 $H$  — высота аппарата,  $H = 2200$  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 металла плит при их охлаждении

$$Q_2' = G_{\text{пл}} c_{\text{пл}} Z_{\text{пл}} (t_{\text{пл}} - t_0) / \tau_{\text{ц}},$$

где  $G_{\text{пл}}$  — масса одной плиты, кг; ( $G_{\text{пл}} = 42$  кг);  
 $c_{\text{пл}}$  — удельная теплоемкость алюминиевого сплава, из которого изготовлены плиты, Дж/(кг·К);  
 $c_{\text{пл}} = 880$  Дж/(кг·К);  
 $t_{\text{пл}}$  — температура плиты перед охлаждением, °С;  $t_{\text{пл}} = -30^\circ\text{C}$ ;  
 $t_0$  — температура кипения хладагента, °С;  $t_0 = -40^\circ\text{C}$ .

### Теплоприток от металла противней

$$Q_2'' = G_{\text{пр}} c_{\text{пр}} Z_{\text{пр}} (t_{\text{бл}} - t_0) / \tau_{\text{ц}},$$

где  $G_{\text{пр}}$  — масса одной противни с крышкой, кг; ( $G_{\text{пр}} = 2$  кг);  
 $c_{\text{пр}}$  — удельная теплоемкость алюминиевого сплава, из которого изготовлены противни, Дж/(кг·К);  $c_{\text{пр}} = 880$  Дж/(кг·К);  
 $t_{\text{пр}}$  — температура металла противней после оттаивания блока, °С;  $t_{\text{пр}} = 12^\circ\text{C}$ .

### Количество противней в аппарате

$$Z_{\text{пр}} = (Z_{\text{пл}} - 1)n_{\text{бл}}.$$

### Мощность электродвигателя циркуляционного аммиачного насоса

$$N_e = V_a \Delta P / \eta_n,$$

где  $V_a$  — объем циркулирующего жидкого хладагента,  $V_a = 1,0222 \cdot 10^{-3}$  м<sup>3</sup>/с;  
 $\Delta P$  — гидравлическое сопротивление в подводящих трубопроводах,  $\Delta P = 63442$  Па;  
 $\eta_n$  — КПД насоса,  $\eta_n = 0,42$ .

Оформить отчет о ПР № 5, сделать скрин и прислать – [vitaliy.buruyan@mail.ru](mailto:vitaliy.buruyan@mail.ru)