13.12.2022 гр. XKM 2/1

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

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 4

*Тема*: Тепловой расчет процесса замораживания.

Цель работы: изучить методику теплового расчёта процесса замораживания.

## Задание

Используя данные своего варианта, определить продолжительность замораживания и количество теплоты, отводимой при замораживании продукта.

Таблица 3. Данные для выполнения работы

Nº	Вид термообработки и	Масса продукта	Температура, °С			
варианта	наименование продукта	$M_{np}$ , T	начальная	конечная		
1	Замораживание рыбы	10	8	-15		
2	Замораживание говядины	20	27	-18		
3	Замораживание свинины	10	35	-18		
4	Замораживание птицы	8	12	-15		
5	Замораживание субпродуктов	13	19	-20		
6	Замораживание творога	6	8	-12		
7	Замораживание масла сливочного	3	4	-10		
8	Замораживание яблок	5	22	-15		
9	Замораживание абрикос	4	25	-12		
10	Замораживание вишни	5	18	-12		

## Методические указания

В задачу расчета входит определение продолжительности замораживания пищевых продуктов и расхода холода на замораживание.

В холодильной технологии наиболее широко используется формула Планка. Как фундаментальная эта формула включена в рекомендации Международного института холода:

$$\tau_{o\delta p} = \frac{q_3 \cdot \rho \cdot \delta}{3.6 \cdot (t_{\kappa p} - t_c)} \cdot \left(\frac{R \cdot \delta}{\lambda_{M}} + \frac{P}{\alpha}\right)$$

где  $q_3$  - удельная теплота, отводимая от продукта при замораживании, кДж/кг;

$$q_3 = i_H - i_{CK}$$

 $i_{\scriptscriptstyle H}$  ,  $i_{\scriptscriptstyle C.\kappa}$  — энтальпии продуктов при начальной и средней конечной температурах, кДж/кг;

 $\rho$  - плотность замороженного продукта, кг/м<sup>2</sup>;

 $\delta$  - толщина замораживаемого продукта, м;

 $t_{\kappa p}$  - начальная криоскопическая температура продукта, °C;

 $t_c$  - температура теплоотводящей среды, °C;

 $\lambda_{M}$  - коэффициент теплопроводности замороженного продукта, Bт/(м·K);

 $\alpha$  - коэффициент теплоотдачи; принимается в пределах 8 ÷ 15 Bt/(м<sup>2</sup>·K);

R, P - вспомогательные коэффициенты, зависящие от соотношения размеров продукта

и направления тепловых потоков.

Количество теплоты  $Q(\kappa B\tau)$ , отводимой от продуктов при замораживании:

$$Q = 1.3M_{np}\Delta i \frac{10^3}{\tau_{o\delta p} \cdot 3600}$$

где  $M_{np}$  - масса продукта, т;

 $\Delta i$  – разность удельных энтальпий продукта до и после обработки, кДж/кг;

 $au_{\mathit{ofp}}$  - продолжительность холодильной обработки, ч.

1,3 – коэффициент, учитывающий неравномерность тепловой нагрузки;

10<sup>3</sup>, 3600 – переводные коэффициенты.

Приложения

Таблица 1. Температура охлаждающей среды  $t_c$ , °C

Вид термообработки и наименование продукта	$t_c, {^{\circ}\mathrm{C}}$
Замораживание говядины	-35°C
Замораживание свинины	-30°C
Замораживание птицы	-32°C
Замораживание субпродуктов	-25°C
Замораживание рыбы	-20°C
Замораживание творога	-19°C
Замораживание масла сливочного	-12°C
Замораживание яблок, абрикос, вишни	-20°C

Таблица 2. Начальная криоскопическая температура  $t_{\kappa p}$ , °C

Наименование продукта	Массовая доля воды, %	$t_{\kappa p}, {}^{\circ}\mathrm{C}$		
Говядина	70	-2		
Свинина	47	-2		
Птица	74	-2		
Рыба	78	-2,2		
Меланж, яйца	74	-0,5		
Масло сливочное, творог	65	-0,55		
Фрукты, ягоды	82	-0,5		

Таблица 3. Толщина замораживания продукта  $\delta$  (м); коэффициенты P и R

Наименование продукта	Значение $\delta$ , $P$ и $R$					
	δ	P	R			
	δ					
Мясо, птица	0,2	1	0,25			
Творог, масло сливочное	0,01	0,25	0,06			
Меланж	0,01	0,25	0,06			
Фрукты, ягоды	0,03	0,3	0,08			
Рыба	0,15	0,5	0,125			

Таблица 4. Плотность продукта  $\rho$ ,  $\kappa г/м^3$ 

Наименование продукта	Плотность	ь продукта $ ho$ , кг/м $^3$		
	свежего Свежего	замороженного		
Мясо: жирное	920	900		
постное	1000	960		

Масло сливочное, творог	1026,8	920		
Рыба	1000	950		
Фрукты, овощи	9196	700		
Меланж	720	700		
Птица	1030	1000		

Таблица 5. Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К)

	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К)							
Наименование продукта	свежего Свежего	замороженного						
Говядина	0,450	1,35						
Свинина	0,488	1,11						
Рыба	0,535	1,20						
Птица	0,409	1,23						
Молочные продукты	0,495	1,02						
Фрукты	0,460	1,00						

Таблица 6. Удельные энтальпии пищевых продуктов

	Энтальпия і, кДж/кг															
Те мп ера тур а про дук та, °C	0 (гов яди		ни нин	С у б	Ры	Рыба			M ac	П р ос т о				М ор ож	Ви ног рад,	Ф ру кт ы
				ви р	тощ ая	жир ная	Яй ца	М ол ок о	ло сл ив оч но е	в а ш а, к е ф и	С ме та на	Тв ор ог	С ы р	ен ое сл ив оч но е	абр ико с, ви шн я	и др уг ие пл од ы
-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	- 227.4	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
8	245,5	236,3 249,0	224,0 235,8	274,3 289,2	280,0 293,9	262,6	249,8	334,4 350,7	106,5	13,9 31,4	13,0 29,3	313	31,0	240,9	250,2	286,7
10	248,2 264,5	249,0	235,8	269,2	301,0	277,0 283,0	262,4 268,7	350,7	121,4 129,8	39,4	36,8	327	42,3 47,7	254,4 264,0	264,5 271,8*	302,0 308,8
12	264,5	255,0	241,7	302,2	301,0		274,3	366,0	129,8		36,8 44,4	334	53,2			308,8
15	270,8	261,4	248,2	302,2		290,0	284,4	366,0	155,3	47,3 59,0	65,2	344	61,5	267,9	278,6 289,6	317,0
20					314,4 336,0	300,4	300,0		182,8			352 369		277,8 294,3	307,0	
	296,8	286,7	272,5	330,6		317,4		398,0		78,6	73,7	369	75,7			346,5 365,6
30	312,0	301,8	287,7 301,8	348,0	353,6	334,4	316,2 331,5	418,0	204,2	98,4	95,8		89,6 103,8	311,0	325,5 324,4	384,8
35	329,0 345,0	314,0	301,8	366,0 684,0	371,0 388,0	351,5 369,0	347,5	457,0	240.0	118,0	110,6	405		344,6	360,5	403,0
40	345,0	349.8	332,2	401.0	406.0	385,0	362,7	458,0	253,6	-	-	-	-	361,4	378,0	403,0
40	301,0	347,8	332,2	401,0	400,0	303,0	302,7	4//,0	233,0	_	_	-	-	301,4	3/0,0	421,0

Оформить отчет о ПР №4, сделать скрин и прислать – vitaliy.buruyan@mail.ru