

**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

№ варианта	Вид термообработки и наименование продукта	Масса продукта $M_{пр}$, т	Температура, °С	
			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:

$$\tau_{обр} = \frac{q_3 \cdot \rho \cdot \delta}{3,6 \cdot (t_{кр} - t_c)} \cdot \left(\frac{R \cdot \delta}{\lambda_m} + \frac{P}{\alpha} \right),$$

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

$$q_3 = i_n - i_{с.к},$$

i_n , $i_{с.к}$ – энтальпии продуктов при начальной и средней конечной температурах, кДж/кг;

ρ - плотность замороженного продукта, кг/м³;

δ - толщина замораживаемого продукта, м;

$t_{кр}$ - начальная криоскопическая температура продукта, °С;

t_c - температура теплоотводящей среды, °С;

λ_m - коэффициент теплопроводности замороженного продукта, Вт/(м·К);

α - коэффициент теплоотдачи; принимается в пределах 8 ÷ 15 Вт/(м²·К);

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

и направления тепловых потоков.

Количество теплоты Q (кВт), отводимой от продуктов при замораживании:

$$Q = 1,3M_{np}\Delta i \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600},$$

где M_{np} - масса продукта, т;

Δi – разность удельных энтальпий продукта до и после обработки, кДж/кг;

$\tau_{обр}$ - продолжительность холодильной обработки, ч.

1,3 – коэффициент, учитывающий неравномерность тепловой нагрузки;

10^3 , 3600 – переводные коэффициенты.

Приложения

Таблица 1. Температура охлаждающей среды t_c , °C

Вид термообработки и наименование продукта	t_c , °C °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 $t_{кр}$, °C

Наименование продукта	Массовая доля воды, %	$t_{кр}$, °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 δ (м); коэффициенты P и R

Наименование продукта	Значение δ , P и R		
	δ δ	P	R
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 ρ , кг/м³

Наименование продукта	Плотность продукта ρ , 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)

Наименование продукта	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	
	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

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 №4, сделать скрин и прислать – vitaliy.buruyan@mail.ru