

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ СЕВЕРНОГО**  
**ЗАУРАЛЬЯ**

***МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ***

*Кафедра «Технические системы в АПК»*

# **ХОЛОДИЛЬНОЕ И ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

**Методические указания к контрольной работе**

для направления подготовки 110800 «Агроинженерия»  
профиль 2 «Электрооборудование и электротехнологии АПК»

Тюмень 2014

Методические указания подготовил  
к.т.н., доцент Паульс В.Ю.

# 1. РАСЧЕТ ТОЛЩИНЫ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО СЛОЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ

Определить действительную толщину теплоизоляции и действительный коэффициент теплопередачи наружной стены холодильника.

## 1.1. Исходные данные

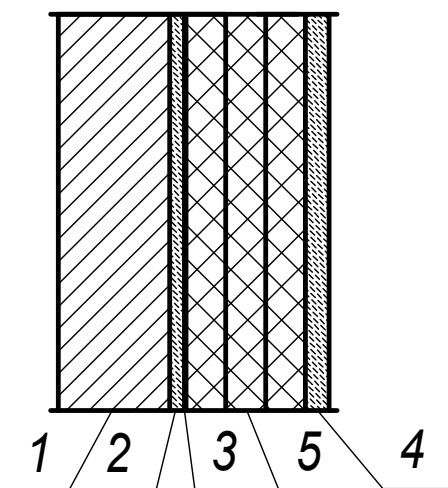
Холодильник расположен в средней зоне. Стена изолирована теплоизоляцией, выполненной в виде стандартных плит толщиной 50 мм. Железобетонная стена – ЖБ, кирпичная стена – К.

### Исходные данные для расчета

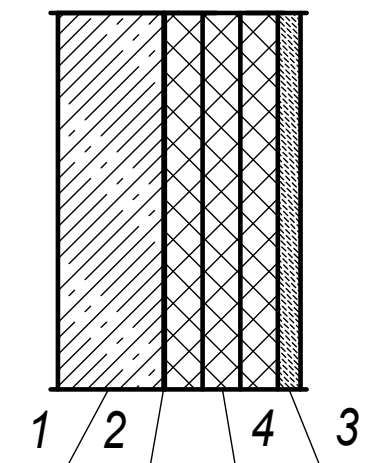
| Показатель               | Предпоследняя цифра зачетной книжки |           |           |           |     |      |      |     |      |      |
|--------------------------|-------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----|------|------|-----|------|------|
|                          | 0                                   | 1         | 2         | 3         | 4   | 5    | 6    | 7   | 8    | 9    |
| Температура в камере, °С | - 18                                | - 4       | - 18      | - 30      | - 4 | - 15 | - 30 | - 4 | - 15 | - 30 |
| Стена                    | ЖБ                                  | К         | К         | К         | К   | К    | ЖБ   | ЖБ  | ЖБ   | ЖБ   |
| Теплоизоляция            | МП                                  | ПС-<br>БС | ПС-<br>БС | ПС-<br>БС | ПХВ | ПХВ  | ПХВ  | ПХВ | МП   | МП   |

### Исходные данные для расчета

| Толщина слоев<br>стены, мм                       | Последняя цифра зачетной книжки |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|  | 0                               | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    |
| - кирпичной<br>кладки или<br>ж/бетонной<br>стены | 250                             | 250  | 380  | 120  | 250  | 380  | 120  | 250  | 380  | 120  |
| - цементной<br>затирки                           | 1,3                             | 1,0  | 0,8  | 1,5  | 1,2  | 1,6  | 0,9  | 1,0  | 1,5  | 1,4  |
| - штукатурки                                     | 14,0                            | 15,0 | 20,0 | 25,0 | 14,0 | 20,0 | 18,0 | 16,0 | 20,0 | 18,0 |
| - пароизоляции                                   | 3,8                             | 2,5  | 3,0  | 3,5  | 4,0  | 3,4  | 3,0  | 2,5  | 4,0  | 3,6  |



**Рис. 1.1. Конструкция кирпичной стены:**  
 1 - кирпичная кладка; 2 - цементная затирка; 3 - пароизоляция (битум); 4 - штукатурка; 5 - теплоизоляция.



**Рис. 1.2. Конструкция железобетонной стены:**  
 1 - железобетонная плита; 2 - пароизоляция (битум); 3 - штукатурка; 4 – теплоизоляция.

### 1.2. Методика расчета

Расчетная толщина теплоизоляционного слоя, м:

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \left[ \frac{1}{K} - \left( \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}} \right) \right],$$

где  $K$  – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·К), определяется по таблице 1;  
 $\delta_1, \delta_n$  - толщина слоев строительных материалов, входящих в состав ограждения, м;  
 $\lambda_1, \lambda_n$  - коэффициенты теплопроводности строительных материалов, входящих в состав ограждения, Вт/(м·К), определяется по таблице 2;  
 $\lambda_{\text{из}}$  - коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/(м·К), (см. таблицу 2);  
 $\alpha_{\text{н}}, \alpha_{\text{вн}}$  - коэффициенты теплоотдачи с наружной и внутренней стороны стены, Вт/(м<sup>2</sup>·К), ( $\alpha_{\text{н}} = 25, \alpha_{\text{вн}} = 8$ ).

Полученную расчетную толщину  $\delta_{\text{из}}$  теплоизоляционного слоя следует округлить до величины, кратной толщине стандартной плиты (50 мм). Округление производят в сторону увеличения. Например, расчетная толщина теплоизоляции равна 0,133 м, тогда действительная толщина  $\delta_{\text{из}}^{\text{д}}$  после округления составит 0,150 м, т.е. три стандартных плиты по 50 мм. Округление допускается в сторону незначительного уменьшения.

После того, как была скорректирована толщина теплоизоляции необходимо пересчитать коэффициент теплопередачи  $K_{\text{д}}$ , значение которого будет являться действительным.

$$K_{\text{д}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{\text{из}}^{\text{д}}}{\lambda_{\text{из}}} + \dots + \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_{\text{вн}}}}$$

## 2. РАСЧЕТ ТЕПЛОПРИТОКОВ В ОХЛАЖДАЕМЫЕ ПОМЕЩЕНИЯ

Определить теплопритоки, проникающие в камеру одноэтажного холодильника.

### 2.1. Исходные данные:

Наружные и внутренние стены холодильника (рис.2.1) выполнены из кирпича. Кровля плоская, покрытая толем. Высота стен 6 м.

В камере №2 (с отрицательной температурой) пол имеет систему каналов для воздушного обогрева грунта с целью защиты его от промерзания и вспучивания. В камерах работает  $n$  человек и установлен транспортер с электродвигателем мощностью  $N$  кВт.

Коэффициенты теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К):

- кровли ..... 0,22;
- наружных стен ..... 0,25;
- внутренней стены ..... 0,56;
- перегородки между камерами 1 и 2 ..... 0,58;
- пола ..... 0,35.

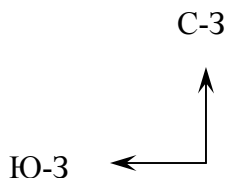
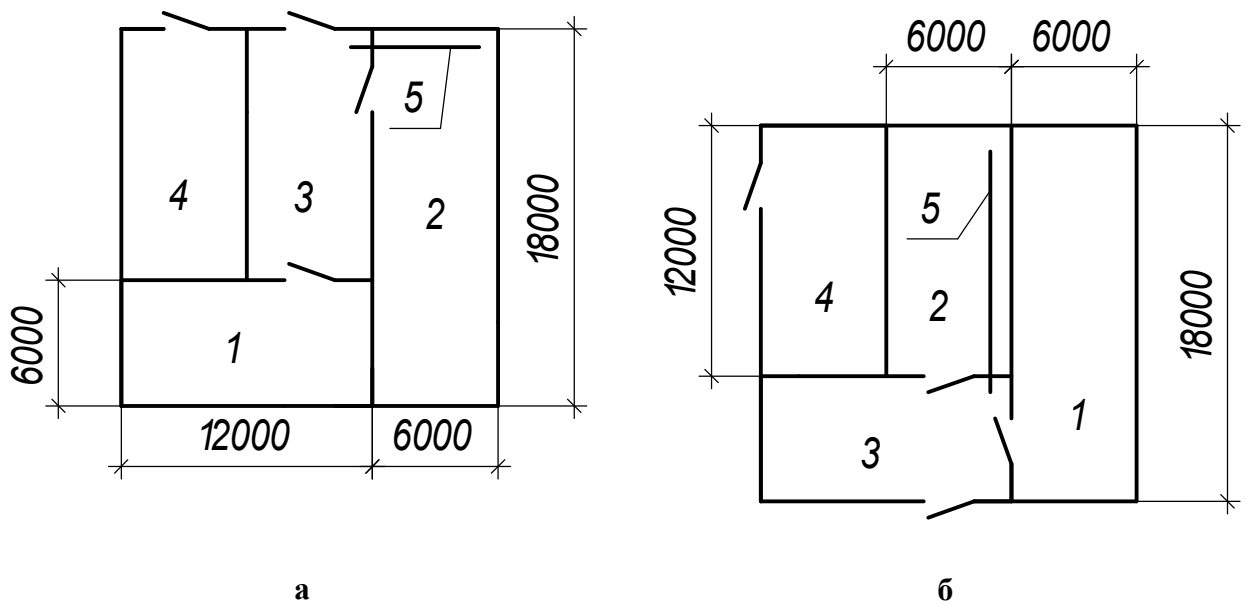
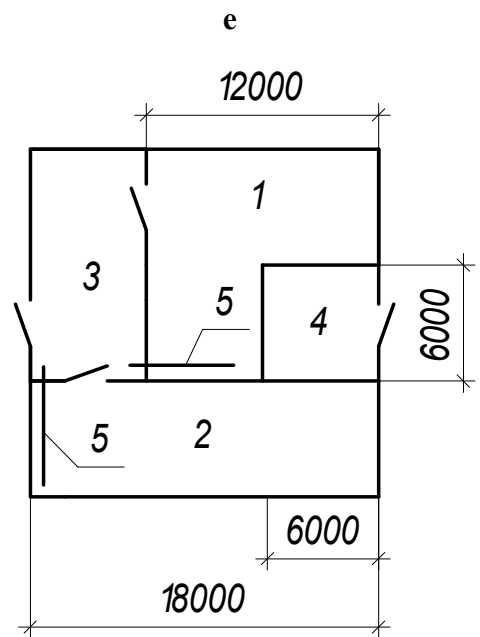
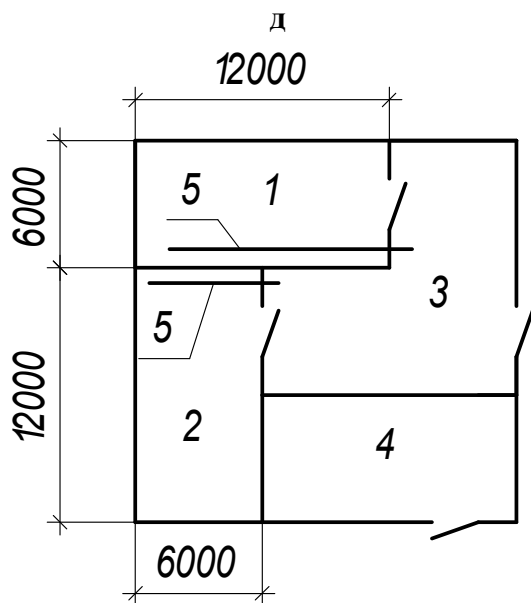
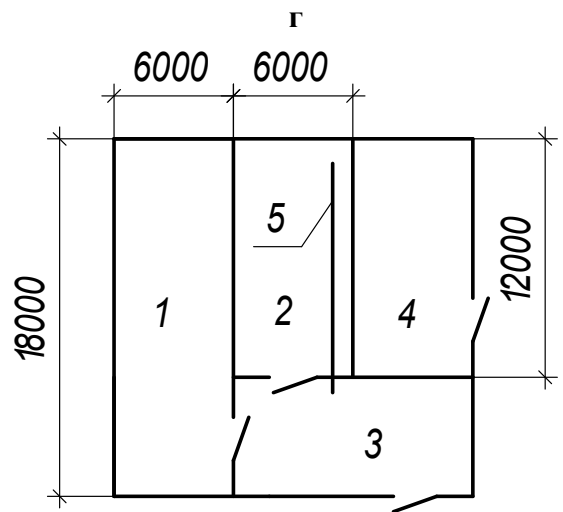
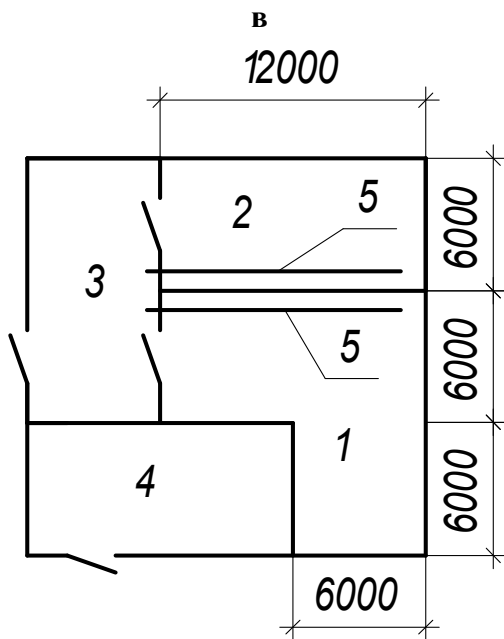
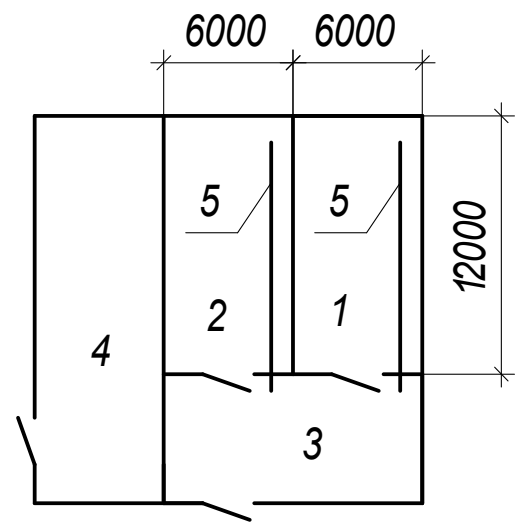
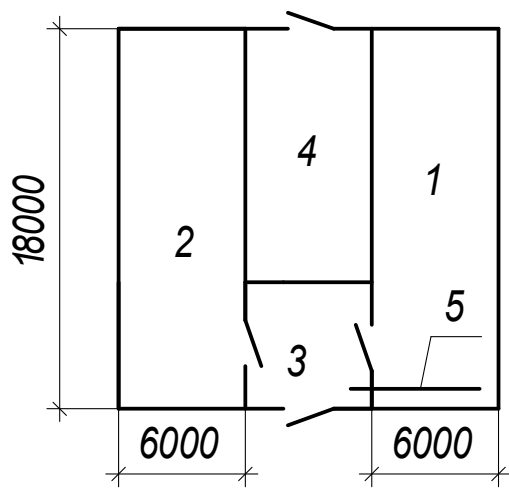


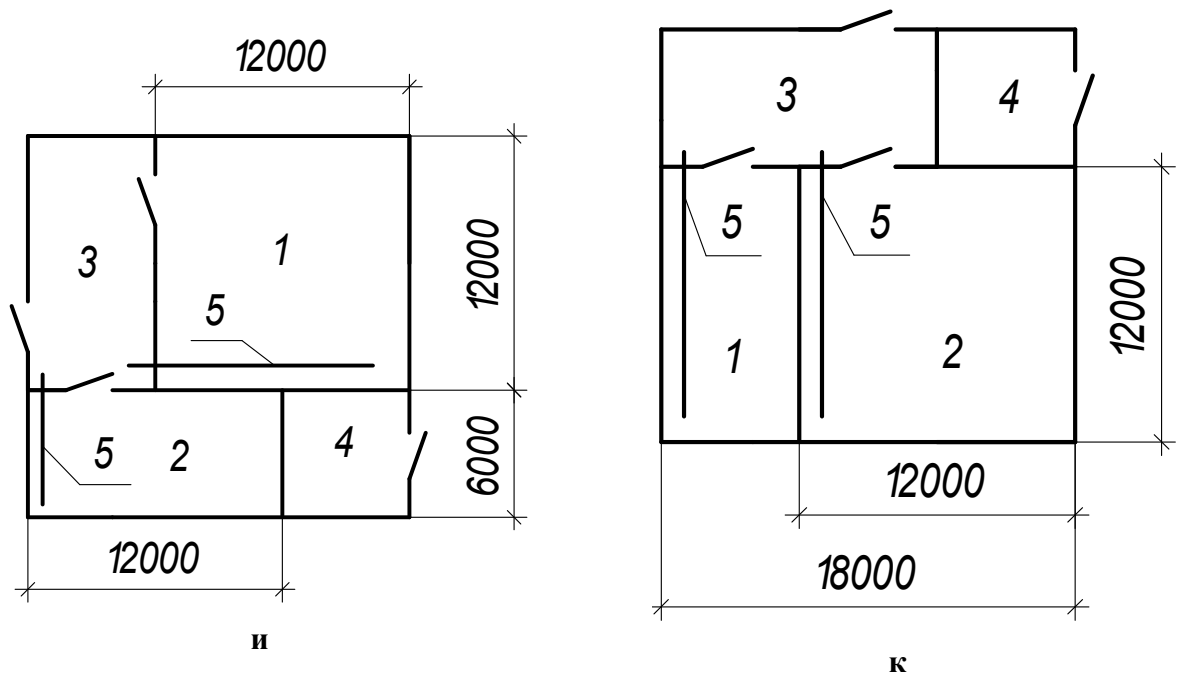
Рис. 2.1. План расположения холодильника

1. Камера №1; 2.Камера №2; 3. Тамбур; 4. Машинное отделение; 5. Транспортер

Камера № 1 для охлаждения продуктов, камера № 2 для замораживания продуктов.



Продолжение рис. 2.1. План расположения холодильника



Продолжение рис. 2.1. План расположения холодильника

Вариантные данные

| Наименование                 | Последняя цифра зачетной книжки |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|                              | 0                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| План холодильника (рис. 2.1) | а                               | б | в | г | д | е | ж | з | и | к |

Исходные данные для расчета

| Показатель                         | Предпоследняя цифра зачетной книжки |          |             |         |          |             |      |              |           |      |
|------------------------------------|-------------------------------------|----------|-------------|---------|----------|-------------|------|--------------|-----------|------|
|                                    | 0                                   | 1        | 2           | 3       | 4        | 5           | 6    | 7            | 8         | 9    |
| Температура в камере 1, °С         | 3                                   | 0        | 2           | 0       | 3        | 0           | 2    | 0            | 1         | 0    |
| Температура в камере 2, °С         | -27                                 | -30      | -25         | -26     | -15      | -28         | -25  | -30          | -18       | -25  |
| Число людей $n$ , в камере         | 1                                   | 1        | 2           | 1       | 2        | 2           | 1    | 1            | 2         | 2    |
| Мощность электродвигателя, N (кВт) | 1,1                                 | 1,5      | 2,2         | 3,0     | 4,0      | 5,5         | 7,5  | 2,2          | 3,0       | 4,0  |
| Город                              | Якутск                              | Улан-Удэ | Владивосток | Иркутск | Кемерово | Новосибирск | Омск | Екатеринбург | Хабаровск | Чита |

### Исходные данные для камеры № 1

| Показатель                | Последняя цифра зачетной книжки |        |         |        |        |        |                   |        |                    |        |
|---------------------------|---------------------------------|--------|---------|--------|--------|--------|-------------------|--------|--------------------|--------|
|                           | 0                               | 1      | 2       | 3      | 4      | 5      | 6                 | 7      | 8                  | 9      |
| Количество, кг            | 3500                            | 3650   | 4700    | 4500   | 5000   | 5400   | 3800              | 5500   | 5640               | 4000   |
| Температура начальная, °С | 8                               | 12     | 10      | 20     | 10     | 15     | 20                | 20     | 12                 | 20     |
| Температура конечная, °С  | 4                               | 8      | 1       | 4      | 2      | 0      | 4                 | 2      | 0                  | 4      |
| Влажность воздуха, %      | 85                              | 85     | 85      | 80     | 80     | 90     | 80                | 90     | 85                 | 90     |
| Продукт                   | молоко<br>цельное               | кефир  | сметана | творог | сыр    | птица  | масло<br>топленое | яблоки | яйца в<br>скорлупе | вишня  |
| Тара                      | стекло                          | стекло | металл  | металл | дерево | картон | металл            | дерево | картон             | дерево |

### Исходные данные для камеры № 2

| Показатель                | Последняя цифра зачетной книжки |          |         |                       |                        |                       |                    |                    |             |             |
|---------------------------|---------------------------------|----------|---------|-----------------------|------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|-------------|-------------|
|                           | 0                               | 1        | 2       | 3                     | 4                      | 5                     | 6                  | 7                  | 8           | 9           |
| Количество, кг            | 2000                            | 1200     | 1500    | 2500                  | 1300                   | 1000                  | 1800               | 2300               | 1600        | 2100        |
| Температура начальная, °С | 35                              | 30       | 25      | 30                    | 8                      | 4                     | 35                 | 5                  | 12          | 15          |
| Температура конечная, °С  | -20                             | -18      | -15     | -12                   | -18                    | -20                   | -20                | -18                | -8          | -5          |
| Влажность воздуха, %      | 90                              | 90       | 90      | 95                    | 80                     | 80                    | 90                 | 80                 | 90          | 95          |
| Продукт                   | мясо говьяжье                   | баранина | свинина | субпродукты<br>мясные | мороженое<br>сливочное | мороженое<br>молочное | мясо<br>бескостное | масло<br>сливочное | рыба жирная | рыбное филе |
| Тара                      | металл                          | металл   | металл  | металл                | картон                 | картон                | металл             | картон             | дерево      | дерево      |



## 2.2. Методика расчета:

### 1. Определение расчетной температуры наружного воздуха

$$t_n = 0,4 \cdot t_{ам} + 0,6 \cdot t_{см},$$

где  $t_n$  - температура наружного воздуха, °С;  
 $t_{ам}$  - температура абсолютного максимума, (таблица 3), °С;  
 $t_{см}$  - средняя температура в 13 час. наиболее жаркого месяца, (таблица 3), °С.

### 2. Определение теплопритоков через ограждения

Теплопритоки (Вт) через ограждения проникают в камеру холодильника вследствие разности температур снаружи и внутри камеры и в результате солнечной радиации

$$Q_1 = \Sigma Q_{1т} + \Sigma Q_{1с},$$

где  $\Sigma Q_{1т}$  - сумма теплопритоков через ограждения вследствие разности температур, Вт;  
 $\Sigma Q_{1с}$  - сумма теплопритоков через ограждения, подвергнутые действию солнечных лучей, Вт.

Теплопритоки  $\Sigma Q_{1т}$ , вызванные разностью температур, проникают вовнутрь через каждое из шести ограждений камеры (кровлю, стены, пол).

Теплопритоки через кровлю

$$Q_{1т} = K \cdot F \cdot (t_n - t_k),$$

где  $K$  - коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  
 $F$  - поверхность ограждения, м<sup>2</sup> (см. рис.2.1);  
 $t_n$  - температура воздуха снаружи камеры, °С;  
 $t_k$  - температура воздуха в камере, °С.

По этой же формуле необходимо рассчитать теплопритоки через *наружные стены* и *перегородку* (если камеры смежные) между камерами № 1 и № 2.

Теплопритоки через внутренние стены.

В тех случаях, когда температура в соседних помещениях неизвестна, перепад температур принимают в размере 70 % от расчетной разности температур для наружных стен, т.е. от  $(t_n - t_k)$ .

$$Q_{1т} = 0,7 \cdot K \cdot F \cdot (t_n - t_k),$$

где  $K$  - коэффициент теплопередачи внутренней стены, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  
 $F$  - поверхность внутренней стены, м<sup>2</sup> (см. рис.2.1);  
 $t_n, t_k$  - температура воздуха снаружи и внутри камеры, °С.

Теплопритоки через *пол*, лежащий на грунте, для камер с нулевой и положительной температурой не определяют.

Теплопритоки через *пол*, имеющий систему обогрева грунта в виде воздушных каналов, определяют по следующей формуле

$$Q_{1T} = K \cdot F \cdot (z - t_k),$$

где  $K$  - коэффициент теплопередачи пола, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  
 $F$  - поверхность пола, м<sup>2</sup> (см. рис.2.1).

Теплопритоки  $\Sigma Q_{1c}$ , вызванные солнечной радиацией

Такие теплопритоки проникают через кровлю и наружные стены. При определении теплопритоков через стены, обычно учитывают только одну стену, которая подвергается наибольшему облучению солнцем. Такой, как правило, является стена, имеющая максимальную поверхность, или стена, наиболее невыгодно ориентированная по отношению к солнцу.

$$Q_{1c} = K \cdot F \cdot \Delta t_c,$$

где  $F$  - поверхность ограждения, подвергающаяся действию солнечных лучей, м<sup>2</sup>;  
 $\Delta t_c$  - избыточная разность температур, °С (определяется по таблице 4).

Тепловую нагрузку на компрессор  $Q_{1км}$  определяют как алгебраическую сумму теплопритоков, т.е.  $Q_{1км} = Q_1$ .

Тепловую нагрузку на камерное оборудование  $Q_{1об}$  определяют как сумму только положительных теплопритоков.

### 3. Определение теплопритоков от продуктов и тары

Теплопритоки (Вт) от продуктов и тары равны:

$$Q_2 = \Sigma Q_{2п} + \Sigma Q_{2т},$$

где  $\Sigma Q_{2п}$  - тепло, отводимое от продуктов при их охлаждении, Вт;  
 $\Sigma Q_{2т}$  - тепло, отводимое от тары, Вт.

Тепло (Вт), отводимое от одного вида *продукта*

$$Q_{2п} = G \cdot (i_n - i_k) / 86,4,$$

где  $G$  - количество охлаждаемого продукта, кг;  
 $i_n, i_k$  - энтальпия продукта до и после охлаждения, кДж/кг (см. таблицу 5).

Тепло (Вт), отводимое от одного вида *тары*

$$Q_{2т} = G_T \cdot C_T (t'_n - t'_k) / 86,4,$$

где  $G_T$  - масса тары, кг;  
 $C_T$  - теплоемкость тары, кДж/(кг К);

$t'_n, t'_k$  - температура продукта до и после охлаждения, кДж/кг.

Массу тары следует определять в процентном отношении от количества продуктов. Для стеклянной тары принимают 100 %, для металлической – 30 %, для картонной и деревянной – 10 %.

Теплоемкость, кДж/(кг К): стекла – 0,83, стали – 0,46, картона – 1,46, дерева – 2,5.

Тепловая нагрузка на компрессор  $Q_{2км} = Q_2$ .

Тепловая нагрузка на камерное оборудование  $Q_{2об} = 1,3 \cdot Q_2$ .

#### 4. Определение теплопритоков с наружным воздухом при вентиляции камер

Теплопритоки  $Q_3$  (Вт) при вентиляции определяют для камер с нулевой и положительной температурами

$$Q_3 = V \cdot \alpha \cdot \rho \cdot (i_n - i_k) / 86,4 ,$$

где  $V$  - объем вентилируемой камеры, м<sup>3</sup>;

$\alpha$  - кратность обмена воздуха в сутки,  $\alpha = 1$ ;

$i_n$  - энтальпия наружного воздуха, кДж/кг (таблица 6);

$\rho$  - плотность воздуха при температуре и относительной влажности воздуха в камере, кг/м<sup>3</sup>, (таблица 7);

$i_k$  - энтальпия воздуха камеры, кДж/кг (таблица 7).

Тепловая нагрузка на компрессор  $Q_{3км}$  и на камерное оборудование  $Q_{3об}$  учитывается полностью, т.е.  $Q_{3км} = Q_{3об} = Q_3$ .

#### 5. Определение эксплуатационных теплопритоков.

Эксплуатационные теплопритоки (Вт) возникают при освещении камер, от пребывания людей в камере, при работе электродвигателей, при открывании дверей в камере.

Теплопритоки (Вт) при освещении камер

$$q_1 = A \cdot F,$$

где  $A$  – количество тепла, выделяемого освещением на 1 м<sup>2</sup> пола камеры, Вт/м<sup>2</sup> ( $A = 4,5$ );

$F$  - площадь пола камеры, м<sup>2</sup>.

Теплопритоки (Вт) от пребывания людей

$$q_2 = 350 \cdot n,$$

где  $n$  – число людей, работающих в камере.

Теплопритоки (Вт) от работы электродвигателей

$$q_3 = 1000 \cdot N,$$

где  $N$  – мощность электродвигателей, кВт.

Теплопритоки (Вт) через открытые двери

$$q_4 = B \cdot F,$$

где  $B$  – теплопритоки на  $1 \text{ м}^2$  пола камеры, Вт/ $\text{м}^2$  (таблица 8).

Эксплуатационные теплопритоки

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

Тепловая нагрузка на компрессор  $Q_{4\text{км}} = 0,75 \cdot Q_4$

Тепловая нагрузка на камерное оборудование  $Q_{4\text{об}} = Q_4$

## 6. Определение теплопритоков от фруктов при «дыхании»

Количество тепла (Вт), выделяемого фруктами при «дыхании»

$$Q_5 = G \cdot (0,1 \cdot Q_{\text{п}} + 0,9 \cdot Q_{\text{хр}}) / 1000,$$

где  $Q_{\text{п}}$  – тепловыделение фруктов при температуре поступления, Вт/т (таблица 9);

$Q_{\text{хр}}$  – тепловыделение фруктов при температуре хранения, Вт/т.

Тепловая нагрузка на компрессор  $Q_{5\text{км}}$  и на камерное оборудование  $Q_{5\text{об}}$  учитывается полностью, т.е.  $Q_{5\text{км}} = Q_{5\text{об}} = Q_5$ .

Общая тепловая нагрузка на компрессор по камере

$$Q_{\text{км}} = Q_{1\text{км}} + Q_{2\text{км}} + Q_{3\text{км}} + Q_{4\text{км}} + Q_{5\text{км}}$$

Общая тепловая нагрузка на камерное оборудование

$$Q_{\text{об}} = Q_{1\text{об}} + Q_{2\text{об}} + Q_{3\text{об}} + Q_{4\text{об}} + Q_{5\text{об}}$$

## ПРИЛОЖЕНИЯ

Таблица 1

### Значения коэффициентов теплопередачи для наружных стен

| Зона строительства | Коэффициент теплопередачи $K$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К), при внутренней температуре камеры |             |             |             |
|--------------------|---|-------------|-------------|-------------|
|                    | - 40...- 30   | - 20...- 10 | - 4...0     | 4...12      |
| Северная зона      | 0,28  | 0,32 - 0,42 | 0,46 - 0,52 | 0,64 - 0,80 |
| Средняя зона       | 0,25  | 0,28 - 0,35 | 0,41 - 0,46 | 0,58 - 0,70 |
| Южная зона         | 0,21  | 0,23 - 0,29 | 0,35 - 0,41 | 0,46 - 0,58 |

Таблица 2

### Значения коэффициентов теплопроводности для материалов

| Материалы                        | Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , (Вт/м К) | Материалы                 | Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , (Вт/м К) |
|----------------------------------|---|---------------------------|---|
| <b>Строительные</b>              |   | <b>Теплоизоляционные</b>  |   |
| Бетон                            | 1,0 - 1,03  | Минераловатные плиты (МП) | 0,07 - 0,09                                       |
| Железобетон                      | 1,3 - 1,5   | Пенобетон                 | 0,15 - 0,17                                       |
| Кладка кирпичная                 | 0,7 - 1,0   | Шлак котельный            | 0,23 - 0,31                                       |
| Штукатурка цементная             | 0,9 - 1,0   | Шлак гранулированный      | 0,15 - 0,18                                       |
| <b>Паро- и гидроизоляционные</b> |   | Керамзитовый гравий       | 0,15 - 0,21                                       |
| Битум                            | 0,18 - 0,2  | Пенопласт ПХВ             | 0,05 - 0,058                                      |
| Гидроизол                        | 0,3 - 0,35  | Пенополистирол ПС-БС      | 0,04 - 0,05                                       |

Таблица 3

## Климатические данные для городов

| Города       | Температура воздуха, °С |  | Средняя влажность в 13 часов наиболее жаркого месяца |
|--------------|-------------------------|--|--|
|              | абсолютного максимума   | средняя в 13 часов наиболее жаркого месяца |  |
| Улан-Удэ     | 40                      | 23,7                                       | 50   |
| Владивосток  | 36                      | 23,6                                       | 79   |
| Иркутск      | 36                      | 22,7                                       | 58   |
| Кемерово     | 38                      | 21,8                                       | 56   |
| Новосибирск  | 38                      | 22,7                                       | 56   |
| Омск         | 40                      | 22,4                                       | 52   |
| Екатеринбург | 38                      | 20,7                                       | 54   |
| Хабаровск    | 40                      | 24,1                                       | 67   |
| Чита         | 41                      | 24,0                                       | 53   |
| Якутск       | 38                      | 23,0                                       | 44   |

Таблица 4

Значения избыточной разности температур  $\Delta t_c$  при ориентировке поверхности по частям света

| Поверхность                      | Ю                     |     | Ю-В  | Ю-З           | В    | З    | С-В  | С-З |     |
|----------------------------------|-----------------------|-----|------|---------------|------|------|------|-----|-----|
|                                  | Географические широты |     |      |               |      |      |      |     |     |
|                                  | 40°                   | 50° | 60°  | от 40° до 60° |      |      |      |     |     |
| <b>Стена</b>                     |                       |     |      |               |      |      |      |     |     |
| бетонная                         | 5,9                   | 8,0 | 9,8  | 8,8           | 10,0 | 9,8  | 11,7 | 5,1 | 5,6 |
| кирпичная                        | 6,6                   | 9,1 | 11,0 | 9,9           | 11,0 | 11,0 | 13,2 | 5,8 | 6,3 |
| <b>Плоские кровли, покрытые:</b> |                       |     |      |               |      |      |      |     |     |
| толем, асфальтом                 |                       |     | 18,5 |               |      |      |      |     |     |
| светлым рубероидом               |                       |     | 14,9 |               |      |      |      |     |     |
| темным рубероидом                |                       |     | 17,7 |               |      |      |      |     |     |

## Энтальпия продуктов

| Продукты            | Энтальпия (кДж/кг) при температуре продукта, °С |     |      |      |      |       |       |      |      |       |      |       |      |       |       |       |       |     |
|---------------------|---|-----|------|------|------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-----|
|                     | -20   | -18 | -15  | -12  | -8   | -5    | 0     | 1    | 2    | 4     | 8    | 10    | 12   | 15    | 20    | 25    | 30    | 35  |
| Мясо говяжье        | 0   | 4,6 | 13,0 | 22,2 | 39,4 | 57,3  | 232   | 236  | 238  | 246   | 248  | 265   | 271  | 280   | 297   | 312   | 329   | 345 |
| Мясо бескостное     | 0   | –   | 13,4 | –    | –    | 59,6  | 242,8 | –    | –    | –     | –    | 275,9 | –    | 292,7 | 309,4 | 315,7 | 342,5 | 359 |
| Баранина            | 0   | 4,6 | 12,6 | 21,8 | 38,5 | 55,6  | 224,0 | 227  | 230  | 263,3 | 249  | 255,3 | 261  | 271,2 | 286,7 | 301,8 | 314   | 334 |
| Свинина             | 0   | 4,6 | 12,2 | 21,4 | 34,8 | 54,4  | 212   | 215  | 218  | 224   | 236  | 242   | 248  | 257   | 273   | 288   | 302   | 318 |
| Птица               | 0   | 4,6 | 13,0 | 22,2 | 39,4 | 57,3  | 232   | 236  | 238  | 246   | 248  | 265   | 271  | 280   | 297   | 312   | 329   | 345 |
| Субпродукты         | 0   | 5,0 | 13,8 | 24,4 | 43,1 | 62,8  | 261,5 | 265  | 268  | 274,3 | 289  | 296,0 | 302  | 312,8 | 330,6 | 348,0 | 366   | 384 |
| Рыба жирная         | 0   | 5,0 | 14,3 | 24,4 | 42,3 | 62,5  | 249   | 252  | 256  | 263   | 277  | 283   | 290  | 300   | 317   | 334   | 352   | 369 |
| Рыбное филе         | 0   | –   | 14,7 | –    | –    | 67,0  | 281,8 | –    | –    | –     | –    | 318,2 | –    | 336,6 | 355   | –     | –     | –   |
| Яйца в скорлупе     | –   | –   | –    | –    | –    | –     | 237   | 240  | 243  | 250   | 261  | 269   | 274  | 284   | 300   | 316   | 332   | 348 |
| Молоко цельное      | 0   | 5,5 | 14,3 | 25,2 | 42,3 | 62,8  | 318   | 323  | 327  | 334   | 351  | 359   | 366  | 378   | 398   | 418   | 437   | 458 |
| Масло топленое      | 0   | –   | 6,3  | –    | –    | 22,6  | 37,3  | –    | –    | 51,5  | –    | 69,1  | –    | 90,0  | 114,6 | –     | –     | –   |
| Масло сливочное     | 0   | 3,8 | 10,1 | 17,6 | 29,3 | 40,6  | 95    | 99   | 101  | 107   | 121  | 130   | 139  | 155   | 183   | 204   | 221   | 240 |
| Кефир               | –   | –   | –    | –    | –    | –     | 0     | 3,2  | 8,0  | 15,9  | 31,4 | 39,4  | 47,3 | 59    | 78,6  | 98,4  | 118   | –   |
| Сметана             | –   | –   | –    | –    | –    | –     | 0     | 3,8  | 5,9  | 13    | 29,3 | 36,8  | 44,4 | 55,2  | 73,7  | 95,8  | 110   | –   |
| Творог              | 0   | 9,4 | 26,8 | 41,2 | 63,7 | 85,9  | 300   | 302  | 306  | 313   | 327  | 334   | 344  | 352   | 369   | 387   | 405   | –   |
| Сыр                 | –   | –   | –    | –    | 1,3  | 5,5   | 19    | 22,7 | 25,2 | 31    | 42,3 | 47,7  | 53,2 | 61,5  | 75,7  | 89,6  | 104   | –   |
| Мороженое сливочное | 0   | 7,1 | 19,7 | 34,8 | 62,4 | 105   | 227   | 321  | 234  | 241   | 254  | 264   | 268  | 278   | 295   | 311   | 328   | 345 |
| Мороженое молочное  | 0   | –   | 17,6 | –    | –    | 111,8 | 236,6 | –    | –    | 253,7 | –    | 270,5 | –    | 287,6 | 304,4 | –     | –     | –   |
| Вишня               | 0   | 7,5 | 20,6 | 36,5 | 66,5 | 116   | 236   | 240  | 243  | 250   | 265  | 272   | 279  | 290   | 307   | 326   | 343   | 361 |
| Яблоки              | 0   | 6,7 | 17,2 | 29,8 | 51   | 82,9  | 272   | 274  | 274  | 287   | 302  | 309   | 317  | 328   | 347   | 366   | 385   | 403 |

Таблица 6

## Теплофизические свойства наружного воздуха

| Температура<br>наружного<br>воздуха | Энтальпия воздуха при относительной<br>влажности |       |       |        |        |        | Плотность,<br>кг/м <sup>3</sup> |
|-------------------------------------|--|-------|-------|--------|--------|--------|---------------------------------|
|                                     | 0  | 20    | 40    | 60     | 80     | 100    |                                 |
| 25                                  | 25,03  | 35,04 | 45,21 | 55,26  | 65,73  | 76,20  | 1,185                           |
| 30                                  | 30,10  | 43,54 | 53,17 | 71,20  | 84,99  | 99,65  | 1,165                           |
| 35                                  | 35,17  | 53,17 | 71,17 | 90,02  | 109,28 | 128,54 | 1,146                           |
| 40                                  | 40,19  | 63,64 | 88,34 | 113,04 | 139,00 | 165,80 | 1,128                           |

Таблица 7

## Теплофизические свойства воздуха камеры

| Температура<br>воздуха<br>камеры | Энтальпия воздуха при относительной<br>влажности |        |        |        |        |        | Плотность,<br>кг/м <sup>3</sup> |
|----------------------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|---------------------------------|
|                                  | 0  | 20     | 40     | 60     | 80     | 100    |                                 |
| -30                              | -30,10   | -30,02 | -29,89 | -29,81 | -29,68 | -29,56 | 1,453                           |
| -25                              | -25,03   | -24,92 | -24,74 | -24,53 | -24,32 | -24,15 | 1,423                           |
| -20                              | -20,09   | -19,76 | -19,46 | -19,13 | -18,84 | -18,50 | 1,396                           |
| -15                              | -15,07   | -14,48 | -13,90 | -13,31 | -12,72 | -12,14 | 1,368                           |
| -10                              | -10,04   | -9,25  | -8,45  | -7,70  | -6,90  | -6,11  | 1,342                           |
| -5                               | -5,02  | -3,81  | -2,59  | -1,33  | -1,22  | -1,13  | 1,317                           |
| 0                                | 0  | 1,88   | 3,72   | 5,61   | 7,49   | 8,37   | 1,293                           |

Таблица 8

Удельные теплопритоки при открывании дверей, Вт/м<sup>2</sup>

| Камеры                            | Площадь пола, м <sup>2</sup> |        |           |
|-----------------------------------|------------------------------|--------|-----------|
|                                   | до 50                        | до 150 | более 150 |
| охлаждения продуктов              | 23,0                         | 12,0   | 10,0      |
| хранения охлажденных<br>продуктов | 17,5                         | 9,3    | 7,0       |
| замораживания<br>продуктов        | 18,5                         | 9,5    | 7,0       |

Таблица 9

## Удельное количество теплоты, выделяемое фруктами при дыхании

| Фрукты | Тепловыделения при дыхании (Вт/г) при t, °C |      |      |      |       |       |
|--------|---|------|------|------|-------|-------|
|        | 0   | 2    | 3    | 5    | 15    | 20    |
| Яблоки | 18,6  | 20,9 | 25   | 31,4 | 91,7  | 121   |
| Вишня  | 22,1  | 34,9 | 44,5 | 53,5 | 183,8 | 241,9 |



## ЛИТЕРАТУРА

1. Лашутина Н.Г. Холодильная техника в мясной и молочной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1989. – 176 с.
2. Проектирование холодильников. / Ю.С. Крылов, П.И. Пирог и др. – М.: Пищевая промышленность, 1972. – 310 с.
3. Рогов И.А., Куцакова В.Е. и др. Консервирование пищевых продуктов холодом. – М.: Колос, 1998. – 158 с.
4. Румянцев Ю.Д., Калюнов В.С. Холодильная техника. – СПб.: Профессия, 2003. – 360 с.
5. Свердлов Г.З., Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Пищевая промышленность, 1978. – 264 с.
6. Холодильная техника. / Под ред. В.Ф. Лебедева. – Л.: Агропромиздат, 1986. – 335 с.
7. Холодильные установки / Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. – СПб.: Политехника, 2002. – 576 с.