

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Алтайский государственный аграрный университет
КАФЕДРА «МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ»

**РАСЧЕТНО-ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К КУРСОВОЙ РАБОТЕ**

ПО ДИСЦИПЛИНЕ:
«ХОЛОДИЛЬНОЕ И ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»

ТЕМА: Расчет и подбор оборудования камеры заморозки

Выполнил:
Студент: 4-го полного курса з/о
Группа №:
Факультет: Инженерный
Направление: «Агроинженерия»
Профиль: Технологическое оборудование
для хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции
Шифр: 170506
Проверил: Селиверстов М.В.
Оценка: _____

Барнаул 2020 г.

АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА «МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ»

Задание

**на курсовую работу по дисциплине: «ХОЛОДИЛЬНОЕ И
ВЕНТИЛЯЦИОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ»**

Тема: «Расчет и подбор оборудования камеры охлаждения»

Исполнитель:

Руководитель: ст. преподаватель Селиверстов М.В.

СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

I. РАСЧЕТНО – ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

(формат А4 - 297 х 210)

Титульный лист

Задание

Содержание

Введение

1. Классификация процессов, анализ и выбор оптимального

2. Описание выбранного процесса

3. Классификация аппарата для реализации выбранного процесса, анализ и выбор оптимального

4. Описание выбранного аппарата с внесением конструктивных изменений

5. Технологические расчеты аппарата

Выводы и предложения

Список использованной литературы

Приложения

Дата выдачи задания: _____

Срок сдачи работы: _____

Оценка за курсовую работу: _____

Подпись преподавателя _____

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАМОРОЗКИ МЯСА.....	6
2 РАСЧЕТ КАМЕРЫ ЗАМОРОЗКИ	10
2.1 Расчет продолжительности цикла заморозки.....	10
2.2 Расчет площади камеры охлаждения	12
2.3 Определение теплопритоков.....	15
2.4 Расчет и подбор холодильного оборудования	16
2.5 Расчет вентиляции и определение мощности электродвигателей привода вентиляторов.....	17
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	19
ЛИТЕРАТУРА	20

ВВЕДЕНИЕ

Мясо играет важную роль в питании человека, вследствие содержания в нем высокоценных белков, значимых в энергетическом и пластическом отношениях жиров, ряда витаминов, макро- и микроэлементов. В состав мяса помимо собственно скелетных мышц входят также элементы соединительной, жировой, нервной ткани, а в так называемое товарное мясо - и кости. Качество мяса, как и других пищевых продуктов, определяется его пищевой ценностью, безопасностью и потребительскими характеристиками.

От способа хранения свинины зависит время, за которое производитель должен реализовать мясо потребителю. Что же означает срок хранения мяса, это время, за которое свинина должна не только не испортиться (быть пригодной в пищу) но и сохранить вкусовые, питательные и эстетические качества.

Холодильное консервирование — эффективный способ обработки и хранения продуктов питания высокого качества. Не менее 40 % производимой в нашей стране сельскохозяйственной продукции подвергается холодильной обработке для предотвращения порчи и сокращения потерь. Воздействие холода по сравнению с другими методами консервирования вызывает минимальные изменения первоначальных свойств продукции.

Наиболее распространенный и экономичный способ холодильного консервирования - охлаждение, позволяющее полностью сохранить потребительские свойства. Однако срок хранения охлажденных пищевых продуктов ограничен. Это не позволяет создать достаточные их запасы и обеспечить непрерывное снабжение ими население.

Для увеличения продолжительности хранения продукты замораживают, что существенно тормозит скорость протекания процессов, влияющих на их качество. Замораживание и хранение в замороженном виде

изменяют начальное качество продуктов, но позволяют сохранить их ценные свойства значительно дольше, чем охлажденных.

Замораживание — отвод теплоты от продуктов с понижением температуры ниже криоскопической при кристаллизации большей части воды, содержащейся в продуктах. Это предопределяет их сохранность при длительном холодильном хранении.

Заморозка — надежный и удобный способ консервирования любого вида мяса.

За исключением некоторых наиболее устойчивых к низким температурам видов плесени, бактерии (при температуре ниже -5°C), дрожжи и грибы (при температуре ниже -10°C) и другие микроорганизмы прекращают свою жизнедеятельность при заморозке, так как вода тканевой жидкости (необходимая для этой самой жизнедеятельности) превращается в лёд. Ферментативные процессы при низких температурах резко замедляются. Поэтому при -18°C и ниже порча мяса практически исключена.

Цель данной курсовой работы — овладеть методикой расчета камеры заморозки мяса.

1 АНАЛИЗ СПОСОБОВ ЗАМОРОЗКИ МЯСА

Качество мясного сырья в большой степени обуславливаются содержанием воды и минеральных веществ. Наибольшее количество влаги (в том числе и в виде мясного сока) - от 55 до 80 % - находится в мышечной ткани, наиболее ценной в питательном и органолептическом отношении. В процессе медленного замораживания мяса, вымораживание влаги происходит в виде роста кристаллов льда, которые прокалывают оболочки клеток и в результате из них вытекает мясной сок, а вместе с ним много полезных веществ, особенно жизненно необходимых микро- и макроэлементов.

Современные технические способы позволяют осуществить скоростное замораживание и размораживание, исключаяющие рост кристаллов и перекристаллизацию. Если при этом обеспечить еще и низкотемпературное хранение и транспортирование, можно достичь такого сохранения свойств охлажденного мясного сырья, подвергнутого холодильной обработке, которое, по экспертным оценкам, практически неотличимо от исходного охлажденного.

Но способ разморозки мяса также существенно влияет на конечное качество продукта. Если размораживать мясо медленно, то, как бы хорошо оно ни было сохранено до этапа размораживания в блоках или полутушах, описанные выше процессы кристаллизации и криоконцентрации разрушат его структуру и оно во многом потеряет свои исходные свойства. Самым эффективным является размораживание блоков мяса СВЧ-энергией при дополнительном домораживании поверхности блоков перед началом процесса СВЧ-размораживания или с домораживанием блоков перед началом и в процессе СВЧ-размораживания. Режим СВЧ-размораживания с домораживанием является щадящим в плане сохранности качества мяса.

В заключении можно отметить, что использование дорогостоящих, но быстро окупаемых методов заморозки и разморозки мяса позволяет значительно повысить качество производимой мясной продукции, пользуясь при этом замороженным мясным сырьем.

Все способы замораживания подразделяют по виду теплообмена на конвективные, кондуктивные, испарительно-конденсационные, смешанные.

Замораживание воздушным способом проводят в морозильных камерах и туннельных морозильных аппаратах. Последние отличаются интенсивностью движения воздуха (4—12 м/с) и незначительной продолжительностью замораживания. В зависимости от вида продукта и типа холодильной установки продолжительность замораживания плодов и овощей при температуре -25...-45 °С составляет от нескольких минут до нескольких часов. Преимущество туннельных морозильных камер — универсальность: в них можно замораживать пищевые продукты разной формы, размера и в различной упаковке. Основные критерии при выборе способа замораживания — быстрота и экономичность процесса. При этом количество теплоты, отводимой воздухом от продукта, прямо пропорционально площади контакта воздуха с продуктом, разности температур воздуха и продукта и коэффициенту теплопередачи от продукта воздуху.

Замораживание в «кипящем слое» (флюидизационный способ) происходит под действием подаваемого восходящего потока холодного воздуха, достаточного для поддержания продукта во взвешенном состоянии. Последнее достигается с помощью мощного потока воздуха, подаваемого вентиляторами через охлаждающую батарею, а затем через слой замораживаемого продукта, находящегося, как правило, на сетчатой ленте конвейера. Проходя через отверстия ленты, воздух поднимает частицы продукта, отделяет их друг от друга и удерживает во взвешенном состоянии. В установках без сетчатой ленты замораживаемый продукт не только поддерживается потоком воздуха во взвешенном состоянии, но и

направленным движением перемещается в установке. Способ флюидизации применяют для замораживания неупакованных мелких или нарезанных плодов и овощей диаметром до 40 мм длиной до 125 мм. Из продуктов, полученных этим способом, можно готовить различные смеси. Кроме того, легче механизировать упаковку таких овощей и плодов, осуществлять их дозировку и употреблять по мере надобности. Флюидизационные аппараты имеют широкий диапазон производительности — от 0,5 до 15 т/сут, а теплообмен в них протекает интенсивнее, чем в обычных воздушных аппаратах. При контактном способе замораживания продукт зажимается между двумя металлическими плитами, в которых циркулирует жидкий или кипящий хладоноситель. Важное условие — равномерность толщины загружаемых порций по всей поверхности плиты. В противном случае ухудшается контакт плиты с остальным продуктом и увеличивается продолжительность замораживания. Контактные плиточные аппараты непригодны для замораживания продуктов неправильной формы. При температуре кипения хладагента $-35\ldots-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ продолжительность замораживания продукта в упаковке 0,5 кг составляет 1—3 ч, а небольших порций при толщине 50 мм — до 1 ч. В кипящих хладоносителях (жидкий воздух, азот, фреон, диоксид углерода) обеспечивается сверхбыстрое замораживание продуктов. В этом случае вся поверхность продукта участвует в теплообмене, а очень низкие температуры ($-40\ldots-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) обеспечивают замораживание за несколько минут. Комбинированный способ замораживания с использованием низкотемпературной газовой среды, создаваемой в результате испарения жидкого хладоносителя, позволяет избежать механических повреждений продуктов льдом.

Замораживание с использованием испарительно-конденсационного обмена применяют, как правило, в случаях, когда удаление влаги из продукта способствует проведению какого-либо последующего процесса, например

сублимационной сушки. На первом этапе под вакуумом вследствие бурного испарения воды из продукта понижается его температура и образуются кристаллы водяного льда, а затем уже под глубоким вакуумом осуществляется сублимация водного льда, тем самым обеспечивается обезвоживание продукта.

Безусловно мясные полуфабрикаты, приготовленные из охлажденного мяса, обладают несравненно лучшими органолептическими показателями и выходами, чем те, которые произведены из размороженного мясного сырья. Однако использование охлажденного мяса в производстве более затратно. Поэтому большинство российских производителей мясной продукции отдают предпочтение замороженному мясу. А при условии использования современных технологий в заморозке мяса, разница в вкусовых качествах готового мясного продукта минимальна.

2 РАСЧЕТ КАМЕРЫ ЗАМОРОЗКИ

Исходные данные: Камера заморозки мяса в полутушах оснащена межрядными радиационными батареями. Производительность камеры $G = 15$ т/сут, скорость движения воздуха в зоне расположения бедренной части $w_6 = 1,5$ м/с, температура воздуха в камере $t_{\text{пм}} = -32$ °С.

Требуется определить: продолжительность цикла замораживания t , вместимость и размеры камеры, объемную подачу воздуха, тепловую нагрузку на камерное холодильное оборудование и площадь поверхности замораживающих устройств, выполнить компоновку оборудования камеры, а также рассчитать потери напора при движении воздуха в циркуляционном кольце и мощность электродвигателей вентиляторов.

2.1 Расчет продолжительности цикла заморозки

Средняя конечная температура замораживания:

$$t_{\text{ск}} = \frac{t_{\text{кц}}(B_i + 2) + t_c B_i}{2(B_i + 1)} = \frac{-8(0,01 + 2) + (-32 * 0,01)}{2(0,01 + 1)} = -8,1 \text{ °С}, \quad (2.1)$$

где t_c - температура теплоотводящей среды, °С;

$t_{\text{кц}}$ - конечная температура в центре замораживаемого продукта, °С;

B_i - критерий Био.

$$B_i = \frac{\alpha \delta}{\lambda_m} = \frac{0,14 * 0,1}{1,33} = 0,01 \quad (2.2)$$

α - коэффициент теплоотдачи при замораживании, $\alpha = 0,14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$;

δ - половина толщины продукта, $\delta = 0,1 \text{ м}$;

λ_m - коэффициент теплопроводности продукта, $\lambda_m = 1,33 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$.

Теплота, отводимая при замораживании:

$$q_3 = G(i_1 - i_2) = (224 - 4.6) * 1700 = 373 \text{ Дж/кг}, \quad (2.3)$$

где $i_1=224$ и $i_2=4,6$ – соответственно начальная и конечная энтальпия продукта, кДж/кг

Продолжительность заморозки определяется по формуле Планка:

$$\tau = A_\phi \frac{q_3 * \rho \delta}{(t_{кр} - t_c)} * \left(\frac{\delta}{2\lambda_m} + \frac{1}{\alpha} \right) = 10 \text{ ч}, \quad (2.4)$$

где τ - продолжительность замораживания, с;

A_ϕ - коэффициент формы $A_\phi=1$ для неограниченной пластины;

q_3 - удельная теплота замораживания Дж/кг;

ρ - плотность продукта $\rho=1050 \text{ кг/м}^3$;

δ -половина толщины или радиус продукта, м;

t_c - температура теплоотводящей среды, °С;

α -коэффициент теплоотдачи от продукта к охлаждающей среде, Вт/(м*К).

Продолжительность цикла больше времени заморозки на величину загрузки камеры, равную 2 час.:

$$\tau_{ц} = 10 + 2 = 12 \text{ час.}$$

2.2 Расчет площади камеры охлаждения

Вместимость камеры;

$$M = \frac{G\tau_{ц}}{24} = \frac{15 \cdot 12}{24} = 7,5\text{т} \quad (2.6)$$

Строительная площадь камеры;

$$F_{\text{кам}} = \frac{M}{q_f} = \frac{7,5}{0,25} = 30\text{м}^2 \quad (2.7)$$

где q_f – норма загрузки камеры мясом в полутушах, размещённых на подвесных путях, т/м²

Длину подвесных путей можно определить из нормы нагрузки :

$$l_{\text{п}} = \frac{M}{g_l} = \frac{7,5}{0,28} = 26\text{м} \quad (2.8)$$

Где g_l – норма загрузки подвесных путей мясом в полутушах, т/м; принимаем $g_l=0,28\text{т/м}$.

Принимаем ширину камеры равной $B_{\text{кам}}=6\text{м}$, а длину $L_{\text{кам}}=6\text{м}$. Размещаем подвесные пути с учётом отступа от стен 0,75м, а отступом от колонн 0,5 м и минимальным расстоянием между подвесными путями 0,9м. В этом случае рабочая часть одной нитки подвесного пути будет составлять $l_{\text{п1}}=5\text{м}$, а по ширине камеры можно расположить 6 ниток.

Действительная вместимость камеры составит:

$$M_d = l_{\text{п1}} n g_l = 5 \cdot 6 \cdot 0,28 = 8,4\text{т} \quad (2.9)$$

Действительная строительная площадь камеры

$$F_{\text{кам.д}} = L_{\text{кам}} \cdot B_{\text{кам}} = 6 \cdot 6 = 36\text{м}^2 \quad (2.10)$$

Действительная производительность камеры замораживания достигнет

$$G_d = M_d \cdot \frac{24}{\tau_{ц}} = (8,4 \cdot 24) / 12 = 16,8\text{т/с} \quad (2.11)$$

Чтобы продолжительность однофазного замораживания мяса составила $\tau=12$ ч при температуре воздуха в камере $t_{\text{пм}}=-32$ °С, следует создать необходимую скорость движения воздуха в зоне бедренной части полутуши w_6 . С этой целью определим приведенный коэффициент теплопередачи от поверхности полутуши к воздуху:

$$\alpha_{\text{пр}} = \frac{0,0962 \rho_{\text{м}} \delta_{\text{м}} \left\{ C_0 \left[\frac{t_{\text{пост}} - t_{\text{пм}}}{t_{\text{кр}} - t_{\text{пм}}} \right]^{1,5} + \left(\frac{C_{\omega}}{C_3} \right) * \left[\left(\frac{t_{\text{кр}} - t_{\text{пм}}}{t_{\text{к}} - t_{\text{пм}}} \right) \right]^{1,09} \right\}}{\tau}, \quad (2.12)$$

где C_0, C_3 - удельная теплоёмкость, соответственно ,охлаждённого и замороженного мяса, Дж/(кг*К);

c_{ω} - удельная теплоёмкость, учитывающая долю вымораживаемой воды, Дж/(кг*К), $c_{\omega}=c_3+\Delta\omega_w r_w=2500+0,0417*0,8*335000=11400$;

$\Delta\omega=0,0417\text{C}^{-1}$ - относительная разность масс вымораживаемой воды при понижении температуры мяса на 1С;

w - влажность продукта ,для мяса $w=0,8\dots 0,85$ кг/кг;

r_w - удельная теплота плавления льда, $r_w=335000$ Дж/кг;

$\rho_{\text{м}}$ -плотность мяса, кг/м³;

$\delta_{\text{м}}$ - толщина бедренной части полутуши $\delta=0,2$ м;

$t_{\text{пост}}$ -начальная температура мяса, $t_{\text{пост}}=39$ °С;

$t_{\text{кр}}$ -криоскопическая температура, для мяса $t_{\text{кр}}=-1$ °С;

$t_{\text{кон.ц}}$ -конечная температура в центре бедра, $t_{\text{кон}}=-8$ °С.

$$\alpha_{\text{пр}} = \frac{0,0962 * 1050 * 0,2 \left\{ 3300 \left[\frac{39 - (-32)}{-1 - (-32)} \right]^{1,5} + \left(\frac{11400}{2500} \right) * \left[\left(\frac{-1 - (-32)}{-8 - (-32)} \right) \right]^{1,09} \right\}}{4320},$$

$$\alpha_{\text{пр}} = 53,5 \text{ Вт}/(\text{ м}^2 * \text{ К})$$

Принимая, что коэффициент теплоотдачи при испарении воды в процессе однофазного замораживания в камере с воздушной системой охлаждения составляет $\alpha_{\text{и}}=1,5\ldots 2,0$ Вт/(м² * К) , найдём значение конвективного коэффициента теплоотдачи:

$$\alpha_{\text{к}} = \alpha_{\text{пр}} - \alpha_{\text{и}} = 53,5 - 2 = 51,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (2.13)$$

Скорость движения воздуха в зоне бедренной части:

$$w_6 = 6,73 \alpha_{\text{к}}^{1,72} * \delta_{\text{м}}^{0,72} \frac{v_{\text{в}}}{\lambda_{\text{в}}^{1,72}}, = 6,73 * 51,5^{1,72} * 0,2^{0,72} * \frac{10,8 * 10^{-6}}{0,022^{1,72}} = 1,5 \text{ м/с}$$

Скорость воздуха на выходе из щелевого сопла w_0 находим из зависимости:

$$w_0 = w_6 \frac{(\frac{a_{\text{т}} l_6}{b_0})^{0,5}}{0,82} = \frac{1,5 (0,12 * \frac{1,1}{0,02})^{0,5}}{0,82} = 4,7 \text{ м/с} \quad (2.14)$$

где $a_{\text{т}}$ - коэффициент турбулентной структуры струи, для плоского сопла $a_{\text{т}}=0,12$.

В камере конструктивно предусматриваем 9 рядов сопел. Каждый ряд сопел расположен на участке длиной 5 м, на котором при длине сопел $l_s = 600$ мм и разрыве между ними $l_p = 200$ мм можно разместить $5000/(600 + 200) = 6$ сопел. Общее количество сопел в камере составит $n_s = 9 * 6 = 54$ шт.

Общее живое сечение всех сопел камеры:

$$F_{\text{ш}} = n_f f_s = 54 * 0,024 = 1,3 \text{ м}^2 \quad (2.15)$$

Объемная подача воздуха:

$$V_0 = F_{\text{ш}} * w_0 = 1,3 * 4,7 = 6 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.16)$$

2.3 Определение теплопритоков

Общий теплоприток в камеру складывается из теплопритоков через ограждающие конструкции Q_1 , от замораживаемого мяса Q_2 и эксплуатации оборудования Q_4 :

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_4 \quad (2.17)$$

$$Q_1 = \sum(k_i F_i \Delta t_i) + k F_{\text{кад.м}} \Delta t_c = 0,2 * (4,8 * 6)(30 - (-32)) + 2 * 0,226 * 4,8 - 30 - -32 + 0,22 * 4,8 * 65 - -32 + 0,17 * 6 * 630 - -32 + 0,23 * 6 * 62 - -32 = 2038 \text{ Вт} = 2 \text{ кВт}$$

где k - коэффициент теплопередачи ограждения; принимаем для наружной стены $k_1=0,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$, внутренней с коридором $k_i= 0,22 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$, для покрытия $k_i=0,17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$, обогреваемого пола $k_i=0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$; F_i - площадь поверхности i -ого ограждения

Теплоприток от замораживаемого мяса(кВт);

$$Q_2 = \text{КМД} \frac{i_{\text{пост}} - i_{\text{вып}}}{\tau} = 1,4 * \frac{8400(359-0)}{43200} = 97,7 \text{ кВт} \quad (2.18)$$

где K -коэффициент ,учитывающий неравномерность теплопритока от продукта в процессе замораживания в камере периодического действия $K=1,4...1,7$;удельная энтальпия поступательного мяса.

$$Q_4 = A * F_{\text{кам,д}} = 0,15 * 36 = 5,4 \text{ кВт} \quad (2.19)$$

где A – коэффициент ,учитывающий мощность электродвигателей в камере холодильной обработки $A=0,1...0,2 \text{ кВт/м}^2$

Тепловая нагрузка на камерное оборудование составит

$$Q_0 = 2 + 97,7 + 5,4 = 105,1 \text{ кВт}$$

Площадь теплообменной поверхности воздухоохладителей

$$F_{\text{во}} = \frac{Q_0}{k_0 \Delta t_0} = \frac{105100}{10 * 10} = 1051 \text{ м}^2 \quad (2.20)$$

где k_0 - коэффициент теплопередачи воздухоохладителя, $k_0= 10 \text{ Вт/(м}^2 * \text{К)}$;
 Δt_0 -температурный напор, принимается в пределах $6...10 \text{ К}$.

2.4 Расчет и подбор холодильного оборудования

Принимаем к установке в камере воздухоохладитель 071В/37:

$$t_p = 7 \text{ мм}$$

$$F_{\text{во}} = 301,3 \text{ м}^2$$

$$V_b = 41640 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L * B * H = 4906 * 865 * 1065 \text{ мм}$$

$$M = 317 \text{ кг}$$

$$N_{\text{во}} = 3 \text{ шт}$$

Принимаем к установке 3 воздухоохладителя. Суммарная объемная подача вентиляторов воздухоохладителей составит:

$$V_c = n_{\text{BO}} * V_{\text{ВЕН}} = 3 * 17,1 = 51,4 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.21)$$

Действительная тепловая нагрузка на камерное оборудование составляет:

$$Q_d = Q_1 + Q_2 + n_{\text{ВЕН}} N_{\text{ВЕН}} = 2 + 97,7 + 3 * 2,2 = 106,3 \text{ кВт} \quad (2.22)$$

Площадь теплообменной поверхности установленных воздухоохладителей соответствует расчётному значению Q_o .

2.5 Расчет вентиляции и определение мощности электродвигателей привода вентиляторов

Потери напора:

$$\Delta p = \Delta p_c + \Delta p_{\text{ВХ}} + \Delta p_{\text{П}} + \Delta p_{\text{ВО}} \quad (2.23)$$

Статический напор перед щелевыми соплами при требуемой скорости потока $w_o = \frac{v_c}{F_{\text{щ}}} = \frac{51,4}{4,32} = 12 \text{ м/с}$:

$$\Delta p_{\text{СТ}} = \frac{\rho_{\text{В}} w_o^2}{2 \varphi_0^2} = 1,45 * \frac{12^2}{2 * 0,7^2} = 213 \text{ Па} \quad (2.24)$$

где φ_0 - коэффициент скорости истечения воздуха из сопла.

Потери напора на входе воздуха в вентилятор и на выходе из него:

$$\Delta p_{\text{ВХ}} = 2 \xi_{\text{ВХ}} \rho_{\text{В}} \frac{w_{\text{ВХ}}^2}{2} = 2 * 0,6 * 1,45 * \left(\frac{10,7^2}{2} \right) = 99,6 \text{ Па} \quad (2.25)$$

где $\xi_{\text{ВХ}}$ - коэффициент местного сопротивления ,который зависит от отношения сечения потока до и после сопротивления;

$W_{\text{вх}}$ -скорость воздуха на входе в вентилятор и на выходе из него 10,7 м/с.

Потери напора на четырёх поворотах потока воздуха:

$$\Delta p_{\text{пов}} = 4\xi_{\text{п}}\rho_{\text{в}} \frac{w_{\text{п}}^2}{2} = 4 * 0,3 * 1,45 \left(\frac{2,2^2}{2} \right) = 4,21 \text{Па} \quad (2.26)$$

где $w_{\text{п}}$ - скорость воздуха на поворотах.

$$W_{\text{п}} = \frac{10v_c}{2n_{\text{во}}L_{\text{кам}}h_{\text{во}}} = 2,2 \text{м/с} \quad (2.27)$$

Потери напора в батарее воздухоохладителя с пластинчатым оребрением:

$$\Delta p_{\text{во}} = 0,132 \frac{l_p}{d_3} * (p_{\text{в}} w_{\text{ж}})^{1,7} = 0,132 \text{Па} \quad (2.28)$$

$$\Delta p_{\text{п}} = n * Z_{\text{прв}} * W_{\text{п}}^2 / 2 = 2 * 0,3 * 1,45 * 2,2^2 / 2 = 2,105 \text{Па} \quad (2.29)$$

где $Z_{\text{н}}$ - коэффициент местного сопротивления поворота потока, $Z_{\text{н}} = 1,5$;

$w_{\text{п}}$ - скорость воздуха на поворотах.

$$\Delta p = 213 + 99,6 + 4,21 + 0,132 + 2,105 = 319,1 \text{Па} \quad (2.30)$$

Действительна мощность электродвигателей вентиляторов при их КПД $\eta_{\text{вент}}=0,7$ составит:

$$N_{\text{вент}} = \frac{v_c \Delta p}{\eta_{\text{вент}}} = 24,3 \text{кВт} \quad (2.31)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе проведенных расчетов, получили продолжительность цикла охлаждения, равную 12 часов, с учетом продолжительности разгрузки и выгрузки продукции (2 часа). Тип охлаждения выбрали комбинированный воздушно-радиационный, с применением листоканальных батарей (2,0*1,25), для поддержания равномерной температуры в камере. В камеру расположили 6 ниток подвешного пути (схема расположения представлена в приложении). Выбираем воздухоохладитель типа 071В/37.

Приложение 1

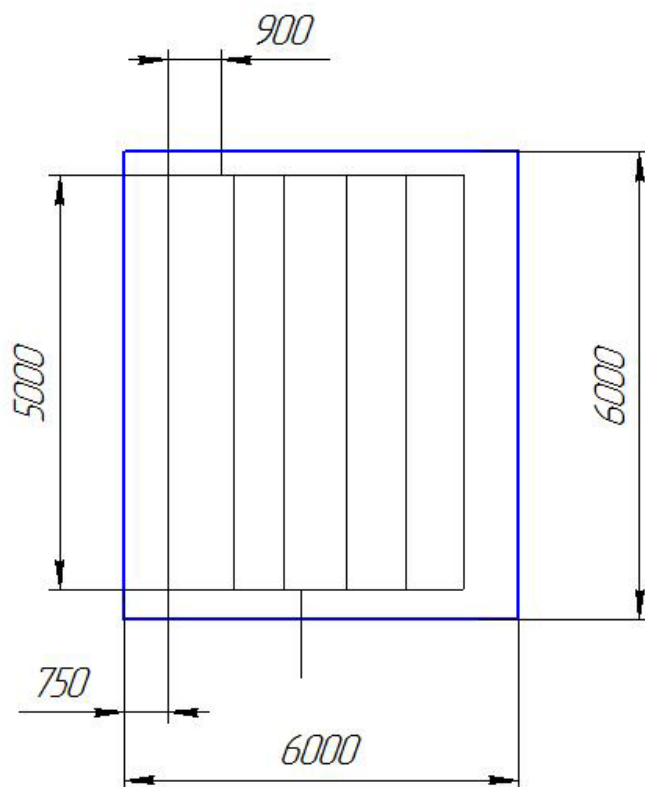


Рисунок 1 – Подвесные нити камеры

Приложение 2

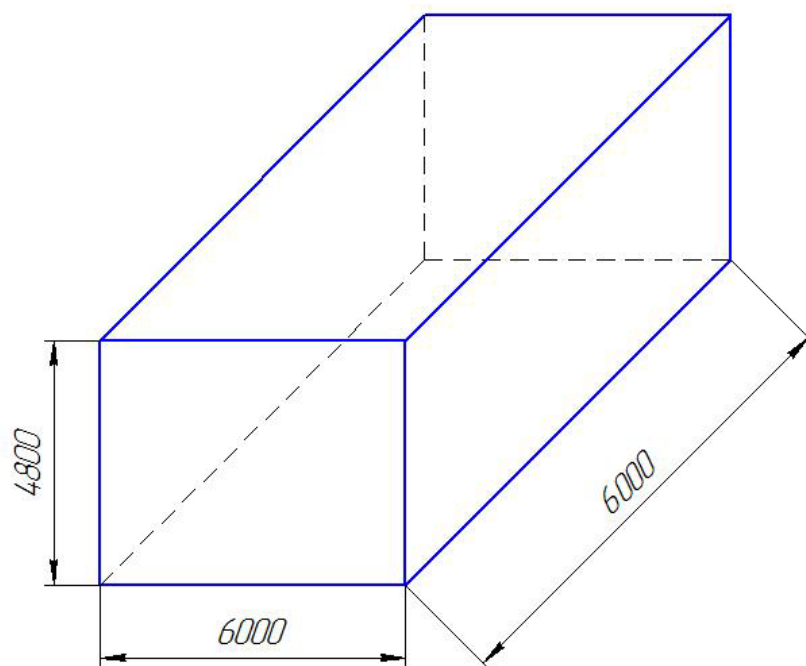


Рисунок 2 – Размеры камеры

ЛИТЕРАТУРА

1. Бараненко А.В. Примеры и задачи по холодильной технологии пищевых продуктов: Учебное пособие для вузов / Бараненко А.В., Куцакова В.Е., Борзенко Е.И., Фролов С.В. – М.: КолосС, 2004. – 249 с.
2. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справ. / Под ред. С.Н. Богданова _ СПб.: СПбГАХПТ, 1999. _ 320 с.
3. Голянд М.М., Малеванный Б.Н. Холодильное технологическое оборудование. _ М.: Пищ. пром-сть, 1977. _ 335 с.
4. Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. Холодильные установки. _ СПб.: Политехника, 1999. _ 576 с.
5. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справ. / Под общ. ред. В.Б. Кунтыша, А.Н. Бессонного. _ СПб.: Недра, 1996. _ 512 с.
6. Теоретические основы хладотехники. Тепломассообмен / Под ред. Э.И. Гуйго. _ М.: Агропромиздат, 1986. _ 320 с.
7. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. _ М.: Машиностроение, 1975. _ 559 с.
8. Постольски Я., Груда З. Замораживание пищевых продуктов / Под ред. Ю.Ф. Заяса. _ М.: Пищ. пром-сть, 1978. _ 607 с.
9. Большаков С. А. Холодильная техника и технология продуктов питания: Учебник для студ. высш. учеб.заведений / Сергей Алексеевич Большаков. — М.: Издательский центр «Академия», 2003. —304 с.