

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра
«Экономика, управление и техносферная безопасность»

Холодильное и вентиляционное оборудование

методические указания
по выполнению расчетно-графической работы для студентов по направлению
подготовки бакалавров
35.03.06 Агроинженерия
профиль «Технологическое оборудование для хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции»
очной формы обучения

КАРАБАЕВО
Костромская ГСХА
2019

УДК 621.185.64

ББК 31.39

Т 34

Составитель доцент кафедры «Экономика, управление и техносферная безопасность, к.т.н. *А.Н. Смирнов*

Рецензент: к.т.н. доцент кафедры «Технические системы в АПК»
Кузнецов В.Н.

Рекомендовано к изданию методической комиссией инженерно-технологического факультета

Протокол № 7 от 11 декабря 2019 года

Т 34 Холодильное и вентиляционное оборудование: методические указания по выполнению расчетно-графической работы для студентов по направлению подготовки бакалавров 35.03.06 «Агроинженерия» профиль «Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» очной формы обучения/сост. А.Н. Смирнов. - Караваево: Костромская ГСХА, 2019. — 29 с.

В издании рассмотрены учебно-методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы по тепловому расчету холодильной установки для студентов по направлению подготовки бакалавров 35.03.06 Агроинженерия профиль «Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» очной формы обучения

УДК 621.185.64

ББК 31.39

© ФГБОУ ВО Костромская ГСХА, 2019

© А.Н. Смирнов, составление, 2019

Содержание

Введение.....	4
1. Описание холодильных камер.....	5
2. Вентиляция холодильника.....	6
3. Определение расчетных параметров.....	7
4. Расчет изоляции.....	7
5. Расчет теплопритоков в камеры холодильника.....	10
5.1. Теплопритоки через ограждения.....	11
5.2. Теплопритоки от продуктов при холодильной обработке.....	12
5.3. Теплопритоки при вентиляции помещений.....	14
5.4. Эксплуатационные теплопритоки.....	15
5.5. Выбор холодильной машины.....	16
Список используемых источников.....	19
Приложение.....	20

ВВЕДЕНИЕ

Молочное, мясное и растительное сырье перерабатывают в пищевые, кормовые или технические продукты с помощью соответствующих технологических процессов, воздействуя на сырье с целью изменения или сохранения его структурно-механических, физико-химических, биохимических и других свойств.

Объекты агропромышленного комплекса, предприятия торговли и общественного питания, рефрижераторный транспорт, осуществляющие производство, транспортирование, хранение и реализацию пищевых продуктов населению, занимают одно из ведущих мест среди потребителей искусственного холода.

В методических указаниях описаны условия хранения скоропортящихся продуктов, последовательно изложен ход технических расчетов, необходимых для выбора холодильных агрегатов.

Исходные данные для выполнения расчетов выдаются преподавателем, которые рекомендуется представить в виде таблицы 1, в которые входит планировка охлаждаемого блока или камеры и ситуационный план проектируемого предприятия.

Таблица 1

Результаты технологических расчетов

Наименование камеры, ассортимент продуктов	Суточное поступление груза, кг		Расчетная температура, °С		Относительная влажность воздуха, %
	продукт	тара	хранение груза	в камере	
<i>Камера №1</i> <i>Мясные и рыбные полуфабрикаты</i>					

Раздел включает следующие подразделы:

- описание конструкции и планировка сборных холодильных камер;
- характеристика вентиляции охлаждаемых помещений и машинного зала;
- описание параметров холодильных камер и расчет толщины тепловой изоляции ограждений;
- расчет теплопритоков;
- расчет и подбор холодильного агрегата системы охлаждения;
- распределение испарителей по камерам;
- проверочный тепловой расчет холодильной установки.

1. Описание холодильных камер

Полученные в результате технологических расчетов площади холодильных камер требуют еще доработки. Окончательные их размеры устанавливаются после планировки камер, с учетом толщины теплоизоляции наружных ограждений каждой камеры.

Холодильные камеры на предприятиях общественного питания располагаются обычно на первом этаже, в подвальных или полуподвальных помещениях, и, как правило, объединяются в блок. Охлаждаемый блок должен иметь вход с обязательным устройством теплового шлюза (тамбура). Камеры нельзя делать проходными. Размещение блока холодильных камер в плане всего проектируемого предприятия должно учитывать удобство загрузки камер продуктами и подачи их из камер в производственные помещения. Отдельно размещаемую камеру с температурой $+2^{\circ}\text{C}$ и выше допускается делать без тамбура.

Камера отходов должна иметь отдельный вход с тамбуром и располагаться вблизи моечного отделения. При расположении охлаждаемого блока на первом этаже камеру отходов рекомендуется размещать в общем блоке, но с обязательным выходом во двор или производственный коридор.

Согласно СНиП 3.11-87-«Холодильники. Нормы проектирования» площади отдельных камер стационарных холодильников должны быть не менее $5-7 \text{ м}^2$. Минимальные размеры камер: длина - $2,4 \text{ м}$, ширина - $2,1 \text{ м}$, высота - $2,5-3 \text{ м}$. Ширина тамбура или коридора должна быть не менее $1,6 \text{ м}$, а при створчатых дверях камер - не менее $2,2 \text{ м}$.

Камеры не должны находиться рядом с помещением с повышенными тепло- и влаговыведениями и под помещениями, в полах которых устраиваются трапы (котельные, бойлерные, санитарные узлы, горячий и кондитерский цеха, моечные и т.д.).

Сборно-разборные камеры во вновь проектируемых предприятиях рекомендуется устанавливать в исключительных случаях. Размеры помещения под сборно-разборную камеру должны превышать габаритные размеры камеры на $1,0 - 1,2 \text{ м}$ с каждой стороны. На предприятиях общественного питания следует применять фреоновые холодильные установки и отдавать предпочтение системам непосредственного охлаждения камер. На охлаждаемый блок из двух - четырех камер обычно ставят одну или две холодильные машины. Для фреоновых агрегатов средней холодопроизводительности должно быть предусмотрено специальное машинное отделение, располагаемое ближе к охлаждаемому блоку камер.

Фреоновые агрегаты малой холодопроизводительности можно размещать в местах, удобных для обслуживания и не препятствующих проведению грузовых операций. В этом случае агрегаты должны иметь металлическое сетчатое ограждение высотой 1,5 м с дверцей. Не допускается размещение холодильных агрегатов в тамбурах охлаждаемых камер, на лестницах и лестничных клетках, в вестибюлях и гардеробах.

Когда площадь холодильных камер более 30 м² и при компоновке имеется для этого возможность, лучше выделить отдельное помещение для холодильных агрегатов. Необходимую площадь для установки агрегатов можно подобрать по таблице 2, приведенной ниже. Действительная площадь помещения для холодильных агрегатов может отличаться от нормированной до 20% в сторону увеличения.

Таблица 2

Площадь охлаждаемых камер и агрегатов

Площадь охлаждаемых камер, м ²	Площадь помещения для агрегатов, м ²
До 10	2
10-20	3-4
20-30	5-6
30-40	7-8
40-50	9-10
60-70	14-15
70-80	15-19

2. Вентиляция холодильника

Охлаждаемые камеры следует проектировать без приточно-вытяжной вентиляции, за исключением камер хранения фруктов, зелени, квашений и солений.

В данном подразделе следует указать, какой вид вентиляции применяется и какая кратность обмена воздуха обеспечивается. Необходимо указать, на какой высоте камеры производится приток и выброс воздуха. Рекомендуется проектировать охлаждаемые камеры с системой приточно-вытяжной вентиляции, рассчитанной на четырехкратный суточный обмен воздуха.

В камере хранения пищевых отходов предусматривается вытяжная вентиляция, рассчитанная на четырехкратный обмен воздуха в час.

Вентиляция охлаждаемых камер должна быть самостоятельной, не связанной с другими вентиляционными системами.

3. Определение расчетных параметров

Расчетными параметрами при проектировании холодильных камер и отдельных холодильников является:

- температура и относительная влажность воздуха в холодильных камерах;
- температура воздуха в смежных неохлаждаемых помещениях;
- температура и относительная влажность наружного воздуха в летний период;
- температура воздуха в тамбуре холодильных камер;
- температура грунта.
- среднегодовая температура географических пунктов.

Для определения температуры и относительной влажности воздуха в охлаждаемых камерах следует провести группирование продуктов по существующей классификации по видам продукции (Санитарно-эпидемиологические правила; СП 2.3.6.1079-01, пункт 7) и одинаковым температурно-влажностным условиям хранения (СанПин 42-123-4117-86. Условия, сроки хранения особоскорпортящихся продуктов). Для этого необходимо заполнить таблицу 3 (приложение 1).

Таблица 3

Условия хранения скоропортящихся продуктов.

Наименование продуктов	Нормативные параметры		
	температура воздуха, °С	относит, влажность воздуха, %	срок хранения, сутки
Молочно-жировая камера			
<i>Маргарин</i>	+2	85	5
<i>Кулинарный жир, сметана и т.д.</i>	+2	85	5

4. Расчет изоляции

Срок службы холодильников определяется в том числе качеством изоляции. Правильно выбранный изоляционный материал и хорошо выполненная изоляция сохраняют свои качества в течение длительного периода.

Теплоизоляция конструкций зданий охлаждаемых помещений должна приниматься по расчету, исходя из коэффициентов теплопередачи, установленных СНиП 3.11-87 «Холодильники. Нормы проектирования» Требуемые значения коэффициентов теплопередачи для различных охлаждений установлены из условия недопущения конденсации влаги на поверхности ограждений внутри камер.

Исходными данными при выполнении этого раздела являются:

- климатическая зона расположения предприятия;
- строительная конструкция здания ;
- толщина плит перекрытия и изоляция;
- конструкция кирпичной стены (с указанием рисунка);
конструкция железобетонной стены (с указанием рисунка).

Расчет изоляции заключается в определении толщины изоляционного слоя, исходя из установленного нормативного значения коэффициента теплопередачи соответствующего ограждения.

Толщину изоляционного слоя ограждения (в м) определяют по формуле :

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left[\frac{1}{K} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right]$$

где K - коэффициент теплопередачи ограждения, принимаемый в зависимости от характера ограждения и температур по обе стороны от него, Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$), (Приложение 2,3).

δ_i - толщина слоев конструкции ограждения, м

λ_i -коэффициенты теплопроводности строительных материалов, составляющих конструкцию ограждения, принимаемые по приложению 4, Вт/(м·К).

$\lambda_{из}$ -коэффициент теплопроводности теплоизоляции, принимаемый по приложению 4, Вт/($m^2 \cdot K$).

α_n, α_B - коэффициенты теплоотдачи с наружной и внутренней стороны стены, принимаемые по приложению 5, Вт/($m^2 \cdot K$). Для выбора нормативного коэффициента теплопередачи (K) ограждения требуется знать среднегодовую температуру климатической зоны, в которой расположено проектируемое предприятие, и расчетную летнюю температуру наружного воздуха для данного географического пункта (приложение 6).

Для чердачных покрытий коэффициенты теплопередачи принимаются на 10% больше, чем для бесчердачных покрытий.

Величины $\frac{1}{\alpha}$ и $\frac{\delta}{\lambda}$ называются термическими сопротивлениями, а $\frac{1}{K}$ - общим термическим сопротивлением (приложение 5).

Пока наиболее распространенными теплоизоляционными материалами в строительстве холодильников является пенополистирол марки ПСБ-С. Изделия из него выпускаются в виде плит длиной от 900 до 2000 мм с интервалом 500 мм, шириной от 500 до 1000 мм с тем же интервалом, толщиной 25,30,50 и 100 мм.

Для защиты теплоизоляционных конструкций от проникновения в них влаги применяются гидроизоляционные материалы: битум, толь, рубероид, пленки из полиэтилена, полиамидные пленки и другие материалы.

Теплоизоляцию следует располагать с более холодной стороны, то есть с внутренней стороны ограждения камеры. Перегородки между холодными камерами выполняют из жестких плитных материалов или пенобетонных блоков. Перегородки из жестких плитных материалов по толщине бывают двухслойные (100 мм), трехслойные (150 мм) и четырехслойные (200 мм). Перегородки из пенобетона проектируются толщиной 250, 400 мм.

При использовании плитных материалов после расчета толщины изоляционного слоя может оказаться, что расчетная величина не соответствует стандартной толщине выпускаемых плит. В этом случае необходимо принять толщину изоляционного слоя краткой стандартной толщине плит и определить действительное значение коэффициента теплопередачи ограждения, которое в дальнейшем будет использовано в расчетах.

Действительное значение коэффициента теплопередачи определяют по формуле:

$$K_{Д} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{в}} \right) + \frac{\delta_{из.д}}{\lambda_{из}}}$$

где $\delta_{из.д}$ - действительная толщина теплоизоляции, м.

Аналогичным методом производят подбор строительной изоляционной конструкции, расчет толщины и коэффициента теплопередачи для остальных ограждений по всем наружным и внутренним стенам, потолочному и половому перекрытиям.

5. Расчет теплопритоков в камеры холодильника

Расчет проводится для каждого охлаждаемого помещения отдельно. Учитываются теплопритоки, влияющие на изменения температурного режима в охлаждаемых камерах.

Исходными данными для проведения теплового расчета являются:

- план охлаждаемых камер, отделений и их размеры;
- принятые значения коэффициентов теплопередачи ограждений;
- температура и влажность наружного воздуха, воздуха смежных помещений, грунта,
- температура и количество поступающих грузов.

5.1. Теплопритоки через ограждения

Приток тепла через ограждающие конструкции путем теплопередачи вследствие наличия разности температур определяется как сумма теплопритоков (через стены, перегородки, перекрытия или покрытия через полы, заглубленные неизолированные стены подвальных помещений. Данным расчетом определяется общий расход холода, необходимый для поддержания постоянства температур в камерах. Теплопритоки через стены, перегородки, покрытия или перекрытия $Q_{ограж.}$ (Вт) можно определить:

$$Q_{ограж.} = K_{дей.} \cdot S (t_{н} - t_{в})$$

где $K_{дей.}$ - действительный коэффициент теплопередачи ограждения, определенный при расчете толщины изоляционного слоя по формуле 2, Вт/(м²·К).

S- площадь поверхности ограждения, м²;

$t_{н}$ - температура снаружи ограждения, °С;

$t_{в}$ - температура воздуха внутри охлаждаемого помещения, °С.

Теплопередающие поверхности для пола и потолка камер равны площади между внутренней поверхностью наружных стен и осью внутренних. При определении теплопередающей поверхности стен высота считается от уровня чистого пола камеры до уровня чистого пола вышележащего этажа или до верха засыпки покрытия. Длина наружных стен считается между осями внутренних стен или от наружной поверхности наружных стен до оси внутренних; длина внутренних стен – между внутренней поверхностью наружной стены и осью внутренней стены или между осями внутренних стен.

Поскольку поверхность наружных стен и покрытий холодильных камер может дополнительно облучаться солнцем, следует определить теплопритоки за счет воздействия солнечной радиации. Теплоприток от солнечной радиации определяют:

$$Q_{c.p.} = K_{дей} \cdot S \Delta t_c$$

где $K_{дей}$ - действительный коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К.);

S - площадь поверхности ограждения, облучаемой солнцем, м²;

Δt_c - избыточная разность температур, характеризующая действия солнечной радиации в летнее время, °С.

Избыточную разность температур принимают по таблице приложения 7.

По каждой камере определяют теплопритоки $Q_{c.p.}$, значения которых затем заносят в сводную таблицу 4.

Теплоприток через ограждения за счет теплопередачи по всем камерам равен сумме теплопритоков по каждой камере.

Результаты расчета теплопритоков через конструкции ограждений сводят в таблицу 4.

Теплопритоки через ограждения путем теплопередачи
и солнечной радиации (сводная таблица)

№	Ограждения	Кдей, Вт/(м ² ·К)	S, м ²	Δtс, °С.	tср-тв, °С.,	Qограж	Qс.р	Q1 = Qограж + Qс.р
Наименование камеры №1								
1	Стена №1							
2	Стена №2							
3	Стена №3							
4	Стена №4							
5	Пол							
6	Потолок							
Итого:								
Наименование камеры №2								

5.2. Теплоприток от продуктов при их холодильной обработке

Теплоприток от продуктов при их холодильной обработке (Вт) зависит от суточного поступления продуктов в камеру, вида продукта, температуры продукта при поступлении в камеру и выпуске из нее, а также от продолжительности холодильной обработки:

$$Q_{2_{пр.}} = M_{пост.} \cdot (i_{пост.} - i_{вып.}) \cdot 10^6 / (\tau \cdot 3600),$$

где $M_{пост.}$ — суточное поступление продуктов в камеру, т в сутки; $i_{пост.}$ — удельная энтальпия продукта, поступающего в камеру при температуре поступления $t_{пост.}$, кДж/кг; $i_{вып.}$ — удельная энтальпия продукта, выпускаемого из камеры при температуре выпуска $t_{вып.}$, кДж/кг; τ — продолжительность холодильной обработки продукта, ч.

При расчете теплопритока суточное поступление продукта для камер хранения принимают равным 6 % вместимости камеры (> 200 т) или 8 % вместимости камеры (< 200 т).

Для камер или устройств охлаждения и замораживания продукта суточное поступление определяется производительностью в тоннах в сутки. Удельную энтальпию продукта в зависимости от его вида и температуры определяют по приложению 8. Продолжительность холодильной обработки для камер хранения принимают 24 ч, для камер

замораживания и охлаждения - в зависимости от мощности мясокомбината.

Для фруктовых и перевалочных рыбных холодильников суточное поступление груза в камеры хранения принимают равным 10 % вместимости камер.

Если суточное поступление продуктов в камеры хранения для определения теплопритока на камерное оборудование оказывается меньшим, чем при расчете теплопритока на компрессор, то $M_{\text{сут.об}} = M_{\text{сут.км}}$. Для камер домораживания на распределительных холодильниках суточное поступление продуктов определяется производительностью камер, причем $Q_{2\text{км}} = Q_{2\text{об}}$. Для камер охлаждения и замораживания на производственных холодильниках суточное поступление продуктов в эти помещения при определении теплопритока на компрессор определяется мощностью цеха убоя скота и разделки туш, а теплоприток на камерное оборудование увеличивается на 30 % по сравнению с теплопритоком на компрессор: $Q_{2\text{об}} = 1,3Q_{2\text{км}}$. При замораживании различных штучных продуктов в морозильных аппаратах непрерывного действия

$$Q_{2_{\text{км}}} = Q_{2_{\text{об}}} = M_{\text{ч}} (i_{\text{пост.}} - i_{\text{вып.}}) 10^3 / 3600 ,$$

где $M_{\text{ч}}$ — часовая производительность морозильного аппарата по данному продукту, кг/ч.

Расчетные параметры некоторых камер на распределительных и производственных холодильниках приведены в таблице 5

Таблица 5

Расчетные технологические данные охлаждаемых помещений
ХОЛОДИЛЬНИКОВ

Камеры	Расчетные параметры воздуха		Температура, °С		Продолжительность холодильной обработки, ч
	температура, °С	влажность, %	поступления продукта	выпуска продукта	
<i>Холодильники мясокомбинатов</i>					
Замораживания:					
мяса	-30...-35	95-98	38	-18	28-22
субпродуктов	-30...-35	95-98	38	-18	10-8
Охлаждения:					
мяса	-2	95-98	38	4	16-18
субпродуктов	-2	95-98	38	4	6-8
Хранения:					
охлажденных мяса и субпродуктов	-1	85-90	4	0	24
мороженого мяса и субпродуктов	-20	90-95	-8	-20	24
жира в бочках	-20	85-90	8-10	-18	24
<i>Холодильники молочных заводов</i>					
Хранения молочной продукции	0	80-85	10	4	4
Краткосрочного хранения масла	-5...-8	80-85	15	0	24
Хранения сметаны и творога	0	85	15	4	24
Длительного хранения творога	-20	90	-8	-18	24
<i>Фруктовые холодильники</i>					
Хранения:					
яблок	-1...0	85-90	20	2-4	24
винограда	-1...0	85-90	8	0-2	24

Масса тары составляет в среднем 10... 15 % массы продуктов, а для стеклянной тары-100%. Массу деревянных ящиков для фруктов принимают равной 20 % массы фруктов. Удельную теплоемкость тары принимают в зависимости от ее материала: картон, дерево - $c_T = 2,3$ кДж/кг · К), сталь - $c_T = 0,5$ кДж/кг · К), стекло - $c_T = 0,8$ кДж/(кг · К). Теплоприток от тары (Вт) определяют по выражению

$$Q_{2_T} = M_T c_T (i_{\text{пост.}} - i_{\text{вып.}}) 10^6 / (\tau \cdot 3600),$$

где M_T - суточное поступление тары, принимаемое пропорционально суточному поступлению продукта, т в сутки; c_T - удельная теплоемкость материала тары, кДж/(кг · К); $t_{\text{пост.}}$, $t_{\text{вып.}}$ - температура тары (принимается по продукту), поступающей и выпускаемой из камеры, °С; τ - продолжительность холодильной обработки продукта (принимается по продукту), ч.

Общий теплоприток от упакованных продуктов при их холодильной обработке составляет

$$Q_2 = Q_{2_{\text{пр.}}} + Q_{2_T}.$$

5.3. Теплопритоки при вентиляции помещений

Теплоприток от наружного воздуха при вентиляции Q_3 , Вт:

$$Q_3 = \frac{V \cdot a \cdot \rho_e}{24 \cdot 3,6} (i_n - i_e)$$

где V - объем вентилируемого помещения, м³;

a - кратность воздухообмена;

ρ_e - плотность воздуха при температуре и относительной влажности воздуха в камере, кг/м³;

i_n - удельная энтальпия наружного воздуха, Дж/кг;

i_e - удельная энтальпия воздуха в камере, Дж/кг.

Кратность вентиляции охлаждаемых камер принимают обычно от 1 до 4 в сутки.

Плотность воздуха зависит в первую очередь от температуры и может быть подсчитана по формуле:

$$\rho_e = 1,293 \frac{273}{273 + t_e}$$

где ρ - плотность воздуха, кг/м³

t_e - температура воздуха в охлаждаемой камере, °С.

5.4. Эксплуатационные теплопритоки

Эти теплопритоки возникают вследствие освещения камер, пребывания в них людей, работы электродвигателей, открывания дверей. Теплопритоки определяют по каждой статье отдельно.

Теплоприток от освещения q_1 (Вт) :

$$q_1 = AF$$

где А - количество тепла, выделяемого освещением в ед. времени на 1 м²

площади пола. Вт/ м²;

F - площадь камеры, м²

Количество тепла, выделяемого на 1м² площади пола, с учетом коэффициента одновременности включения можно принимать для складских помещений, камер хранения 1,2 Вт/ м².

Теплоприток от пребывания людей q_2 (Вт) :

$$q_2 = 350 n$$

где 350- тепловыделение одного человека при тяжелой физической работе, Вт;

n - число людей, работающих в данном помещении.

Теплоприток от работающих электродвигателей q_3 (Вт) :

$$q_3 = 1000 N$$

где N - мощность электродвигателя, кВт.

Теплоприток при открывании дверей q_4 (Вт):

$$q_4 = BF$$

где В - удельный приток тепла от открывания дверей, Вт/ м²

F - площадь камеры, м²

Эксплуатационные теплопритоки определяются как сумма теплопритоков (Вт) отдельных видов:

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

5.5. Выбор холодильной машины

По результатам расчета теплопритоков и в зависимости от числа камер, их расположения и температур воздуха выбирается система охлаждения. При проектировании холодильников предприятий торговли и общественного питания ориентируются на фреоновые холодильные машины с непосредственной системой охлаждения. Если суммарная площадь охлаждаемых помещений не превышает 150 м^2 , следует применять для охлаждения одну или несколько небольших по производительности фреоновых машин. Если охлаждаемая площадь более 150 м^2 и число камер больше шести, целесообразно проектировать одну или две холодильные установки с рассольной системой охлаждения.

Для охлаждения группы камер с примерно одинаковыми температурами, т.е. разность не должна превышать $3-4 \text{ }^\circ\text{C}$, можно использовать холодильные машины с малой и средней холодопроизводительностью (Приложения 9,10,11,12).

Потребная холодопроизводительность холодильной машины с учетом потерь холода и рекомендуемого коэффициента рабочего времени компрессора, Вт:

$$Q_{\text{брутто}} = \frac{\psi}{\epsilon} Q_{\text{общ}}$$

где $Q_{\text{брутто}}$ - потребная холодопроизводительность машины, Вт.;

$Q_{\text{общ}}$ - суммарный расход холода группой камер, определяемый калорическим расчетом, Вт.;

ψ - коэффициент, учитывающий потери холода в установке, вне компрессора, равный 1,07 для системы непосредственного охлаждения, при системе рассольного охлаждения - 1,12;

ϵ - коэффициент рабочего времени компрессора; (для малых холодильных машин он составляет 0,7; для средних - 0,9). Для охлаждения камеры должна быть выбрана машина, холодопроизводительность которой несколько превышала значение общего расхода холода.

По каталогу, справочнику или по приложениям 10,11,12,13 выбирается соответствующая холодильная машина со стандартной холодопроизводительностью.

Для выбранной машины уточняется предварительно выбранный коэффициент рабочего времени компрессора по формуле:

$$B_{дей.} = \frac{\psi}{Q_p} Q_{общ}$$

где Q_p - рабочая холодопроизводительность выбранной машины, Вт. Полученные значения действительного коэффициента рабочего времени должны быть в пределах 0,4-0,75 для машин с малой холодопроизводительностью.

Величина действительного коэффициента менее 0,4 указывает на то, что принята холодильная машина с завышенной холодопроизводительностью; значение выше 0,75 - с недостаточной холодопроизводительностью. В этих случаях необходимо выбрать другую холодильную машину. Для средних машин значения действительного коэффициента лежат в пределах 0,5-0,8.

После того как выбрана холодильная машина, из технической характеристики выписывают количество испарителей, входящих в состав данной машины, их теплопередающую поверхность. После этого распределяют испарители по камерам в соответствии с тепловыми нагрузками камер. Для этого необходимо определить теплопередающую поверхность испарения для каждой камеры отдельно по формуле :

$$F_{пл.} = \frac{Q_{кам}}{K_{и} \Delta t}$$

где $Q_{кам.}$ - общие теплопритоки в камеру, Вт;

$K_{и}$ - коэффициент теплопередачи испарителя, Вт/м²°C воздуха камеры, °C;

Δt - разность температур между воздухом камеры и кипения холодильного агента °C.

Величина $K_{и}$ для ребристо-трубных испарителей при $\Delta t=14-16$ °C лежит в пределах 2-4 Вт/м² °C; для воздухоохладителей $K_{и}= 12-14$ Вт/м² °C при

$\Delta t = 9-11$ °C. Необходимо устанавливать такое количество батарей со стандартной поверхностью (приложение 12), чтобы общая поверхность была близка к общей величине поверхности испарителя, полученной из расчета. В рассольных системах охлаждения используются батареи из оребренных труб. Поверхность охлаждения рассольных батарей подсчитывается отдельно для каждой камеры:

$$F_{р.б.л.} = \frac{Q_{кам}}{K_{р.б.} (t_{кам} - t_{рас})}$$

где $F_{р.б.л.}$ - коэффициент теплопередачи рассольных батарей принимается из приложения (14);

$t_{кам}$ - температура воздуха камеры, °C;

$t_{рас}$ - средняя температура рассола, поступающего в камеру, °С,
(обычно на 10-12 °С ниже температуры воздуха в группе камер).

Список используемых источников

1. Оболенский Н.В. и др.. Практикум по холодильному и вентиляционному оборудованию - М : КолосС, 2008. - 287 с.
2. Н.Г. Лашутина, Т.А. Верхова, В.П. Холодильные машины и установки
М.: Колос, 2008- 440с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Сроки и условия хранения продуктов

Продукты	Срок хранения, сут	Норма нагрузки, кг/м ²	Режим хранения	
			температура, С ⁰	относительная влажность, %
Продукты, требующие охлаждения				
Мясо охлажденное и мясопродукты	3	100-120	2	78
Мясо мороженое	5	150	-2	82
Птица охлажденная	2	120-140	2	80
Птица мороженая	5	180	-2	85
Рыба охлажденная	2	200-180	0	90
Рыба мороженая	4	200-220	-2	92
Рыба соленая	5	280	3	90
Гастрономия	3	200	2	80
Молоко	2	120-160	3	82
Простокваша, кефир	1	120-160	2	85
Сметана, творог	2	120-160	2	85
Масло сливочное топленое	3	160-200	2	85
Масло сливочное топленое	10	180-220	2	85
Маргарин	5	160-200	2	85
Сыры	5	200-220	2	85
Жиры животные	5	280	4	82
Яйца	6	120-140	3	78
Томаты, огурцы	3	270	5	82
Фрукты	5	220	4	82
Ягоды, зелень	2	80-100	5	82
Овощи	8	310	5	82
Картофель	15	450	8	82
Лук	10	200	4	80
Квасные изделия	15-20	160-240	3	80
Напитки фрукт. и минерал.	5	170-220	4	82
Полуфабрикаты мясные; рыбные; овощные	1	120-80	1	80
Торты, пирожные	1.5	140-80	1	80
Консервы	8	220-260	3	78
Отходы	1	320	0	88
Продукты, не требующие охлаждения				
Мука, крупа, сахар	5-7	450		
Макаронные изделия	12	300		
Масло растительное	5-10	280		
Сухофрукты	10	100		
Соль	10	70		
Приправа	20	100		
Джемы, повидло	4	400		
Хлебобулочные изделия	1	160		
Кондитерские изделия	5-10	200	4-6	80
Грибы сушеные	5-10	200		
Вино-водочные изделия	10	170-220	6	-
Пиво, воды	2	170-220	6	-

Среднегодовая температура наружного воздуха и вид ограждения	Коэффициент теплопередачи K, Вт/(м ² ·К), при температуре воздуха в камере, °С			
	От -15 до -10	От -10 до -4	От -4 до 0	От 0 до +4
0 °С и ниже (северная климатическая зона) наружные стены покрытия 1-8 °С (средняя климатическая зона) наружные стены покрытия 9 °С и выше (южная климатическая зона) наружные стены покрытия	0,34 0,29 0,29 0,26 0,23 0,21	0,41 0,35 0,35 0,29 0,27 0,24	0,47 0,41 0,35 0,29 0,27 0,24	0,47 0,41 0,47 0,35 0,34 0,29

Коэффициенты теплопередачи внутренних стен, перегородок и междуэтажных перекрытий

Температура воздуха более теплого помещения, °С	Коэффициент теплопередачи K, Вт/(м ² ·К), при внутренней температуре более холодного помещения, °С				
	>-15 и ниже	-15÷-10	-10÷-4	-4÷0	00÷+4
	-15	0,58	0,52	0,41	0,35
-10	0,52	0,58	0,52	0,47	0,41
-4	0,41	0,52	0,58	0,52	0,47
0	0,35	0,47	0,52	0,58	0,58
+4	0,35	0,41	0,47	0,52	0,58
+12	0,28	0,35	0,41	0,47	0,58
+18	0,26	0,29	0,35	0,41	0,58
+20	0,26	0,28	0,34	0,4	0,58
+24	0,25	0,27	0,33	0,38	0,58
+28	0,24	0,26	0,32	0,35	0,58

Расчетный коэффициент теплопроводности основных строительных и теплоизоляционных материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/м-град
Строительный	
Кладка кирпичная	0,85
Бетон	1,1-1,4
Железобетон	1,4-1,6
Асфальтобетон	0,75-0,85
Дерево	0,2-0,25
Штукатурка цементная	0,9-0,2
Облицовочные керамическ. плитки на цементном растворе	0,2-0,25
Битум	0,2
Рулонная гидроизоляция на битуме	0,25-0,3
Гравий керамзитовый	0,45-0,5
Шлак топливный	0,2-0,25
Штукатурка гипсовая (сухая)	0,12-0,35
Песок	0,46-0,58
Туф	0,46-0,58
Грунт растительный	1,16
Теплоизоляционный	
Плиты из минеральной пробки и минераловаты	0,075-0,08
Пенополистирол ПСБ-С	0,04-0,045
Пенополиуретан	0,035-0,05
Пенопласт ПХВ	0,05-0,058
Пенополистирол ПС-БС	0,04-0,05
Пенопласт ФРП	0,065-0,07
Пенобетон	0,095-0,1
Плиты перлитцементные или перлитогелевые	0,08-0,09
Парогидроизоляционные	
Пергамин и рубероид	0,14-0,18
Битум	0,18-0,2
Гидроизол	0,3-0,35
Борулин	0,29-0,35

Приложение 5

Коэффициент теплоотдачи и соответствующее термическое сопротивление, α Вт/(м К)

Поверхности помещений	Коэффициент теплоотдачи α Вт/(м ² ·К)	Термическое сопротивление $1/\alpha$, м ² ·К /Вт
Наружные поверхности наружных стен и покрытий	23,3	0,043
Внутренние поверхности помещений без принудительной циркуляции воздуха: стены, полы и потолки	8 6-7	0,125 0,167-0,143
Внутренние поверхности помещений с умеренной циркуляцией воздуха (хранение охлажденных продуктов)	9	0,111
Внутренние поверхности помещений с усиленной циркуляцией воздуха (камеры охлаждения и замораживания)	10,5	0,095

Расчетная температура и относительная влажность наружного воздуха для некоторых географических пунктов

Пункт строительства	Температура, °С		Относительная влажность, %
	среднегодовая	летняя расчетная	
1	2	3	4
Архангельск	-0,6	26	42
Барнаул	1	29	51
Брянск	5,5	30	58
Владивосток	3,9	28	-
Волгоград	7,5	34	40
Вологда	2,4	28	60
Воронеж	5,2	32	50
Нижний Новгород	2,9	29	56
Иваново	3,1	31	59
Казань	3,5	31	48
Краснодар	10,9	34	51
Красноярск	-0,8	32	54
Курск	5,2	29	55
Санкт-Петербург	4,2	26	58
Москва	3,6	28	60
Новороссийск	12,6	32	57
Новосибирск	-0,6	30	55
Омск	0,4	31	54
Оренбург	3,8	33	41
Пермь	1,3	29	57
Ростов-на-Дону	8,4	33	46
Екатеринбург	1	29	55
Сочи	13,3	30	68
Ставрополь	7,5	30	57
Тамбов	4,7	32	50
Томск	-0,6	29	60
Уфа	2,6	30	53
Хабаровск	1,2	29	65
Чита	-2,9	30	51

Избыточная разность температур (Δt_c , °C)

Стена	Географическая широта									
	40°	50°	60°	От 40 до 60°						
	Ю			ЮВ	ЮЗ	В	З	СВ	СЗ	С
Бетонная	5,9	8,0	9,8	8,8	10,0	9,8	11,7	5,1	5,6	0
Кирпичная	6,6	9,1	11,0	9,9	11,3	11,0	13,2	5,8	6,3	0
Побеленная известью или отштукатуренная с окраской в светлый цвет	3,6	4,9	6,0	5,4	6,1	6,0	7,2	3,2	3,5	0
Побеленная известью или отштукатуренная с краской в темный цвет	5,1	7,1	8,5	7,7	8,8	8,5	10,2	4,5	4,9	0
Облицованная белыми глазурованными плитками	2,3	3,2	3,9	3,5	4,0	3,9	4,7	2,0	2,2	0

Удельные энтальпии пищевых продуктов, кДж/кг, при различных температурах

Продукты	Температура продукта, °C													
	-25	-20	-15	-10	-5	0	4	10	15	20	25	30	35	40
Мясо говяжье, птица	-10,9	0	13	30,2	57,3	232,2	245,5	264,5	280,4	296,8	312,0	329,0	345,0	361,0
Баранина	-10,9	0	12,6	29,8	55,6	224,0	236,3	255,3	271,2	286,7	301,8	314,0	334,0	349,8
Свинина	-10,5	0	12,2	28,9	54,4	211,8	224,0	241,7	256,8	272,5	287,7	301,8	317,8	332,2
Субпродукты мясные	-11,7	0	13,8	33,2	62,8	261,0	274,3	296,0	312,8	330,6	348,0	366,0	384,0	401,0
Масло сли- вочное	-9,2	0	10,1	23,5	40,6	95,0	106,5	129,8	155,3	182,8	204,2	221,4	240,0	253,6
Молоко цельное	-12,6	0	14,3	32,7	62,8	317,8	334,4	358,5	378,0	398,0	418,0	437,0	458,0	477,0
Простокваша, кефир	—	—	—	—	—	0	15,9	39,4	59,0	78,6	98,4	118,0	—	—
Сметана	—	—	—	—	—	0	13,0	36,8	55,2	73,7	95,8	110,6	—	—
Творог	0	9,4	26,8	53,2	85,9	299,1	313,0	334,0	351,5	369,4	387,2	404,7	—	—
Сыр	—	—	—	—	5,5	19,7	31,0	47,7	61,5	75,7	89,6	103,8	—	—

Технические характеристики малых и средних фреоновых холодильных машин

Показатель	Марки малой холодильной машины					
	МВВ4 1-2	МКВ4 1-2	МВВ6 1-2	МКВ6 1-2	ММВ9 1-2	МКВ9 1-2
1	2	3	4	5	6	7
Число обслуживаемых камер	2	2	3	3	4	4
Холодопроизводительность при стандартном режиме, Вт	3550	5350	7000	7300	10500	10500
Потребляемая мощность подогревателя хладона, кВт	1,8	1,8	3,8	3,8	5,0	5,0
Охлаждение конденсатора	Воздуш.	Водяное	Воздуш.	Водяное	Воздуш.	Водяное
Расход воды, м ³ /ч	2,2	2,2	-	2,2	-	-
Испаритель (марка)	ИРСР-18	ИРСР-18	-	-	-	-
Поверхность охлаждения, м	-	1,5	-	1,6	-	2,4
Количества испарителя	18	18	-	-	-	-
Марка воздухоохладителя	-	-	ВО-2	ВО-2	ВО-2	ВО-2
Теплообменная поверхность, м ²	4	4	-	-	-	-
Количество воздухоохладителя	-	-	3	3	4	4

Фреоновые холодильные машины

№, п/п	Марка холодильной машины	Холодопроизводительность, Вт
1	2	3
1	ВС 1,1-3	1280
2	ВС 1,8-3	2090
3	МВВЧ-1-2	3500
4	МКВЧ-1-2	5350
5	МВВ6-1-2	7000
6	МКВ6-1-2	7000

Краткая техническая характеристика фреоновых холодильных машин с герметичными компрессорами типа ВС

№, п/п	Технические показатели	ВС 1,1-3	ВС 1,8-3
1	Холодопроизводительность, Вт	1280	2090
2	Холодильный агент	R12	R12
3	Компрессор (марка)	ФГС 1,1-3	ФГС 1,8-3
4	Электродвигатель (марка)	ДГХ-0,55	ДГХ-0,9
5	Мощность электродвигателя, кВт	0,55	0,9
6	Напряжение, В	380/220	380/220
7	Испаритель (марка) Поверхность испарительной батареи, м ² Количество испарительных батарей, шт.	ИРСН-7,5С 7,5 3	ИРСН-12,5С 12,5 3
8	Терморегулирующий вентиль (марка) Количество вентиляей, шт.	ТРВ-1М 2	ТРВ-2М 2
№, п/п	Технические показатели	МВВЧ6-1-2	МКВЧ6-1-2
1	Холодопроизводительность, Вт	7000	7000
2	Холодильный агент	R12	R12
3	Потребляемая мощность, кВт	3,6	3,2
4	Напряжение, В	380/220	380/220
5	Компрессор (марка)	2ФВБ6	2ФВБС6
6	Воздухоохладитель (марка) Поверхность воздухоохладителя, м ² Количество воздухоохладителей, шт.	ВО-2 18,5 3	ВО-2 18,5 3
7	Терморегулирующий вентиль (марка) Количество вентиляей, шт.	ТРВ-2М 3	ТРВ-2М 3
№, п/п	Технические показатели	МВВ91-2	МКВ91-2
1	Холодопроизводительность, Вт	10500	10500
2	Холодильный агент	R12	R12
3	Потребляемая мощность, кВт	5,4	4,5
4	Напряжение, В	380/220	380/220
5	Компрессор (марка)	4ФУБС9	4ФУБС9
6	Воздухоохладитель (марка) Поверхность воздухоохладителя, м ² Количество воздухоохладителей, шт.	ВО-2 18,5 4	ВО-2 18,5 4
7	Терморегулирующий вентиль (марка) Количество вентиляей, шт.	ТРВ-2М 4	ТРВ-2М 4

Показатели	Марки холодильной машины					
	ХМФВ 20/11	ХМФВ 20/1	ХМФВ 40/11	ХМФВ 40/1	ХМФВ 80/11	ХМФВ 80/1
1	2	3	4	5	6	7
Холодопроизводительность Вт	16600	25600	32500	500	76600	95500
Потребляемая мощность, кВт	6,0	8,6	10,0	17,5	27,4	38,5
Конденсатор	КТР-9	КТР-12	КТР-18	КТР-25	КТР-35	КТР-50
Охлаждение конденсатора	Водяное	Водяное	Водяное	Водяное	Водяное	Водяное
Расход воды, м ² /ч	Расчетным путем					
Испаритель (марка)	ИТР-12	ИТР-18	ИТР-25	ИТР-35	ИТР-50	ИТР-70
Поверхность охлаждения, м ²	12	18	25	35	50	70
Число испарителей	1	1	1	1	1	1

Методические указания

Холодильное и вентиляционное оборудование: методические указания по выполнению расчетно-графической работы для студентов по направлению подготовки бакалавров 35.03.06 «Агроинженерия» профиль «Технологическое оборудование для хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» очной формы обучения/сост. А.Н. Смирнов. - Караваево: Костромская ГСХА, 2019. — 29 с.

Учебно-методические указания выпускаются в авторской редакции