**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение 5

Тепло- и массообмен при охлаждении воздуха различными оребренными поверхностями 7

Конструкторско–технологическая часть 25

Заключение 30

Литература 31

Приложения

**ВВЕДЕНИЕ**

Процессы охлаждения присутствуют во всех без исключения областях хозяйства страны и в первую очередь – это функционирование холодильной цепи, обеспечивающей население продуктами питания и, соответственно, продовольственную безопасность страны.

Холодильная промышленность обеспечивала и сейчас может обеспечивать формирование, хранение государственных резервов и ресурсов для поставок спецпотребителям. Одновременно эта система является одним из ключевых стабилизирующих звеньев формирующейся рыночной инфраструктуры агропромышленного комплекса страны.

Распределительные холодильники, предназначенные для длительного единовременного крупнотоннажного хранения скоропортящегося сырья, обеспечивают ритмичность производства в отраслях животноводства и бесперебойное снабжение мясом населения страны.

В последние годы в России наметились позитивные сдвиги в развитии холодильной промышленности. Созданы новые производства холодильного оборудования для предприятий торговли и общественного питания, техники быстрого замораживания, сборочные цеха холодильных машин, производства отдельных комплектующих изделий, наметился существенный прирост выпуска быстрозамороженной продукции. Вместе с тем, на большинстве хладокомбинатов используется морально и физически устаревшее оборудование с большим содержанием аммиака, не отвечающее современным требованиям промышленной безопасности. Неудовлетворительными темпами идет реконструкция устаревших холодильных систем и внедрение новых скороморозильных отечественных установок. Большое количество техники на российских хладокомбинатах нуждается в замене. Другим важным моментом является то, что техника должна быть современной. Спрос на низкотемпературные склады ежегодно растет на 15–30% и далее будет увеличиваться, поскольку действующие хладокомбинаты не в состоянии обеспечить нарастающую потребность импортеров, производителей и операторов оптовой торговли.

Предприятие которое мы рассматриваем, занимается хранением замороженных полутуш, масла и мяса в брикетах. Общая характеристика производства: цех компрессии предназначен для обеспечения холодом кмер холодильника. Введен в эксплуатацию в 1961 г. Проектная производительность по холоду 695кВт. Ежегодно вырабатывается холода 1547 Гкал.

Получение холода производится аммиачными холодильными установками по системе непосредственного охлаждения.

Аммиачная система насосная с нижней подачей с двухступенчатым сжатием. В 1983г. проведена реконструкция цеха. В 2005г. произведена замена агрегата АДС-РАБ-200А на АД-130.

В цехе установлены холодильные компрессора: А-350-7-2 (одноступенчатый винтовой 4 шт), А-110-7-2 (одноступенчатый поршневой 4 шт). Кроме того, в цехе компрессии установлены: дренажный ресивер 5 РД, циркуляционный ресиер 3,5 РДв (2 шт), маслоотделитель 100 МА, маслосборник 300 СМ-2 шт, сосуд промежуточный СП600 – 4 шт, линейный ресивер 5 РД – 2 шт, маслоотделитель 150 ОММ, испарительный конденсатор ИК-125 – 3 шт, маслосборник 300СМ – 1 шт. В холодильных камерах установлены пристенные и потолочные батареи.

Основной задачей данного дипломного проекта является измерение и исследование влажности воздуха при отрицательных температурах в камерах хранения ФГКУ комбината «Малахит» Росрезерва в г. Кемерово. А также измерение целостности изоляции наружных стен холодильных камер.

**ТЕПЛО- И МАССООБМЕН ПРИ ОХЛАЖДЕНИИ ВОЗДУХА РАЗЛИЧНЫМИ ОРЕБРЕННЫМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ**

В данном литературном обзоре рассмотрим одно из таких понятий как влажность воздуха в холодильных камерах. Какими методами и средствами производиться измерение влажности. Для чего требуется её увеличение в холодильных камерах при хранении продукции, например замороженного мяса в полутушах.

Так же узнаем какими способами происходит увеличение влажности воздуха в холодильных камерах.

Разберем что происходит с продуктом при понижении и повышении влажности воздуха.

А так же рассмотрим такое понятие как холодильник резервного фонда, их виды и для чего они нужны.

Начнем с того что вспомним что же такое влажность.

Влажность - это показатель содержания воды в физических телах или средах. Понятие влажности можно раздели на два составляющих понятия – это абсолютная и относительная влажность воздуха.

Абсолютная влажность воздуха - это величина равная количеству водяного пара, содержащемуся в одном кубическом метре воздуха.

Относительная влажность воздуха - это процентное отношение абсолютной влажности к плотности насыщенных паров влаги при данной температуре. Обозначается греческой буквой φ.

Влажность воздуха в холодильной камере зависит от способа охлаждения, конструктивных особенностей холодильника, вида и условий хранения продуктов (растительные или животные, свежие, охлажденные, замороженные), а также от качества уплотнения и изоляции входной двери в холодильную камеру.

Избыточная (повышенная) влажность воздуха в холодильной камере не только ухудшает условия хранения продуктов, но и влечет за собой повышенное потребление электроэнергии. Охлаждающие батареи быстрее обрастают снежной «шубой» в результате чего их чаще следует оттаивать, вследствие чего продукт, хранящийся в камере, хуже охлаждается. Увеличение нагрузки на холодильный агрегат не способствует увеличению его долговечности.

Степень относительной влажности воздуха внутри холодильной камеры и поверхности мяса сильно сказывается на сохраняемости мяса и его санитарных качествах.

Если мясо находится в герметичной упаковке, относительная влажность воздуха в холодильной камере, где оно находится на хранении, может меняться в диапазоне от 75% до 80%.

Если мясо не упаковано, относительная влажность в обязательном порядке должна быть более высокой, то есть находиться в диапазоне от 85% до 90%. Если влажность будет слишком низкая, мясо будет обезвоживаться и высохнет, то есть произойдет усушка продукта. Если влажность будет слишком высокой, мясо покроется слизью либо плесенью, следовательно продукт будет не пригоден к потреблению.

Для поддержания заданной влажности воздуха в холодильной камере нужно правильно подобрать пару компрессор - воздухоохладитель, потому что только совместная работа этих двух элементов холодильной установки в конечном итоге будет определять относительную влажность охлаждаемого воздуха в камере.

Температурный напор на испарителе ∆ равен разности между температурой воздуха на входе в испаритель и температурой кипения холодильного агента. Чем ниже значение ∆, тем выше относительная влажность воздуха в холодильной камере, следовательно увеличение температурного напора ∆ приведет к падению относительной влажности охлаждаемого воздуха.

При понижении температуры кипения хладагента, то есть при увеличении полного температурного напора возрастает доля влаги, которая теоретически может выделиться из окружающего воздуха и осесть на охлаждающих батареях в виде конденсата или инея (льда). Следовательно, результатом данного процесса является то что через некоторое время в холодильной камере устанавливается определенная влажность охлаждаемого воздуха, соответствующая заданной температуре воздуха и температуре кипения холодильного агента в охлаждающих батареях.

Теперь рассмотрим такое понятие как промышленный холодильник резервного фонда.

Промышленный холодильник представляет собой промышленное предприятие, предназначенное для охлаждения, замораживания и хранения пищевых продуктов.

Промышленный холодильник, функционирующий как самостоятельное предприятие, может включать в свой состав: охлаждаемый склад с автомобильными и железнодорожными платформами, компрессорное и конденсаторное отделения холодильной установки, градирню для охлаждения конденсаторов холодильной установки, резервуары и насосную станцию оборотного водоснабжения, административно-бытовой корпус и другие здания и сооружения.

Промышленные холодильники можно разделить на несколько видов: производственные, заготовительные, базисные, распределительные, портовые, мелкие, транспортные.

Холодильник ФГКУ комбината «Малахит» Росрезерва в г. Кемерово относиться к такому виду холодильников как распределительные.

Распределительный холодильник предназначен для равномерного обеспечения города продуктами питания. Данные холодильники характеризуются большой вместимостью холодильных камер для хранения продуктов питания.

Ёмкость холодильных камер промышленных холодильников измеряется в тоннах. По емкости промышленные холодильники делятся на: малые - меньше 500 тонн; средние - до 5000 тонн; крупные - больше 5000 тонн. Крупные промышленные холодильники чаще всего бывают многоэтажными.

Количество этажей зависит от назначения холодильника и условий площади хранения. Большое количество этажей не особенно удобно для загрузки и разгрузки хранимых в данном холодильнике продуктов. Оптимальной для промышленного холодильника считается этажность: 5 этажей.

Температура, с которой принято работать промышленным холодильникам, находится в диапазоне от +4°С до -40°С.

На промышленном холодильнике холодильные камеры можно разделить в зависимости от температурного режима внутри камер: для хранения охлажденных продуктов - температура воздуха от +4°С до -5°С; для хранения мороженых продуктов - от -20°С до -30°С; а также универсальные камеры - от 0°С до -30°С; камеры охлаждения - до -10°С; камеры замораживания - от -30°С до -40°С. Все холодильные камеры оборудованы теплоизолированными входными дверьми.

Грузовые работы по приёму и выдаче грузов механизируются с помощью подъёмнотранспортных механизмов таких как грузовые лифты (для многоэтажных холодильников), вилочные электропогрузчики, грузовые тележки и т.д.

Влажность и температурный режим в холодильных камерах определяются в соответствии с технологическим процессом хранения продукта в камере.

Сейчас разберем какие способы регулирования влажности применяются в мировой и отечественной практиках.

Для регулирования влажности охлаждаемого воздуха в холодильных камерах в мировой практике широко используется способ распыления воды. Эффективность увлажнения при таком способе зависит от тонкости распыления воды. Наиболее обширное распространение получил способ увлажнения воздуха при помощи пневмомеханических форсунок тонкого распыления. Вода поступает в форсунки под напором из водопровода, а сжатый воздух подается компрессорной установкой.

К недостаткам данного способа можно отнести то что данное устройство увлажнения охлаждаемого воздуха не может обеспечить влажность более 96% из за быстрого замерзания крупных капель воды и малого радиуса факела распыления.

В отечественной практике часто встречается способ увлажнения охлаждаемого воздуха паром. Из парогенератора, состоящего из специальных электрических кипятильников которые заполняются только дистиллированной водой, приготовленный пар по паровой магистрали подается в охлаждаемый объём камеры подмешиваясь к охлаждаемому воздуху.

К плюсам данного метода можно отнести лучшую усвояемость пара воздухом, в сравнении при увлажнении с применением воды.

Из отечественных разработок увлажнения воздуха в холодильной камере можно особенно выделить разработку РЭА им. Г.В. Плеханова.

Для получения влагонасыщенной среды в холодильной камере хранения был разработан термодинамический генератор (ТГВ).

Принципиальная схема холодильной камеры, оборудованной термодинамическим генератором, показана на рис. 1.1.

Небольшое количество воздуха сжимается в нагнетателе, затем в компрессоре и только после предварительного охлаждения в теплообменнике воздух увлажняется слегка перегретым паром, полученным с помощью парогенератора. Образовавшиеся капли влаги отделяют при помощи каплеотделителя.

Далее увлажненный воздух расширяется в турбодетандере и направляется в объём холодильной камеры, охлаждение воздуха внутри которой производится парокомпрессионной холодильной машиной. При адиабатном расширении увлажненного воздуха в турбодетандере с отводом внешней работы в нагнетателе его достаточно охладить только до температуры воздуха внутри холодильной камеры. Находящийся в воздухе пар останется в переохлажденном метастабильном состоянии. Пересыщенный влагой воздух метастабильного состояния представляет собой однофазную систему, в которой водяной пар находится в переохлажденном состоянии. При наличии определенных факторов он способен к конденсации с последующим образованием льда, структура которого отличается от структуры инея.

Для проведения непрерывного регулирования и контроля параметров охлаждаемого воздуха в холодильной камере для данной установки был разработан комплекс аппаратуры с микропроцессорными блоками управления.

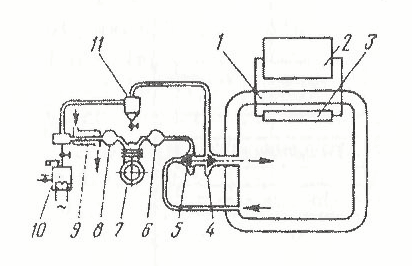


Рис. 1.1 - Схема холодильной камеры, оборудованной термодинамическим генератором (ТГВ): 1 - холодильная камера; 2 – холодильная машина; 3 - прибор охлаждения; 4 - турбодетандер; 5 - нагнетатель; 6, 8 - ресиверы; 7 - компрессор; 9 - теплообменник; 10 - парогенератор; 11 - каплеотделитель.

Аппаратура контроля и регулирования влажности (АКРВ) состоит из двух основных блоков: блок съёма первичной информации (БПИ) и блок электронно-измерительный с микропроцессором (БЭИМП).

Структурная схема аппаратуры регулирования и контроля относительной влажности воздуха представлена на рис. 1.2.

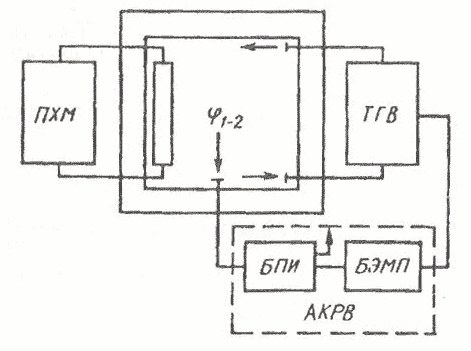


Рис.1.2 - Схема автоматического контроля и регулирования влажности пересыщенного воздуха в холодильной камере: АКРВ - аппаратура контроля и регулирования влажности; БПИ - блок съема первичной информации; БЭИМП - блок электронно-измерительный с микропроцессором; ТГВ - термодинамический генератор пересыщенного воздуха; ПХМ - парокомпрессионная холодильная машина.

В блок съёма первичной информации вмонтирован микровентилятор, с помощью которого производится отбор пробы воздуха из камеры и его подогрев до минимальных положительных температур при помощи подогревателя неизменной мощности. В проточной части блока съёма первичной информации размещено две термопары, одна из которых покрыта батистовым чехлом, находящимся в баллоне с дистиллированной водой. Блок электронно-измерительный с микропроцессором включает в свой состав узел усиления сигналов термопар, узел электронно-измерительного устройства и микропроцессор.

Разработана также упрощенная модификация аппаратуры контроля и регулирования влажности, а точнее аппаратура, осуществляющая только контроль влажности пересыщенного влагой воздуха. В таком приборе для измерения температур применены термопары с электронными преобразователями их показаний в цифровой код.

Блок-схема алгоритма программы работы микропроцессора представлена на рис. 1.3.

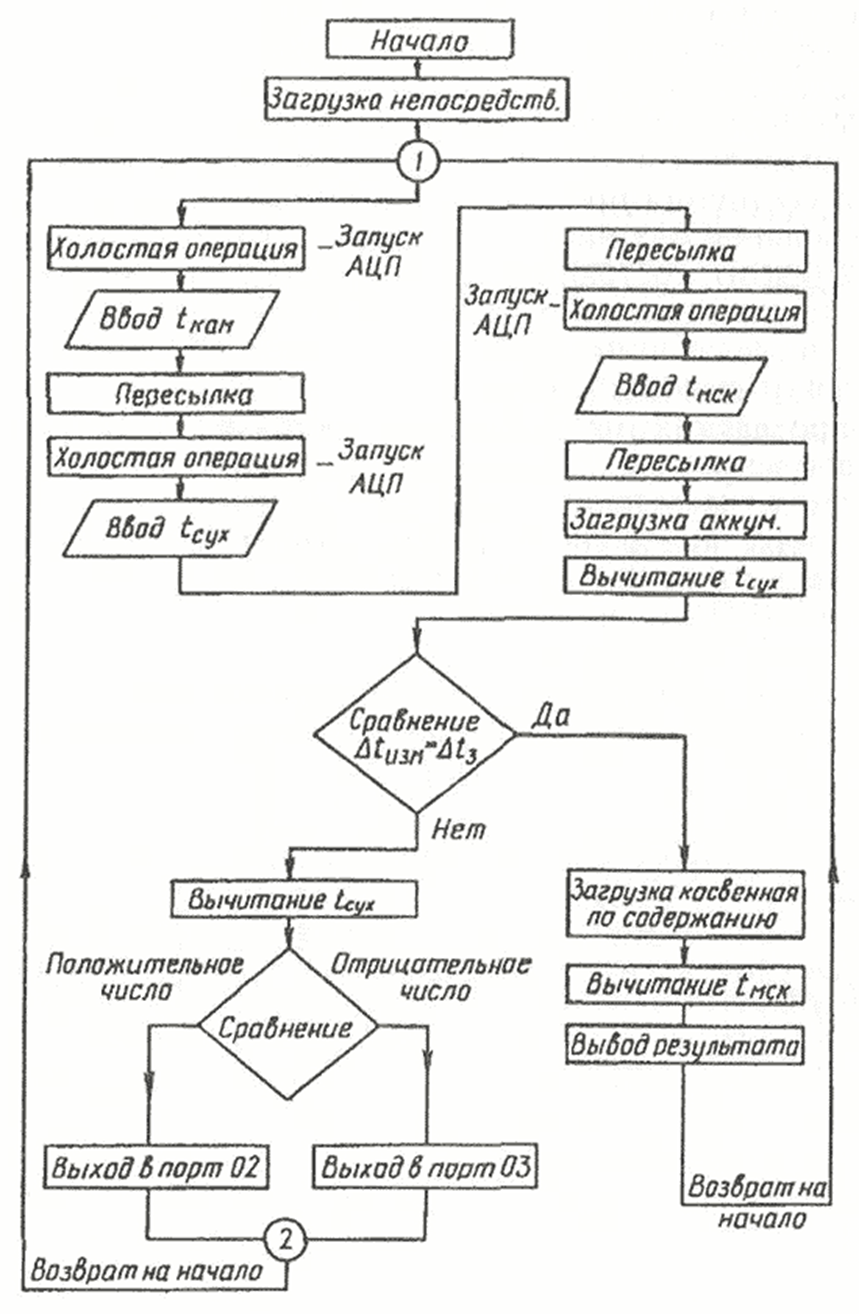


Рис.1.3- Блок-схема контроля и регулирования влажности пересушенного воздуха в холодильной камере.

Для создания внутри холодильной камеры атмосферы с избыточным содержанием влаги существует разработанная система охлаждения, обеспечивающая смешивание холодного воздуха холодильной камеры с воздухом, имеющим более высокие влагосодержание и температуру.

В системе охлаждения с увлажнением воздуха применяют воздухоохладители (рис. 1.4), увеличивающие интенсивность теплообмена в холодильной камере путем принудительной циркуляции воздуха. Подача струи увлажняющего воздуха в поток воздуха, выходящего из воздухоохладителя, позволяет использовать вентилятор воздухоохладителя для того чтобы распределение подаваемой влаги происходило по всему объему холодильной камеры.

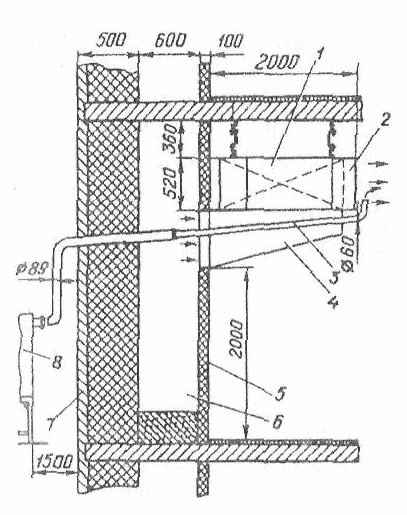


Рис. 1.4 - Схема размещения воздухоохладителя в камере с увлажнением воздуха: 1 - воздухоохладитель; 2 - воздуховод, направляющий поток воздуха; 3 - трубопровод подачи влажного воздуха, оборудованный гибким нагревательным элементом и теплоизолированный на участках, проходящих и камере; 4 - всасывающий воздуховод; 5 - экран; 6 - продух; 7 - наружная стена; 8 - парогенератор.

Испытания холодильных камер с воздушным охлаждением и увлажнением показали, что в процессе хранения замороженного мяса заснеживание верхней поверхности штабеля происходит неравномерно. Толщина снежного покрова на штабеле но ходу движения охлаждённого и увлажнённого воздуха уменьшается с 60 - 70 мм до 5 - 10 мм.

Расчет количества влаги, которую необходимо подавать в холодильную камеру хранения замороженного мяса для достижения в ней требуемого пересыщения воздуха влагой, следует проводить с учетом неравномерного влаговыпадения, которое можно определить закономерностями движения двухфазных потоков с различной относительной скоростью.

При смешивании охлажденного в воздухоохладителе воздуха с подаваемым из увлажнителя более теплого повышенного влагосодержания в месте смешивания воздушных потоков избыточная парообразная влага неизбежно конденсируется в виде мелкодисперсных капель, вследствие чего образуется туман.

Процесс образования тумана можно разделить на три стадии: достижение необходимо высокого пересыщения воздуха влагой, образование зародышей конденсации и их рост в движущейся струе пересыщенного влагой воздуха. Дисперсность тумана в конце процесса определяется соотношением между скоростями образования зародышей и их роста, а затем и временем образования мелких капель в пересыщенном воздухе.

Конденсируемые капли имеют радиус порядка 10 - 15 мкм. Они довольно быстро достигают радиуса в 20 - 25 мкм вследствие слияния. Главным фактором, определяющим рост слияния, является интенсивность турбулентного потока воздуха. Затем основным механизмом роста становится гравитационное слияние.

Переохлаждённые капли воды находятся в неустойчивом состоянии. При столкновении они замерзают, превращаясь в кристаллы льда, рост которых продолжается за счёт конденсации на их поверхности избыточного пара до тех пор, пока кристаллы льда не выпадут из потока воздуха либо не исчерпается избыток водяного пара.

Двухфазный поток из частиц влаги и воздуха, поступая в объем камеры в виде струй, создает разрежение, вследствие чего в струю всасывается воздух и из камеры. Это ведёт к расширению струи, потере скорости и торможению капель влаги. Естественно, что капли влаги, более плотные по своей структуре, чем воздух, не следуют за воздушным потоком при резком падении его скорости.

Для выяснения закономерностей движения частиц влаги в двухфазных турбулентных струях были проведены экспериментальные исследования, которым предшествовали предварительные расчеты. Их проводили для двух начальных скоростей потока воздуха 5м/с и 2 м/с и трех радиусов капель влаги 50мкм, 25мкм и 10 мкм.

Уравнение движения материальной точки имеет вид:

ma = F1 + F2 +…+Fn (1.1)

где m - масса материальной точки; а - ускорение материальной точки; F1,F2,…,Fn - силы, действующие на материальную точку.

С учетом уравнения (1.1) и очевидного равенства:

(1.2)

Условия равновесия сил при движении капель влаги, считая их сферическими, записаны в виде дифференциального уравнения:

(1.3)

где v - скорость материальной точки;

t - время;

x - расстояние вдоль оси от начала струи до рассматриваемой точки;

yB - плотность воздуха;

S - площадь проекции капель на плоскость, перпендикулярную к скорости потока;

Cf - коэффициент сопротивления;

m - масса капель;

g - ускорение свободного падения;

vB - скорость воздуха;

vK - скорость капель.

Так как в свободном потоке величины скорость vB,vK, Cf переменные и их изменения связаны сложными зависимостями, уравнение (1.3) решали методом численного интегрирования.

Величина ∆x после нескольких вариантов расчета была принята равной 0,02 м. Разность скоростей воздуха и капель влаги на отрезке ∆x считалась постоянной, равной их разности соответственно в начале и середине временного интервала.

При расчете профилей скоростей капель в поперечных сечениях струи приняли, что капли движутся вдоль прямолинейных лучей, выходящих из полюса струи.

Расчеты проводили при одинаковых начальных скоростях капель влаги и воздуха в струе. Температура и давление окружающей среды составляли -20°C и 780 мм.рт.ст., начальный радиус струи 25 мм, коэффициент турбулентности 0,075.

Результаты расчетов показали, что в свободной горизонтальной струе влажного воздуха скорость даже небольших капель влаги (радиусом 20 мкм) в среднем в 2 раза меньше скорости воздуха.

Результаты экспериментальных исследований свидетельствуют, что при достаточно малых размерах капель сила тяжести незначительна по сравнению с силами инерции и трения, вследствие чего капли движутся вместе с потоком охлажденного воздуха, при этом их скорость меньше средней скорости струи.

В зоне смешивания струи с воздухом камеры соотношение сил, которые действуют на каплю, меняется. Существенно увеличивается сила трения, являющаяся основной причиной торможения капель и выпадения их из потока.

В реальных условиях эксплуатации холодильных камер хранения струя после выхода из сопла воздухоохладителя распространяется не симметрично оси канала, образованного между верхней поверхностью штабеля и потолком, а изгибается к поверхности штабеля, прилипает к ней и дальше распространяется по настильной траектории. При этом поперечное сечение струи увеличивается, а средняя скорость воздуха в струе падает и в конце штабеля составляет всего лишь 0,3 м/с.

Заснеживание штабеля наиболее интенсивно происходит в зоне смешивания потоков и уменьшается по ходу движения струи увлажненного воздуха.

Согласно законам инерционного осаждения вначале из струи воздуха выпадают капли, достигшие большего, так называемого критического размера. Капли меньшего размера увлекаются потоком настильного воздуха, так как их инерция недостаточна для преодоления сил, заставляющих двигаться по траектории потока воздуха. При скорости потока воздуха 3 - 4 м/с капли радиусом менее 7 - 8 мкм не осаждаются на поверхности штабеля.

Схема движения капель влаги в камере холодильника показана на рис.5.

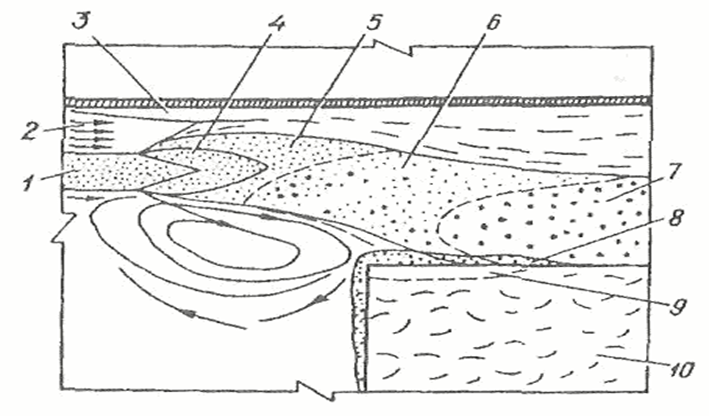


Рис. 1.5-Схема движения капель влаги в камере хранения холодильника: 1 - струя влажного воздуха от увлажнителя, t1= +30°С; 2 - поток охлажденного воздуха после воздухоохладителя, t2 = -21°С; 3 - пристенный пограничный слой воздуха; 4 - сконденсировавшаяся влага (туман); 5 - переохлажденная влага; 6 - влага с кристаллами льда; 7 - кристаллы льда; 8 - снеговые отложения; 9 - область прилипания струи; 10 - штабель мяса.

Учитывая, что начальная скорость истечения струи воздуха из воздухоохладителя 3 - 4 м/с, а длина камеры хранения не более 30 м, время движения воздуха над поверхностью штабеля при его средней скорости в 1 - 2 м/с составит, всего 15 - 30 с. При этом основной поток влаги будет поступать в грузовой объем камеры в виде капельной жидкости.

Для определения массы снежных отложений во времени необходимо рассчитать, какая часть капельно-жидкой влаги, поступающей с потоком воздуха, осядет на поверхности штабеля.

Мерой эффективности инерционного осаждения частиц на поверхности тела может служить эмпирический коэффициент захвата Е3, характеризующий отношение количества осевшей на поверхности штабеля влаги к общему количеству влаги, прошедшей над штабелем через сечение продукта.

В условиях повышенной относительной влажности воздуха в камере наблюдается адсорбция влаги из воздуха поверхностью мяса, ранее обезвоженного в результате усушки. При этом полностью возмещаются потери массы мяса от усушки при предварительном хранении и транспортировке, а также до 40% потерь при замораживании, т. е. поверхность мяса поглощает часть того количества влаги, которое было потеряно на мясокомбинате при холодильной обработке за период с момента достижения поверхностью мяса криоскопической температуры и до окончания замораживания.

Для снижения инееобразования и увеличения продолжительности сохранения качественных показателей неупакованного мяса на поверхность воздухоохладителей целесообразно устанавливать электродные приставки, благодаря которым осуществляется электроантисептирование воздушной среды и создается воздушный электроконвективный поток.

При движении влажного воздуха над охлаждающей поверхностью одновре­менно происходят процессы тепло- и массообмена. Охлаждение влажного воздуха может сопровождаться выде­лением влаги из воздуха в виде кон­денсата или инея, появление которого вносит существенные особенности в процесс тепломассообмена.

Тепломассообмен в оребренных воздухоохладителях протекает на наруж­ной поверхности ребер и труб при довольно сложном характере омывания их потоком воздуха. Образовавшийся слой инея усложняет процесс теплообмена в аппарате, оказывает дополни­тельное термическое сопротивление, вносящее значительные изменения в теплотехнические и аэродинамические характеристики воздухоохладителя. Интенсивность тепломассообмена в трубчато-ребристом воздухоохладителе зависит от диаметра труб, высоты и шага ребер, параметров воздуха и температуры наружной оребренной поверхности.

Процессы тепло- и массообмена при охлаждении воздуха различными ореб- ренными поверхностями изучали на экспериментальном стенде, позволяющем одновременно при одинаковых температурах и расходах воздуха и рассола исследовать процессы инееобразования и тепломассообмена на оребренных трубах с различной геометрией, изготовленных разными способами.

Основной узел стенда состоит из шести оребренных труб. Четыре из них являются опытными. Сверху и снизу опытные трубы ограничены вспомога­тельными, позволяющими создать одинаковые условия проведения испытания для всех поверхностей. Каждая оребренная труба расположена в отдельном канале, в котором с помощью регулирующего устройства обеспечива­ется необходимый расход воздуха.

Характеристика опытных оребренных труб приведена в таблице1.1.

Воздух увлажняли электроувлажнителем, имитирующим испарение влаги с поверхности продуктов.

Опыты проводили при температуре воздуха *tB =* — 10ч 15° С, скорости *wB* =2,54-6,6 м/ с и постоянной относи­тельной влажности ф= 100 %. Температуру рассола *ts* поддерживали равной — 19ч 20 °С.

В процессе испытаний одновременно наблюдали и оценивали работоспособность различных теплообменных по­верхностей в условиях инееобразования (Приложение А).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Литая  биметаллическая | С отдельно насадными ребрами | Со спирально-навивными ребрами | |
| Материал | Алюминиевый  сплав | Сталь оцинкованная | Сталь  оцинкованная | Сталь  окрашенная |
| Диаметр труб, мм | 38X3,0 | 38X3,0 | 38X3,0 | 38X3,0 |
| Высота ребер, мм | 25 | 30 | 30 | 30 |
| Толщина ребер, мм у вершины | 1,0 | 1,0 | 0,8 | 0,8 |
| у основания | 2,0 | 1,0 | 0,8 | 0,8 |
| Шаг ребер, мм | 15,0 | 15,0 | 13,3 | 13,3 |
| Длина ореб­ренной части трубы, м | 0,48 | 0,48 | 0,48 | 0,48 |
| Площадь оребренной по­верхности, м2 | 0,38 | 0,48 | 0,51 | 0,51 |

Таблица 1.1 – Характеристика труб

В начальный период работы на поверхности оребренной биметаллической трубы появлялся тонкий слой инея. Кристаллы инея почти одновременно образовывались как на трубе, так и у основания и на вершине ребра, что свидетельствует о высокой тепло­вой эффективности этой поверхности. В течение цикла испытаний иней осаждался равномерно по всей высоте ребра.

На трубах с насадными оцинкованными и спирально-навивными оцинко­ванными и окрашенными ребрами кристаллы инея вначале образовывались на трубах и в основаниях ребер, а затем — на всей поверхности ребер. Вся поверхность спирально-навивных ребер в течение цикла испытаний покрывалась инеем равномерно, в то время как на большей части поверхности насадных ребер интенсивность инееобразования была слабой, что объясняется низким качеством контакта ребра и трубы.

Качество контакта в основном зависит от технологии изготовления оребренных труб. Надежность контакта оребренных труб, изготовленных методом литья под давлением, обусловлена принятой технологией — формирование монолитной поверхности осуществляется под давлением (100 : 150)·105 Па при температуре алюминиевого сплава 600—700 °С. В результате исключается образование воздушной прослойки между трубой и ребром.

При насаживании ребер на трубы не всегда обеспечивается надежный контакт, качество которого зависит от степени износа штампа для изготовления ребер, а также калибровки труб. В результате при насадке рёбра к трубам могут прилегать неплотно, контакт не всегда улучшается даже при горячем оцинковании. При эксплуатации таких поверхностей не все рёбра работают эффективно, что видно из рис. 1. Соединение трубы с ребром ухудшается также тем, что при насадке ребер хвостовик воротника входит под воротник предыдущего ребра, это создает двойное термическое сопротивление контакта.

При навивке ребер обеспечивается более надежный контакт между ребром и трубой, так как контакт ленты с трубой происходит при определенном усилии, и отклонение формы трубы от формы круга не играет существенной роли. При оцинковании или покраске труб контакт между лентой и трубой улучшается. Площадь контакта ребер с трубой при таком методе почти в 3 раза больше, чем площадь контакта трубы и насадных ребер (периметр соприкосновения гофра с трубой равен длине наружной окружности ребра). В целом поверхность со спирально-навивными ребрами более эффективна, чем поверхность с насадными ребрами.

Анализ динамики осаждения инея на исследуемых оребренных поверхностях показал, что на эффективность ребер, кроме качества контакта, существенно влияет их форма (геометрия). Сечения ребер насадных и литых биметаллических имеют соответственно прямоугольную и трапецеидальную форму. В процессе испытаний на ребрах образовывался равномерный слой инея по всей их высоте (Приложение Б).

При изготовлении витых ребер у основания образуются гофры (в проекции шириной около 10 мм), которые при шаге ребер 13,3 мм образуют просвет (канал) шириной 3—4 мм. Гофры в плоскости ребра по высоте сливаются почти в середине и таким образом для прохода воздуха создается канал в виде трапеции: у основания — зауженный, у вершины — расширенный. На таких поверхностях через 8 ч работы при толщине инея 3 мм забивается межреберный просвет до середины ребра, что практически исключает эту зону ребер и труб из активного теплообмена.

Наблюдения показали, что большее количество кристаллов образуется на выпуклой части гофра. Это свидетельствует о том, что воздух лучше омывает этот участок, а в углублении создается застойная зона [5].

При увеличении толщины слоя инея кристаллы, расположенные на выпуклых частях гофров, смыкаются, изолируя углубленную часть застойным воздушным «мостом». Отмеченное явление наблюдали при относительно высоких температурах воздуха (—5 : ‒14°С) и малых скоростях, когда иней имеет рыхлую структуру.

Плотность теплового потока qF исследуемых оребренных труб различ­на: для биметаллических на всех режимах она на 50 : 60 % выше, чем для труб со спирально-навивными ребрами и на 100—120 % выше, чем для труб с насадными ребрами. При температурном напоре 0 = 10 °С величина qF для биметаллических труб колеблется в среднем от 180 до 250 Вт/ м2.

По мере осаждения инея температура ребра стремится к выравниванию, а эффективность поверхности Е для всех оребренных труб увеличивается: для биметаллических — до 0,88 — 0,92, со спирально-навивными оцинкованными и окрашенными ребрами — до 0,7—0,75 и насадными ребрами — до 0,6—0,65. Высокий коэффициент эффективности Е биметаллической поверхности обусловлен применением алюминиевого сплава для ребер и наличием плотного контакта ребра с трубой.

Инееобразование, приводящее к изменению ɑпр, Е и сопротивления Rи, сказывается и на изменении коэффициента теплопередачи k. Характер кривых k=f(τ) аналогичен характеру кривых апр=f(τ). Установлено, что для биметаллических оребренных труб значение k меняется во времени от 28 до 18,5 Вт/(м2 ∙ К) и на 50—70 и 100— 150 % превышает величину k соответственно для труб со спирально-навивными и насадными ребрами. Установлено также, что значение k для биметаллической трубы в течение цикла уменьшается на 22—27 %, а для труб со спирально-навивными ребрами — на 45—55 %.

По динамике осаждения инея разные оребренные поверхности, изготовленные различными способами, отличаются друг от друга, что влияет также и на процессы тепломассообмена.

Сравнительный анализ результатов испытания показал, что биметаллические оребренные трубы, полученные методом литья под давлением, имеют высокие теплотехнические характеристики, перспективны для использования при охлаждении воздуха в условиях инееобразования.

Использование тепловизора для наглядного представления распределения температур по объекту применяется в различных сферах. Одним из самых известных методов его использования является термография зданий. С ее помощью удается установить источники потери тепла на ограниченных участках, а так же на больших площадях. Она определяет такие источники как ошибки в теплоизоляции, тепловые мостики, недостаточная плотность изоляции, а также коэффициент звукоизоляции здания. При помощи современных тепловизоров можно установить истинное энергетическое состояние здания на данный момент.

Для расчета теплопроизводительности здания замеры предпочтительней проводить в холодное время года при работающей системе отопления и желательно при минимальной температуре окружающей среды. Термография зданий показывает распределение температуры в данный момент по поверхности определенной строительной конструкции, на которую влияют различные внешние факторы. Термография позволяет контролировать строительный процесс, анализировать ситуацию на участках, где возникли проблемы, и используется по большей части в таких сферах как анализ строительной конструкции, реставрация, а также строительство зданий.

Тепловизор – это прибор для измерения различия температур на определенном участке, не требующий никаких дополнительных действий и мероприятий. Любой предмет температурой выше нуля градусов передает электромагнитное излучение. Если вычислить интенсивность этого излучения, можно выяснить абсолютную температуру. Инфракрасный приемник излучения является сердцем тепловизора. Он может перевести колебания излучения в графическое изображение и высчитать по нему температуру.

Так возникает спектрозональная картина, отражающая реальное распределение температур по различным частям строительной конструкции. Это форма изложения обычно называется тепловым изображением или термограммой. Обычно цвета распределяют таким образом, что более светлые (красный, желтый) цвета показывают более высокую температуру, а более темные (синий, зеленый) – низкую. Если этот метод используется для экспертизы отапливаемого или наоборот остывающего здания, то он называется термография здания.

Основной предпосылкой для использования тепловизора является изменение в поступлении теплового потока под воздействием перепада или температур. Этот тепловой поток, проходя по различным локальным зонам с различной температурой, показывает различные температуры поверхностей строительной детали, которые зафиксированы тепловизором. Современные тепловизоры способны показывать разницу в температурах вплоть до сотых градуса в тепловом потоке, а значит определить слабые места в постройке при разнице внутренней температуры в помещении и окружающей среды в 10 градусов. В то время как для более простых и старых моделей была необходима разница в температурах в 20 градусов для точного определения разницы в температурах в элементах конструкции. Поэтому разрешающая способность тепловизора играет решающую роль в его использовании в течение года.

Помимо разницы температур на тепловизор могут оказывать влияние ветер, дождь или солнце, под воздействием которых здание может нагреваться либо остывать, а это влияет на точность результата. Поэтому временной интервал для измерения тепловизором строго ограничен: это либо раннее утро, либо поздний вечер в безветренную сухую погоду.

Наряду с внутренними заданными или созданными условиями определяются условия, при которых проводятся термографические исследования.

Достоверные результаты можно получить при следующих условиях:

измерения проводятся рано утром или поздно вечером.

разница внутренней температуры помещения и температуры окружающей среды составляет 10-20 градусов.

погода сухая и скорость ветра не превышает 2 м/с.

во внутренних помещениях

поддерживается равномерная температура (внутри здания двери открыты, окна закрыты).

возможно учет изменения интенсивности работы системы отопления, если это заложено.

Как правило, замеры тепловизором можно проводить как снаружи, так и внутри здания. Оба метода имеют свои плюсы и минусы. Обычно для выбора оптимального расположения тепловизора для снятия показаний учитываются конструкция здания и условия окружающей среды. Так, например, дома, оснащенные радиаторами, принято снимать с наружной стороны здания.

Как правило, термография проводится для быстрого и наглядного определения тепловых мостиков и вреда, нанесенного внешнему фасаду влажностью. Зачастую таким образом можно проанализировать всю внешнюю поверхность здания. Позиция для максимально точного замера в этом случае варьируется и может быть скорректирована специальной теле- или широкоугольной оптикой. Однако в этом случае полученные данные будут скупыми и могут содержать искажения. Также надо учитывать холодное излучение, которое может отражаться от крыш и окон здания. В этом случае термограмма может быть заметно холоднее, чем состояние здания на самом деле.

Количественный анализ распределения температур не учитывает коэффициент излучения и фоновое излучение. При этом неважно делается ли анализ камерой на месте или впоследствии обрабатывается специальным программным обеспечением. Коэффициент излучения как мера исчисления для материала оказывает на точность результата большое влияние. Чем больше разница между температурой объекта и температурой окружающей среды (фоновое излучение), и чем меньше коэффициент излучения, тем больше будет ошибок, если не провести коррекцию. Количественный анализ внешних стен требует четкого соблюдения и сбора данных об определенных условиях окружающей среды, а также учета релевантных параметров физического излучения. Поэтому рекомендуется учитывать температуру излучения окружающей среды, где расположено здание.

На практике чаще всего неправильно интерпретируются данные, полученные при анализе внешней части здания. Так дилетант воспринимает термограмму как цветную картинку, а не как сложный процесс измерения, и, как правило, слепо рассматривает лишь температуру внешней поверхности, не учитывая внешние помехи и термические эффекты, влияющие на здание.

Для детального исследования элементов конструкции предпочтительней проводить внутреннюю термографию. Здесь нет никаких климатических влияний на обследуемую поверхность. Термические показатели, снятые внутри здания, более-менее соответствуют действительности. Крыши и фасады на предмет их изоляции и непроницаемости можно снимать только с внутренней стороны здания, так как с наружной стороны под воздействием воздушных потоков возможно возникновение ошибок. Одним из наиболее часто встречающихся явлений, оказывающих вред зданию, являются мостики холода. Это ограниченные места, которые в сравнении с окружающей их поверхностью имеют повышенную теплопередачу. Они являются не только причиной энергетических потерь, но также приводят к намоканию стен, а как следствие к появлению грибка. Так при определенных обстоятельствах поступающий к холодной архитектурной детали комнатный воздух может остыть до температуры «точки росы». И вследствие конденсации влага поступает внутрь и приводит к образованию грибка.

Подобный эффект можно встретить при воздухопроницаемости особенно в штукатурке во внешних стенах облегченной конструкции. Теплый комнатный воздух из-за плохой изоляции архитектурных деталей уходит из помещения. При этом теплый воздух, который может содержать много водяного пара, может остыть до температуры процесса конденсации. Особенно большой вред подобное может нанести деревянным элементам конструкции. Проверку на герметичность поэтому, как правило, проводят внутри здания с открытыми внутренними дверями между помещениями.

Наряду с количественным исследованием при определенных условиях может быть проведено качественное термографическое исследование скрытых трубопроводов, утечек в системе отопления или состояния скрытых элементов конструкции. При этом используется тот факт, что различное тепловое сопротивление и теплоемкость оказывают влияние на прохождение тепла. Например, тот факт, являются ли объекты источниками тепла или источниками его утечки.

Описание используемого тепловизора на базе программного обеспечения Testo 875-1

Бесконтактная диагностика позволяет своевременно локализовать потенциально слабые участки при обслуживании объектов и на производстве, и тем самым предотвратить выход оборудования из строя или риск возгорания. С testo 875 возможно обнаружить источники утечек энергии и сократить затраты на отопление. Тепловизор имеет высокую температурную чувствительность (Размер детектора составляет 19200 температурных точек, поэтому объекты измерений на снимках будут представлены довольно четко). Технология SuperResolution (до 320 x 240 пикселей) улучшает качество снимков на один класс, а это значит, что разрешение тепловых снимков увеличивается в 4 раза. Благодаря отличной теплочувствительности (< 80 мК), возможно увидеть на тепловых снимках самые небольшие перепады температур. Testo 875-1 имеет функцию автораспознавания горячих и холодных точек, позволяет отображать критические температуры прямо на снимке. Режим "Солнечная энергия" позволяет ввести в тепловизор Testo 875-1 значение интенсивности солнечного излучения для каждого отдельного замера. Данные, которые были введены, сохраняются с соответствующими термограммами. Testo 875-1 имеет защитный фильтр, предназначенный для объектива. Дисплей: 3.5" LCD с 320 x 240 пикселей Температура хранения: -30 дo +60 °C Рабочая температура: -15 дo +40 °C Тип батареи: быстро заряжаемый, Li-ion аккумулятор. Ресурс: 4 ч Вес: 900 г Габариты: 152 x 108 x 262 мм Материал корпуса: ABS Тип зонда: ИнфракрасныйДиапазон измерения: -20 дo +100 °C 0 +280 °C (переключаемый) Погрешность: ±2 °C ±2% от изм. значения

Тепловизионная съемка во многом похожа на обычную фотографию, только вместо света на первое место выступает температура. Точнее, температурный контраст, т.е. разница между температурой объекта (части объекта) и температурой окружающей среды. Это значит, что чем холодней на улице и теплее в помещении - тем отчетливее термограмма. Если разница температур уменьшается, то в инфракрасном спектре изображение становится размытым и мало пригодным для анализа. Чем морозней на улице, тем точнее можно выявить "мостики холода". Согласно РД 153-34.0-20.364-00 Методика ИК диагностики (ОРГРЭС) и остальной нормативной документации для проведения тепловизионного обследования необходим минимальный температурный контраст в 10 градусов оС. Т.е. если в здании +20, то на улице должно быть

+10 оС.

Для того чтобы рассмотреть цоколь здания или кровлю необходимо чтобы они не были закрыты снегом (т.к. снег очень эффективный теплоизолятор и поглотитель инфракрасного излучения). Поэтому для проведения тепловизионного обследования фундаментов и кровель их необходимо либо почистить, либо проводить экспертизу до установления снежного покрова.

Подготовка объекта к обследованию является важным этапом, от которого зависит качество проводимого обследования. Первое: отопление помещений перед началом обследования должно быть непрерывным и равномерным на протяжении 3 суток. Если нагреть только воздух тепловой пушкой, то провести тепловизионное обследование не получится. Стены должны прогреться полностью.

В процессе тепловизионного обследования выполняется термографическая съемка различных участков ограждающих конструкций (под этим термином подразумеваются стены, окна, двери, перекрытия и т.д.), которые должны быть открыты для съемки.

По результатам проведенного обследования создается отчет о тепловизионной диагностике. Этот документ содержит все полученные в ходе обследование термограммы, на каждой из которых выделена зона аномалии, указаны точки максимальной и минимальной температуры, точное место съемки термограммы и другие сведения. Общее количество термограмм, получаемых в процессе тепловизионного обследования, - от нескольких десятков до нескольких сотен, и зависит как от размеров объекта, так и от количества выявленных дефектов (температурных аномалий).

**КОНСТРУКТОРСКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

На основании тепловизионного обследования сделан вывод о том, что тепловая защита здания не соответствует требованиям СНиП 23-02-2003 по величине сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций и санитарно-гигиеническому показателю, предъявляемому к температурному перепаду между температурой воздуха внутри и вне внутренних поверхностей ограждающих конструкций. Результаты обследования см. в Приложении В, Г, Д.

Рекомендуется осуществить реконструкцию теплоизоляционных ограждений объекта современными энергоэффективными материалами.

Расчет теплоизоляции

Планировка холодильника приведена на рис. 2.1

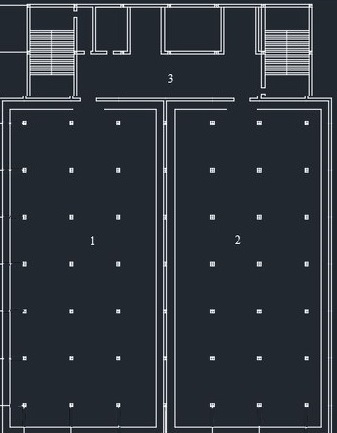


Рис.2.1-Планировка холодильника «Малахит»

1,2 – камеры хранения, 3 – административно-бытовой корпус

**Расчет толщины теплоизоляционного слоя ограждений**

Здание холодильника - каркасного типа из унифицированных сборных железобетонных элементов; колонны сечением 400х400 мм, стропильные балки односкатные длиной 12 м и высотой 890 мм. Высота камер до низа балки 5 м. Покрытие бесчердачного типа. Кровельные плиты длиной 6 м и толщиной полки 220 мм

Принимаем, что все наружные стены здания выполнены из кирпичной кладки, толщиной 200мм, с утеплителем из пенопласта. Также выполнена оштукатуривание.

Для расчета толщины теплоизоляционного слоя ограждений необходимо знать температуру воздуха внутри камер, а для наружных стен - еще и среднегодовую температуру наружного воздуха. Среднегодовую температуру наружного воздуха принимаем для г. Кемерово равной 0,0°С [3].Толщину теплоизоляционного слоя ограждения рассчитываем для всех камер.

Чем больше значение коэффициента теплопередачи  ограждения, тем больше теплоты будет проникать в охлаждаемый объем холодильника. Это приводит к необходимости в более мощной а, следовательно, и более дорогой холодильной установке. Уменьшить теплоприток можно путем уменьшения значения , что достигается применением более эффективной теплоизоляции или увеличением ее толщины.

Обследование корпуса холодильника с помощью тепловизора показало наличие неэффективных участков теплоизоляции. Это связано с отсутствием ремонта помещений, использования устаревших теплоизоляционных материалов.

**Наружные стены**

Таблица 2.1-Состав стеновой панели

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | № | Наименование  и материал слоя | Толщина  δ, м | Коэффициент теплопроводности  λ, Вт/(м·К) |  |
| 1 | Штукатурка сложным раствором по метали- ческой сетке | 0,020 | 0,98 | 0,108 |
| 2 | Теплоизоляция из пенополиуретана | Требуется определить | 0,025 |
| 3 | Пароизоляция (2 слоя гидроизола на битумной мастике) | 0,004 | 0,30 |
| 4 | Наружный слой из кирпича | 0,200 | 0,56 |

В качестве расчетной конструкции наружных стен принимаем конструкцию стен в камерах хранения замороженных грузов = -25°С. Требуемый коэффициент теплопередачи покрытия =0,23 Вт/(м2·К) [3],



Необходимую толщину теплоизоляционного слоя , м, рассчитаем по формуле (2.18) [3]:



(2.18)



где - коэффициент теплопроводности изоляционного слоя



конструкции, Вт/(м2•К);

- требуемый коэффициент теплопередачи, Вт/(м2·К);



- коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения, Вт/(м2·К);



- толщина i-го слоя конструкции ограждения, м;



- коэффициент теплопроводности i-го слоя конструкции



ограждения, Вт/(м2·К);

- коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения, Вт/(м2·К).



δиз= = 0,102

Принимаем толщину изоляционного слоя 125 мм (слой 100мм и 25мм). Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой определяем действительное значение коэффициента теплопередачи Вт/(м2·К) по формуле (2.19) [3]:



(2.19)



=

**Покрытие охлаждаемых камер.**

Таблица 2.2-Состав покрытия охлаждаемых помещений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Документ2в | № | Наименование и  материал слоя | Толщина  δ, м | Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К) |  |
| 1 | 5 слоев гидроизола на битумной мастике | 0,012 | 0,3 | 0,079 |
| 2 | Стяжка из бетона по металлической сетке | 0,040 | 1,86 |
| 3 | Пароизоляция (слой пергамина) | 0,001 | 0,15 |
| 4 | Теплоизоляция из пенополиуретана | Требуется  определить | 0,025 |
| 5 | Железобетонная плита покрытия | 0,035 | 2,04 |

В качестве расчетной конструкции принимаем конструкцию покрытия в камерах хранения замороженных грузов tв= -25°С и универсальных камерах, занимающих почти всю площадь холодильника. Требуемый коэффициент теплопередачи покрытия =0,22 Вт/(м2·К), [3]. Коэффициент теплоотдачи для внутренней поверхности принимаем =7 Вт/(м2·К), =23 Вт/(м2·К), [3].

Необходимую толщину теплоизоляционного слоя , м, рассчитаем по формуле (2.18) [3]:

δиз= = 0,107

Принимаем толщину изоляционного слоя 125 мм (слой 100мм и 25мм). Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой определяем действительное значение коэффициента теплопередачи  Вт/(м2·К) по формуле (2.19) [3]

=

**Полы охлаждаемых камер.**

Теплоизоляцию полов всех камер принимаем одинаковой. Состав пола показан в таблице 2.3. В качестве расчетной конструкции принимаем конструкцию пола в камерах хранения мороженых продуктов = -25°С.

Таблица 2.3-Состав пола охлаждаемых помещений

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Документ3а | № | Наименование и материал слоя | Толщина  δ, м | Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·К) |  |
| 1 | Монолитное бе- тонное покрытие из тяжелого бетона | 0,040 | 1,86 | 2,43 |
| 2 | Армобетонная стяжка | 0,080 | 1,86 |
| 3 | Пароизоляция (1 слой пергамина) | 0,001 | 0,15 |
| 4 | Плитная теп-  ло изоляция | Требуется определить | 0,05 |
| 5 | Цементно-пес- чаный раствор | 0,025 | 0,98 |
| 6 | Уплотненный песок | 1,5 | 0,58 |
| 7 | Бетонная подготовка с электро- нагревателями | — | — |

Требуемую толщину изоляционного слоя , м, рассчитаем по формуле (2.18):



Принимаем толщину изоляционного слоя 125 мм (один слой 100мм и один 25мм).

Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой то определяем действительное значение коэффициента теплопередачи , Вт/(м2 ·К), по формуле (2.19) [3]:



**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проделанной работы произведены исследования влажности в низкотемпературных камерах предприятия ФГКУ комбината "Малахит" Росрезерва в г.Кемерово.

Произведено тепловизионное обследование теплоизоляции стен холодильных камер.

В результате обследования выявлена неэффективность части теплоизоляционных конструкций.

Рекомендуется произвести замену вышедших из строя теплоизоляционных конструкций на новый эффективный теплоизоляционный материал.

Проведен расчет и подбор материалов, которые необходимо применять при проведении реконструкции предприятия в целях повышения энергоэффективности и снижения эксплуатационных затрат.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Богданов С.Н. и др. Свойства веществ. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1985.
2. Гоголин А.А. и др. Проектирование холодильных сооружений. Справочник. – М.: Пищевая промышленность, 1978.
3. Комарова Н.А. «Холодильные установки»: Учебное пособие. Часть І (Книга 1).Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово 2004. – 125с.
4. Комарова Н.А. «Холодильные установки»: Учебное пособие. Часть І (Книга 2).Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово 2006. – 120с.
5. Чумак И.Г., Чепуренко В.П. и др. Холодильные установки. – М.: Агропромиздат, 1991
6. Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Агропромиздат, 1989.
7. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», на основании договора 12/20-06 от 22.08. 2006 г.
8. СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», на основании договора 12/20-06 от 22.08. 2006 г.
9. ГОСТ 26254-84, 26629-85, 25380-82, 31166-2003.