

Автореферат Н
К 71 ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

КОСОЙ Станислав Михайлович

УДК 621.565

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ
КАМЕР ХРАНЕНИЯ ЗАМОРОЖЕННЫХ ПРОДУКТОВ

Специальность 05.04.03 – машины и аппараты
холодильной и криогенной техники и систем
кондиционирования

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса 1989

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
холодильной промышленности

Научный руководитель – заслуженный деятель науки УССР,
доктор технических наук, профессор
И.Г.Чумак

Официальные оппоненты: – доктор технических наук, профессор
В.А.Загоруйко
– кандидат технических наук,
старший научный сотрудник
А.М.Чернозубов

Ведущая организация – ГИПРОХОЛОД, г.Москва

Защита диссертации состоится "_____" 1989 г.
в _____ часов на заседании специализированного совета
К.068.27.01 Одесского технологического института холодильной
промышленности (270057.г.Одесса, ул.Петра Великого, 1/3,
ОТИХП).

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ОТИХП.

Автореферат разослан "_____" 1989 г.

Ученый секретарь
специализированного совета,
_____, доцент

Р.К.Никульшин

- 3 -

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Обеспечение страны продовольствием невозможно без развитой сети распределительных холодильников, системы охлаждения которых необходимо постоянно совершенствовать. В этой связи разработка и внедрение новых технических решений, направленных на повышение эксплуатационных и экономических характеристик камер хранения замороженных продуктов, составляющих до 80 % от всей условной емкости распределительных холодильников, является актуальной задачей.

Цель и задачи работы. Разработка и исследование методов и устройств активного воздействия на тепло-влажностные характеристики камер хранения замороженных неупакованных продуктов с целью снижению потерь от усушки и сохранности качества. На основе обобщения многолетнего опыта эксплуатации распределительных холодильников различных типов, проведения экспериментов в производственных условиях, разработать более совершенную систему охлаждения для камер хранения замороженных продуктов; исследовать тепло-и массообмен в камерах с активным увлажнением воздуха и теплозащитной рубашкой; определить изменение массы замороженного мяса при длительном хранении в опятных камерах.

Научная новизна. Разработаны новые способы и устройства (а.с. СССР, № 378689, 394632, 785613, 964381), направленные на снижение потерь продуктов; показаны особенности процессов тепло- и массообмена в холодильных камерах с увлажнением воздухом высокого влагосодержания, механизмы образования кристаллических изморозевых отложений; для исследования массообмена в камерах с минусовыми температурами разработан и испытан прибор "ледяной кубик"; с целью повышения эффективности воздухораспределения и увлажнения разработана камера хранения продуктов в одноэтажных холодильниках (а.с. СССР, № 1245825); предложен способ и испытано устройство для регулирования влажности воздуха в холодильной камере (а.с. СССР, № 1265440); предложен способ хранения неупакованного мяса (а.с. СССР, № 1346925) снижающий влияние увлажнения на рост снеговой шубы на приборах охлаждения.

Научные положения, защищаемые в работе. I. Снижение потерь массы замороженных продуктов в камерах с воздушным охлаждением и активным увлажнением обуславливается восприятием поступающих теплопритоков частицами переохлажденной влаги и кристаллической изморозью, выпавшей на продукте и ограждениях камеры.

xv 1185
ИНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
библиотека

2. Перенасыщение воздуха влагой сопровождается увеличением массы замороженного неупакованного мяса преимущественно в верхней части штабеля в результате адсорбции влаги и перекристаллизации осевшей на нем изморози; это увеличение массы частично компенсирует потери продукта в условиях дальнейшего хранения.

3. Процессы тепло-и массообмена и коэффициент массоотдачи в камерах хранения замороженных продуктов наиболее полно и точно исследуются методом "ледяного кубика"; куб составлен из отдельных ледяных пластин и содержит внутренний источник теплоты.

Научные результаты. Исследованы режимы и условия хранения замороженных продуктов на распределительных холодильниках, расположенных в различных климатических зонах РСФСР. Разработаны и внедрены системы воздушного охлаждения с активным увлажнением воздуха для камер одноэтажного и многоэтажного холодильников; исследованы режимы хранения замороженного неупакованного мяса в перенасыщенном влагой воздухе. Дано описание условий образования кристаллических отложений изморози и их тепловое взаимодействие с продуктом. Показано, что в большей части грузового объема камер с отрицательной температурой достижимо насыщение воздуха влагой, и процесс увлажнения управляем. Получены зависимости, позволяющие определить интенсивность кристаллических отложений в камерах с активным увлажнением. Для поддержания 100 % относительной влажности воздуха масса взвешенной влаги в смеси на входе в камеру должна быть не менее, чем масса влаги, которую воздух способен ассимилировать за счет восприятия теплопритоков и масса влаги, пошедшая на образование кристаллических отложений. Экспериментально определены величины удельного испарения с поверхности пластин льда, изморози и мяса для условий хранения замороженных продуктов.

Практическая ценность. Данные испытаний, рекомендации и технические решения по оборудованию камер хранения замороженных продуктов необходимы при реконструкции и проектировании распределительных холодильников. Воздушное охлаждение камер одноэтажных холодильников с периодическим увлажнением воздухом высокого влагосодержания позволяет сократить потери при хранении замороженного мяса в два раза по сравнению с действующими нормами для панельной системы охлаждения. Для камер средних этажей многоэтажных холодильников усушка мяса при активном увлажнении воздуха снижается более, чем в два раза.

Реализация в промышленности. Результаты диссертационной работы

применены на хладокомбинатах Росмясомолта. Внедрение воздушного охлаждения с активным увлажнением воздуха осуществлено на холодильнике в г.Клин и хладокомбинате № 12, г.Москва. Данные испытаний камер с активным увлажнением воздуха использованы в проекте ТИПРОХО-ЛОДА № 929 для строящегося холодильника № 15 г.Москвы.

Апробация и публикации. Основные положения работы докладывались на научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава ОТИХП (Одесса, 1981...1989), Республиканском совещании по совершенствованию проектирования и строительства холодильников (Москва, 1976), IV национальной научно-технической конференции с международным участием (НРБ, Пловдив, 1977), семинаре научного Совета по холоду ГКНТ СССР (Ташкент, 1980), Всесоюзной научно-практической конференции "Искусственный холод в отраслях агропромышленного комплекса" (Кишинев, 1987). По теме диссертации опубликовано 10 печатных работ. Получено 7 авторских свидетельств.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, основных выводов и приложений. Содержит 136 страниц машинописного текста, 56 рисунков. Приложения содержат: 13 фотографий, 19 таблиц, расчет экономической эффективности, материалы внедрения. Библиография включает 212 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе приведен анализ систем охлаждения распределительных холодильников. Показано, что батарейное охлаждение, повсеместно применяемое в камерах хранения замороженных мясопродуктов, не обеспечивает необходимый температурный и влажностный режимы.

Повышение эффективности действующих и проектируемых холодильников без недостатков, присущих батарейному охлаждению, возможно при внедрении воздушного охлаждения. Расчеты показали, что для снижения усушки замороженного мяса в камерах с воздушным охлаждением экономически обосновано применение активного увлажнения воздуха при существующей температуре минус 20 °С, чем хранение при рекомендуемой многими авторами температуре минус 30 °С.

В камерах с отрицательной температурой воздуха применение увлажнения сдерживалось отсутствием надежного способа его реализации. А.П.Шеффер и Д.Г.Ротов отмечали, что обычные методы и установки кондиционирования воздуха непригодны для дальнейшего повышения влажности воздуха, имея ввиду приближение ее к 100 %, когда прекращается сублимация льда, и потери массы снижаются до нуля (доклады МИХ, Д.: 1970).

Разработкой способов увлажнения холодильных камер занимались Е.С.Курылев, А.А.Гоголин, Т.Ф. Чернов, В.Ф.Лебедев, Б.С.Тихонов, Е.А.Похиленко, Г.К. Мнацаканов, В.Ф.Коляка, П.Г.Красномовец, И.Г.Чумак и др.

Наиболее близкими к практическому применению являются исследования по разработке способов уменьшения усушки замороженных продуктов, выполненные в ОТИП Г.К.Мнацакановым и В.Ф.Колякой, развивших способ увлажнения наружным воздухом повышенного влагосодержания, предложенный Т.Ф.Черновым. Этот способ активного увлажнения был совершенствован и исследован в данной работе. Использовался не наружный воздух, а отобранный из камеры (1...1,5 % от циркулирующего), который подогревался и насыщался влагой в увлажнителем устройстве, а затем подмешивался в поток, выходящий из воздухоохладителя. Это позволило стабилизировать параметры воздуха подаваемого в камеру (независимо от наружной температуры) и исключить возможность заражения мяса микроорганизмами.

Во второй главе приводятся результаты испытаний опытных камер: № 12 на одноэтажном холодильнике, г.Клин, Моск.обл. и № 26 на втором этаже хладокомбината № 12, г.Москва.

Камеры оборудовались увлажнителями и воздухоохладителями с распределением воздуха экранами: потолочным (камера № 12) и пристенным (камера № 26). Схемы камер показаны на рис. 1 и рис. 5. На Мосхладокомбинате № 12 опытной являлась также камера № 36, расположенная над камерой № 26. Камера № 36, оборудованная теплозащитной рубашкой, испытывалась без изменения существующей батарейной системы охлаждения. В обеих камерах хранили замороженную говядину в полутушах, уложенных в штабель. Изменение массы хранимого продукта определяли периодически перевеской при выгрузке и загрузке камер с участием членов рабочей комиссии. Температура воздуха в камерах поддерживалась на уровне минус 15...21 °C.

Для изучения тепло- и массообмена кроме контрольных штабелей и полутуш, в камерах размещали пластины - сублиматоры размерами 150 x 150 x 10 мм, изготовленные из оргстекла. На одни пластины наморозили лед, на другие - мясо, на третьи насыпали снег. Был изготовлен специальный прибор, получивший название "ледяной кубик", состоящий из шести квадратных пластин для наморозки льда (150 x 150 x 10 мм). Пластины крепились на жестком основании в форме куба. Внутри куба размещался электронагреватель. Пластины - сублиматоры и "ледяной кубик" размещали в проходах между штабелями и

ограждениями камеры, а также у специальных стенов, содержащих плоские нагреватели, к которым подводилась измеряемая электрическая мощность. Масса пластин, в т.ч. и "кубика", периодически контролировалась с погрешностью $\pm 0,01$ г.

Динамика кристаллообразования и перенасыщение воздуха оценивались по осаждению изморози на контрольных черных нитях толщиной 0,2...0,3 мм, развешенных по объему опытных камер и подвешенных в камерах к торсионным весам ВТ-500 с ценой деления 0,005 г.

При работе увлажнителя относительная влажность воздуха камеры по показаниям гигрографов, тарированных в ледяном ящике, составляла 1,0...1,04. После отключения увлажнения камеры в течение последующих суток относительная влажность воздуха снижалась до 0,99...0,98 (при работающих воздухоохладителях, в летний период испытаний).

Расход теплого влажного воздуха (с параметрами: $t_t = 25$ °C и $\varphi_t = 80$ %) составлял 45 кг/ч. Через воздухоохладитель циркулировало 3800 кг/ч при температуре в камере минус 20 °C. В результате смешения потоков воздуха температура в камере повышалась на 0,4...0,7 °C. Высокое перенасыщение воздуха наблюдалось в зоне подвода влаги. На расстоянии 50 мм от подводящего патрубка влажного воздуха температура смеси составляла минус 6 °C, а на расстоянии 150 мм - минус 16...17 °C. Влагоотвод воздухоохладителей (W_0) определялся по количеству конденсата, образующегося при оттаивании.

В период испытаний камеры № 12 (г.Клин) производительность увлажнителя по влаге составляла 1,9...2,6 кг/ч. Из этого количества часть влаги усваивалась воздухом камеры, а другая - кристаллизовалась на продукте в виде изморозевых отложений.

На рис.1 показано распределение кристаллических отложений в камере № 12 к концу срока хранения. Наиболее заснеженной оказалась лобовая по ходу движения перенасыщенного воздуха часть штабеля. Вдали от зоны смешения и центра камеры кристаллы изморози на штабеле и нитях становились более мелкими, а на расстоянии 1,5...2,5 м от пола и у наружной стены не образовывались. В центре штабеля относительная влажность воздуха была на уровне 1,0, а у пола понижалась до 0,99...0,98. Перенасыщение воздуха наблюдалось в зоне смешения потоков под экраном 5 и потолком камеры. На большей части внешней поверхности штабеля (до 85 %) образовывались кристаллы изморози. Изморозь проникала между полутушами вглубь штабеля на 0,5 - 1,0 м. У торцевой стены и у пола камеры воздух не был насыщенным вследствие наружных теплопритоков и от электрообогрева грунта.

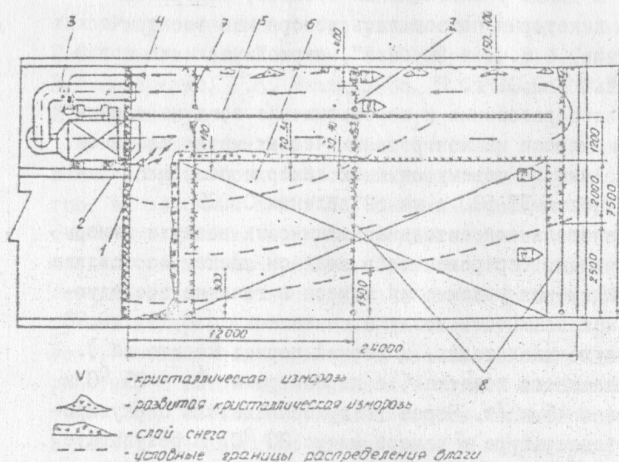


Рис.1. Распределение кристаллических отложений в камере № 12: 1,4 - воздуховоды увлажнителя; 2,3 - воздуховоды воздухоохладителя; 5 - экран потолочный; 6 - штабель мяса; 7,8 - контрольные нити; I...IV - гигрографы

Взвешивание контрольных полутуш при выгрузке камеры показало, что усушке подверглись полутуши, хранившиеся у пола и наружной стены. Контрольные полутуши, хранившиеся в верхней части штабеля под слоем изморози несколько увеличили свою массу.

Хранение 236 т замороженной говядины I кат. в камере № 12 (с увлажнением, г.Клин) в период апрель - ноябрь показало уменьшение усушки в 5,7 раза по сравнению с нормативной.

Аналогичные данные были получены в опытах при хранении 85 тонн замороженной говядины в камере № 26 Мосхлагокомбината № 12. Партия мяса хранилась в камере с увлажнением на протяжении 10,5 месяцев и практически не подверглась усушке. За тот же период хранения 185,8 т говядины в камере № 36 (с теплозащитной рубашкой, без увлажнения) усушка мяса составила 3,47 т, что на 61 % превышает нормативные потери. Сверхнормативные потери мяса в камере № 36 объясняются снижением теплозащитных свойств изоляции наружных ограждений и низкой степенью загрузки камеры продуктом (40 % от емкости). На рис.2 представлены режимные параметры камер № 26 и № 36 за период испытаний. Кривыми 3 и 3' показано изменение массы контрольных полутуш, хранившихся в камерах на весах. Усушка полутуши в камере № 36 составила 3,3 % (3'). Полутуша же в камере № 26 практически не подверглась усушке (3'). В первые 5 мес. на полутуше, хранившейся в перенасыщенном воздухе камеры № 26, кристаллизовалась влага, которая в последующие месяцы при периодическом увлажнении (4) и повышении

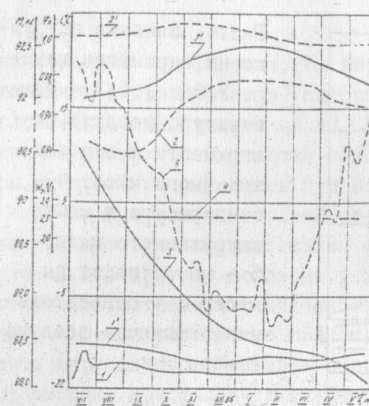


Рис.2. Основные параметры опытных камер в период испытаний: 1, 2' и 3' - температура, относительная влажность воздуха и масса полутуши в камере № 26; 1, 2, 3 - то же в камере № 36; 4 - периоды работы увлажнителя; 5 - температура наружного воздуха

теплопритоков в камеру сублимировалась.

Испытания показали технологичность системы воздушного охлаждения с активным увлажнением воздуха и ее выгодное отличие от батарейного охлаждения в части снижения потерь мяса от усушки.

На рис.3 показано, изменение температурного поля загруженной камеры № 26 при оттаивании воздухоохладителей после 3-х суток непрерывной работы с увлажнением. Оттаивание, продолжавшееся два часа, привело к повышению температуры воздуха, в основном, над штабелем и в продукте (1, 2, 3, 5). Вносимая в камеру при оттаивании теплота и влага приводили к выпадению на продукте инея и уплотнению (перекристаллизации) изморози, осевшей в режимах работы с увлажнением.

На рис.4 показано изменение массообменных характеристик камеры № 36 при догрузке ее недомороженным мясом с температурой в толще мышц минус 8 °C (4). Поступившее мясо интенсивно испаряло влагу, на поверхности хранимого мяса осаждались ледяные кристаллы (зернистая изморозь).

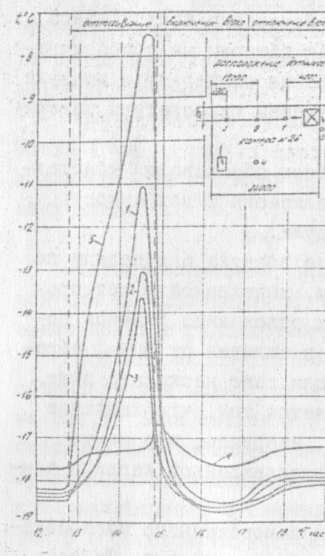


Рис.3. Изменение температуры воздуха в камере № 26 при оттаивании воздухоохладителей



Рис. 4. Влияние загрузки на параметры камеры № 36: 1, 2, 3 — температура воздуха, поверхности и в толще хранимого мяса; 4 — температура в толще загружаемого мяса; 5 — масса пластины мяса; 6 — относительная влажность воздуха камеры

Эти кристаллические отложения компенсиро-

вали усушку мяса в последующие двое суток хранения (5) при снижении относительной влажности воздуха (6). Доморозка поступившего мяса происходила медленно (1 и 4), так как батареи не обеспечивали отвод возросшей тепловой нагрузки. Колебания температуры воздуха камеры (1) сказывались в основном на изменении температуры поверхности хранимого продукта (2).

В третьей главе рассматриваются процессы образования кристаллических отложений в камере, их перекристаллизация и возможность поглощения влаги мясом из увлажненного воздуха.

Насыщенное или перенасыщенное состояние воздуха определяли по появлению в камере кристаллической изморози, выделенной в метеорологии в самостоятельный вид кристаллических отложений. Являясь показателем перенасыщения воздуха, изморозь, в отличие от инея, образуется на предметах с температурой равной или даже несколько выше, чем температура воздуха камеры. Это объясняется тем, что давление насыщения у поверхности замороженного мяса, например, при минус 19 °С, меньше, чем давление насыщения у переохлажденной капли с температурой минус 20 °С (на 11 Па).

Опыты с пластинами "ледяного кубика" и замороженного мяса показали увеличение их массы при перенасыщении воздуха влагой. Степень увеличения массы пластин зависела от месторасположения их в камере, ориентации относительно наружных ограждений камеры и направления потока увлажненного воздуха. Установлены следующие причины, вызвавшие увеличение массы пластин в опытах: а) десублимация водяного пара

на холодной поверхности; б) перекристаллизация в лед осевшей кристаллической изморози; в) адсорбция влаги поверхностным губчатым слоем (касается только мяса). После десублимации и перекристаллизации на поверхности пластин оставались тонкие рельефные ледяные узоры, которые не удалялись при обметании.

Таким образом, с одной стороны, кристаллические отложения в камере являются положительным фактором, так как снижают усушку продукта, а с другой, согласно технологии хранения, заснеженное мясо отпускать потребителю недопустимо. Для устранения этого нежелательного явления увлажнение низкотемпературных камер следует производить периодически, подавая очередную порцию влаги в камеру после сублимации кристаллических отложений с поверхности продукта. Участки штабеля, находящиеся в зоне смешения, где образуются устойчивые кристаллические отложения, следует укрывать тканью или пленкой.

Глава 4 включает определение массообменных характеристик опытных камер. Увлажнение воздуха приводит к увеличению инееобразования на воздухоохладителях на 30...40 % по сравнению с работой камер без увлажнения.

С учетом изморозевых отложений в камере (M^*) при подаче влаги (W_g), прочих влаготристов (W_{np}), усушки продукта (ΔM) и влаготвода приборов охлаждения (W_o) влаготный баланс камеры записывается:

$$W_g + W_{np} + \Delta M = W_o + M^* \quad (1)$$

Схема увлажнения, приведенная на рис. 5, является принципиальной для использования на средних этажах холодильников при одностороннем подводе охлажденного воздуха и влаги в камеру.

Опытная эксплуатация таких камер показала, что в грузовом объеме камеры можно условно выделить три зоны А, В и С, обозначенные на рис. 5. Зона смешения А характеризуется наиболее устойчивыми кристаллическими отложениями. В этой зоне происходит конденсация и десублимация перенасыщенного пара. В зонах В и С происходит испарение, кристаллизация и сублимация частиц образовавшегося тумана. Размеры зон В и С нестабильны, так как существенно зависят от теплопритоков, поступающих в камеру. При столкновении переохлажденных капель тумана с продуктом происходит их мгновенное замерзание.

Образование кристаллических отложений в камере обуславливается следующими явлениями: кристаллизацией водяных паров, вызванной меньшим давлением насыщенного пара у поверхности продукта; столкно-

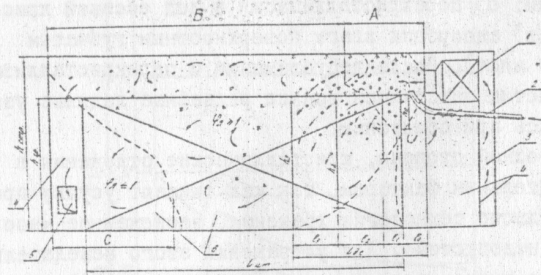


Рис.5. Схема увлажнителя камеры № 26: 1 - воздухоохладитель; 2 - патрубок подачи влажного воздуха; 3 - воздух; 4 - экран пристенный; 5 - окно всасывающего; 6 - штабель мяса

вением переохлажденных частиц влаги с поверхностью продукта.

Первое явление распространяется на весь объем камеры. Используя выражение для массового влагосодержания воздуха, полученное из характеристического уравнения Клапейрона, и разность тепловых потоков, выраженных через энтальпии двух смешивающихся масс воздуха с параметрами T_1, P_1 и T_2, P_2 , выводится формула для определения интенсивности кристаллических отложений под действием разности парциальных давлений на единицу поверхности продукта:

$$\Delta m_p^* = \alpha_k \frac{0.622 \cdot Z \cdot (P_s'' - P_n'')}{(Z + Z_n) \cdot C_p \cdot P_0}, \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)} \quad (2)$$

где α_k - коэффициент конвективной теплоотдачи воздуха камеры к поверхности продукта; P_s'' , P_n'' - давление насыщения водяного пара над плоской поверхностью чистой воды и чистого льда; $Z + Z_n$ - скрытая теплота конденсации пара и льдообразования; C_p - теплоемкость воздуха; P_0 - давление барометрическое

Дальность полета основной массы частиц влаги ограничена дальностью воздушной струи, выходящей из воздухоохладителя.

Зная поверхность продукта в поле действия воздушной струи, скорость потока и концентрацию переохлажденных капель в воздухе можно записать выражение для определения интенсивности кристаллических отложений на продукте вследствие столкновения частиц:

$$\Delta m_k^* = \frac{h \cdot b \cdot U \cdot d^* \cdot P}{F_n / K_s}, \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)} \quad (3)$$

где $h \cdot b$ - среднее сечение штабеля продукта в потоке; U - средняя скорость потока (частиц), $d^* \cdot P$ - концентрация ка-

пель; d^* - сконденсировавшаяся влага в потоке воздуха; F_n - площадь поверхности штабеля; K_s - коэффициент формы (рельефа) продукта, определен опытным путем (для камеры № 26 $K_s = 0,7$).

Обработка результатов эксперимента с ледяными пластинами и "ледяным кубиком" в камере № 36 (без увлажнения) для определения коэффициента массоотдачи льда (β_n) привела к критериальному уравнению:

$$Nu_{\lambda} = 0,55 (Ar P_0)^{0,3} \quad (4)$$

В главе 5 приведены основы расчета камер с активным увлажнением. Показано, что увлажнение целесообразно применять в интервале температур воздуха камеры минус 18...20 °C. При более высоких температурах воздуха, например, при минус 12...15 °C необходимо подавать в 1,5 раза больше влаги, что вызывает рост энергозатрат связанных с увлажнением. Приводится график, показывающий фазовое состояние тумана и радиус переохлажденных капель в зависимости от температуры воздуха. В грузовом объеме камеры при минус 18...20 °C могут существовать переохлажденные капли радиусом 5...10 мкм. Более крупные капли замерзают преимущественно в зоне смешения воздушных потоков.

Показано, что увлажнение подмешиванием воздуха более высокого влагосодержания в поток, выходящий из воздухоохладителя, сопровождается процессами фазовых переходов воды:

ВОДЯНОЙ ПАР $\rightleftharpoons$ ВОДА $\rightleftharpoons$ ЛЕД $\rightleftharpoons$ ВОДЯНОЙ ПАР. Параметры смеси и требуемое количество влаги определяются по $d-i$ - диаграмме.

Увлажняющий воздух и воду в увлажнителе целесообразно подогревать до 30...40 °C, используя тепло конденсации холодильного агента. Испытанное устройство для увлажнения воздуха с открытой поверхностью испарения воды несложно в изготовлении и надежно в эксплуатации.

Приводятся технические решения и рекомендации по размещению оборудования, экранов, распределению влаги и воздуха в камерах с воздушным охлаждением и увлажнением.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Применение воздушного охлаждения в сочетании с перехватом наружных теплопотоков и активным увлажнением воздуха позволяет круглогодично поддерживать стабильный температурный режим и высокую относительную влажность воздуха в камерах, что важно при хранении замороженных продуктов, подверженных усушке.

2. При разработке систем активного увлажнения воздуха необходимо учи-

тивать кристаллические изморозевые отложения, которые, являясь составляющими влажностного баланса камеры, увеличивают коэффициент перехвата теплопритоков.

3. Хранение замороженного неупакованного мяса в насыщенном воздухе и под защитным покровом изморози не приводит к образованию на его поверхности высушенного слоя, способствующего развитию окислительных процессов и снижению качества продукта. Такое хранение способствует частичному восстановлению потерянной ранее влаги от усушки и приобретению внешнего вида, свойственного свежемороженому мясу. Температура воздуха камеры остается главным фактором, определяющим срок хранения продукта.

4. При активном увлажнении относительная влажность воздуха не имеет постоянного значения, и по отношению к плоской поверхности чистого льда для различных зон грузового объема камеры устанавливается в пределах: $1 \leq \varphi_d \leq 1$. Наиболее рациональной является подача увлажненного воздуха в пространство между штабелем продукта и ограждениями, через которые поступают наибольшие теплопритоки в камеру.

5. Подогрев воздуха камеры в результате внесения теплоты с влажным воздухом не превышает одного градуса. Вследствие этого нет необходимости снижать принятую на холодильниках температуру испарения холодильного агента или дополнительно оснащать камеры приборами охлаждения.

6. Предотвращение влияния увлажнения на увеличение массы хранимого продукта и на заснеживание поверхности штабеля достигается периодической подачей влаги в камеру. Состояние насыщения воздуха определяется по образованию кристаллической изморози на специальном датчике, управляющем работой увлажнителя: при выпадении изморози увлажнение воздуха прекращается, а после ее сублимации — возобновляется.

7. Предложенный метод "ледяного кубика" исследования тепло- и массообмена в камерах хранения замороженных продуктов является более точным по сравнению с методом одиночной ледяной пластины ("пластина Рютова"), так как учитывает пространственную ориентацию продукта относительно наружных ограждений и потока увлажненного воздуха.

8. Для стабилизации коэффициента теплопередачи воздухоохладителя (в условиях повышенной относительной влажности воздуха) рекомендуется охлаждающая система, включающая два воздухоохладителя, один из которых служит осушителем воздуха (а.с. СССР, № 785613).

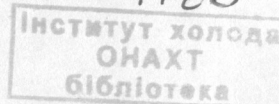
9. Эксплуатационные затраты на увлажнение, включающие дополнительный расход электроэнергии на подогрев воздуха, воды и привод вентилятора

для камеры условной емкостью 500 т составляют 600...800 руб. в год. Подтвержденный предприятиями годовой экономический эффект от снижения усушки при хранении замороженной говядины в опытных камерах составил 13,8 руб. на тонну хранимого продукта.

Публикации по материалу, изложенному в диссертации:

1. А.С. 378689 (СССР). Охлаждающее устройство для камер хранения пищевых продуктов / И.Г.Чумак, С.М.Косой, В.Ф.Коляка, М.Н.Мертешов // Оpubл. в Б.И. - 1973, № 19.
2. А.С. 394632 (СССР). Способ обработки воздуха / В.Ф.Коляка, И.Г.Чумак, С.М.Косой, В.Т.Олейниченко, В.С.Мурашов, В.П.Кочетов // Оpubл. в Б.И. - 1973, № 34.
3. А.С. 785613 (СССР). Камера для хранения продуктов / С.М.Косой, В.Ф.Коляка, Г.К.Мнацаканов, В.В.Коваль, Ю.А.Паланто // Оpubл. в Б.И. 1980, № 45.
4. А.С. 964381 (СССР). Способ хранения мороженых продуктов / Г.К.Мнацаканов, С.М.Косой, И.В.Бушта // Оpubл. в Б.И. 1982, № 37.
5. А.С. 1245825, (СССР). Холодильная камера для хранения продуктов / С.М.Косой, Г.К.Мнацаканов // Оpubл. в Б.И., 1986, № 27.
6. А.С. 1265440 (СССР). Способ регулирования влажности воздуха в холодильной камере и устройство для его осуществления. / Г.К.Мнацаканов, С.М.Косой // Оpubл. в Б.И. - 1986, № 39.
7. А.С.1346925 (СССР). Способ хранения неупакованного мяса / И.Г.Чумак, С.М.Косой, В.П.Онищенко, Г.К.Грушевский, В.П.Попов // Оpubл. в Б.И. - 1987, № 39.
8. Косой С.М., Бушта И.В., Царева Л.А., Калинин А.В., Раскина Н.А. Исследование панельной охлаждающей системы одноэтажных холодильников // Холодильная техника и технология. Киев: "Техніка". - 1972, № 15. - С.6-11.
9. Розенберг А.С., Косой С.М., Торфичева Р.Е., Володин Л.В. Обобщение опыта эксплуатации панельной системы охлаждения // В кн.: Перспективы развития холодильной промышленности РСФСР отрасли "Торговля". - М.: Росмясомолторг, 1977. - С.74-80.
10. Розенберг А.С., Косой С.М., Бушта И.В. Особенности эксплуатации панельной системы охлаждения // В кн.: Совершенствование процессов, машин и аппаратов холодильной и криогенной техники, и кондиционирования воздуха. - Ташкент, - 1977. - С.39-40.

xv 1185



11. Чумаков И.Г., Мнацаканов Г.К., Косой С.М., Воронина Л.А., Коляка В.Ф., Дейнего Г.П. Воздушное охлаждение камер хранения мороженных продуктов с увлажнением наружным воздухом // ЦНИИТЭИ мясомолпром СССР. М., 1981.
12. Мнацаканов Г.К., Дейнего Г.П., Косой С.М., Ратнер Б.Е., Иванов В.А. Регулирование влажности воздуха в камерах хранения твердых сыров // Холодильная техника, - 1982, № 2. - С.11-14.
13. Мнацаканов Г.К., Дейнего Г.П., Воронина Л.А., Косой С.М. Промышленные испытания камеры хранения замороженного мяса с воздушным охлаждением и увлажнением воздуха // Холодильная техника, - 1985 - № 1 - С.10-13.
14. Дейнего Г.П., Мнацаканов Г.К., Косой С.М., Крымский А.И. Эффективность применения воздушного охлаждения с активным увлажнением воздуха в камерах хранения замороженных неупакованных продуктов // Холодильная техника. - 1985, № 9. - С.25-29.
15. Мнацаканов Г.К., Косой С.М., Крымский А.И., Воронина Л.А. Тепло-влажностный режим камеры с воздушным охлаждением и увлажнением воздуха // Холодильная техника и технология. - Киев: "Техніка" - 1985, № 41. - С.92-98.
16. Косой С.М., Торфичева Р.Е., Добров В.И., Повышение эффективности систем охлаждения распределительных холодильников // В кн.: Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Искусственный холод в отраслях агропромышленного комплекса. - М., 1987. - С.4.
17. Мнацаканов Г.К., Косой С.М. Образование кристаллической изморози в холодильных камерах // Холодильная техника. - 1988, № 12. - С.16-20.

Р.С.