

Автореферат  
к 85

Иванов А. В.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи

КРЫМИНСКИЙ Александр Иванович

УДК 621.56/57

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ УВЛАЖНИТЕЛЯ  
ВОЗДУХА ДЛЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ КАМЕР

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

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Одесса 1969

Работа выполнена в Одесском технологическом институте  
холодильной промышленности

Научный руководитель – кандидат технических наук,  
доцент Мнацаканов Г.К.

Официальные оппоненты: доктор технических наук,  
Красномовец П.Г.

кандидат технических наук,  
Цыгановский Г.К.

Ведущая организация – Гипрохолод (г. Москва).

Защита диссертации состоится 27 февраля 1989 г.  
в 11.00 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 26 января 1989 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
к.т.н., доцент

Р.К.Никульшин

- 3 -

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Рост объемов производства сельскохозяйственной продукции делает все более актуальной задачу обеспечения ее сохранности при минимальных потерях в процессе переработки, хранения и транспортировки.

В пищевой отрасли народного хозяйства эта задача особенно остро стоит перед работниками холодильников в связи с тем, что во время холодильной обработки и хранения пищевых продуктов происходят значительные потери их массы от усушки, например, потери от усушки замороженного мяса за 12 месяцев составляют 1,5...3,0%. В связи с этим в настоящее время большое практическое значение приобретает создание оборудования для холодильников, позволяющего хранить продукцию в течение требуемого срока хранения с минимальными потерями.

В зарубежной практике для борьбы с усушкой широко применяется упаковка продуктов в паронепроницаемую пленку. В нашей стране значительное количество замороженного мяса традиционно хранится неупакованным. Уменьшить усушку неупакованного мяса при хранении можно с помощью увлажнения воздуха камеры. Увлажнение воздуха в камерах хранения охлажденных продуктов позволяет уменьшить потери их массы в результате усушки. Однако надежные в работе и эффективные увлажнители воздуха для камер хранения замороженных продуктов до последнего времени не разработаны. Поэтому в настоящее время возникает необходимость в разработке увлажнителей воздуха для камер хранения замороженных продуктов.

Цель работы: 1) исследование процессов тепло- и массообмена при увлажнении воздуха холодильных камер путем смешения его с увлажняющей средой; 2) разработка и исследование увлажнителя для холодильных камер с отрицательными температурами, работающего по принципу смешения воздуха камеры с воздухом повышенного влагосодержания.

Для достижения поставленной цели требовалось решить следующие основные задачи:

– провести теоретические исследования процессов тепло- и массообмена, протекающих при смешении воздуха холодильной камеры с увлажняющей средой;

XV 1175  
ИНСТИТУТ ХОЛОДА  
ОНАХТ  
библиотека

- провести анализ энергозатрат при использовании в качестве увлажняющей среды влажного воздуха с различными параметрами, а также наружного воздуха и водяного пара;
- разработать, исследовать, испытать и дать предложения по внедрению в промышленность увлажнителя воздуха для камер хранения замороженных продуктов;
- экспериментально исследовать процессы тепло- и массообмена в разрабатываемом увлажнителе и определить коэффициенты переноса;
- на основе данных исследований разработать предложения и рекомендации по применению увлажнителя совместно с воздушной системой охлаждения.

Научная новизна работы. На основании теоретических и экспериментальных исследований установлено, что при увлажнении воздуха в камерах хранения замороженных продуктов путем смешения его с влажным воздухом либо водяным паром образуется туман, и рассчитана суммарная поверхность его частиц. Получены, проанализированы и обобщены данные по увлажнению воздухом камеры подаваемой в нее влаги и тепло- и массообмену между воздухом и поверхностью воды в увлажнителе.

Научные положения, защищаемые в работе

1. При смешении воздуха камеры хранения замороженных продуктов с воздухом более высокого влагосодержания или водяным паром, возникает пересыщение, превышающее критическое и процесс увлажнения протекает с образованием тумана, который затем полностью или частично испаряется, что обеспечивает поддержание величины относительной влажности воздуха, близкой к единице.

2. Количество влаги, которое усваивается воздухом холодильной камеры в единицу времени зависит от дисперсности тумана, образующегося при увлажнении.

Основные научные результаты, полученные в работе

1. Теоретически и экспериментально подтверждено образование тумана в зоне подачи увлажненного воздуха или водяного пара в камеру хранения замороженных продуктов.

2. Определен средний диаметр частиц, при котором они полностью испаряются в грузовом объеме камеры.

3. Получены критериальные зависимости термического и диффузионного критериев Нуссельта от числа Рейнольдса при испарении воды в увлажнителе.

4. Получена зависимость, позволяющая определять температуру поверхности при испарении воды в поток воздуха, проходящего над ней по зигзагообразному каналу.

5. Разработан и реализован на ЭВМ "Искра-226" метод расчета увлажнителей для камер с отрицательными температурами.

6. Разработаны, внедрены и испытаны системы охлаждения с использованием увлажнителей воздуха, позволяющие создавать в камерах хранения замороженных продуктов температурно-влажностный режим, необходимый для длительного хранения неупакованных продуктов при сокращении потерь их массы от усушки.

Практическая ценность

Получены научно-обоснованные данные, критериальные зависимости, практические рекомендации, необходимые при конструкторской разработке увлажнителей воздуха. Разработана методика расчета увлажнителей для камер хранения замороженных продуктов. Результаты диссертационной работы использованы институтом Гипрохолод при проектировании систем охлаждения с увлажнением воздуха для распределительных холодильников. На Клявском хладокомбинате проведены промышленные испытания воздушной системы охлаждения с увлажнением воздуха в камере хранения замороженных продуктов. Результаты диссертационной работы применены на Московском хладокомбинате № 12 при реконструкции камеры емкости 400 т для хранения замороженного неупакованного мяса, при этом потери от усушки ниже нормативных.

Апробация диссертационной работы

Разработанные в диссертации системы увлажнения воздуха в холодильных камерах с отрицательными температурами защищены Авторскими свидетельствами № 1295160, 1325265, 1410932. Основные результаты работы опубликованы в четырех статьях, а также были изложены в докладах на Всесоюзных конференциях "Пути интенсификации производства и применение искусственного льда в отраслях АПК" (г. Ташкент, 1985 г.), "О повышении роли молодых ученых и специалистов в ускорении научно-технического прогресса" мясной

и молочной промышленности" (г. Москва, 1985 г.), научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава и научных сотрудников ОТИХИ (г. Одесса, 1986, 1987 г.г.).

### Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, четырех глав и основных выводов. Работа содержит 134 страницы машинописного текста, 31 рисунок, 12 таблиц. Список литературы включает 143 наименования. В приложении к диссертации приводятся результаты расчетов, материалы испытаний и реализации научных результатов работы.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В камерах хранения замороженных неупакованных продуктов имеют место значительные потери от усушки. Эффективным средством, позволяющим уменьшить усушку продуктов, является повышение влажности воздуха в холодильных камерах. Для повышения влажности воздуха применяют различные способы его увлажнения.

Требуя решения вопроса выбора способа увлажнения для холодильных камер с различными температурами хранения и оценки энергозатрат при различных способах увлажнения. В лаборатории ОТИХИ были проведены сравнительные испытания устройств (рис.1) для увлажнения воздуха камеры насыщенным водяным паром и воздухом высокого влагосодержания. При увлажнении воздухом высокого влагосодержания наблюдался слабый туман на расстоянии, не превышающем трех диаметров подводящего канала ( $D = 0,1$  м). При увлажнении паром туман был замечен на участке от увлажнителя до всасывающего отверстия воздухоохладителя, при этом на лопастях вентилятора осаждалась влага в виде снега.

Результаты испытаний показали, что при смешении воздуха холодильной камеры с увлажненным воздухом, подаваемая влага усваивается удовлетворительно, а насыщенным паром - неудовлетворительно.

Для анализа полученных результатов были проведены теоретические исследования процесса смешения увлажняющей среды с воздухом холодильной камеры с помощью методики, разработанной А.Г. Амелиным. В зоне смешения газов (рис.2а) температура газовой смеси и давление паров в ней определяются количественным соотношением смешивавшихся газов:  $n = m_2/m_1$ . Теоретические основы об-

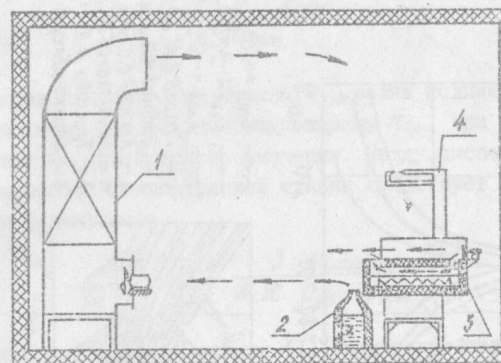


Рис.1. Схема опытной камеры для проведения сравнительных испытаний увлажнительных устройств.

1 - воздухоохладитель; 2 - парогенератор; 3 - увлажнитель; 4 - весы.

разования тумана позволяет рассчитывать пересыщение при всех значениях  $N$ , максимальное пересыщение, массовую концентрацию тумана.

Для атмосферного воздуха критическое пересыщение, при котором начинается образование тумана невелико и изменяется в пределах  $1,001+1,12$ . Величина максимального расчетного пересыщения больше действительного пересыщения (рис.2б), имеющего место при смешении. По величине  $S_{max}$  можно судить о концентрации тумана и размерах его частиц.

Считая число ядер конденсации  $N$  в воздухе камеры таким, как в атмосферном воздухе и предположив, что возникновение зародышей каплей в объеме отсутствует, рассчитываются основные параметры тумана. При условии, что все частицы тумана - сферы с одинаковым диаметром, равным  $d$  диаметру  $D$ , определяется удельная суммарная площадь поверхности частиц тумана в расчете на 1 кг их массы. Удельная поверхность тумана равна произведению площади сферы на количество частиц, содержащихся в 1 кг тумана:

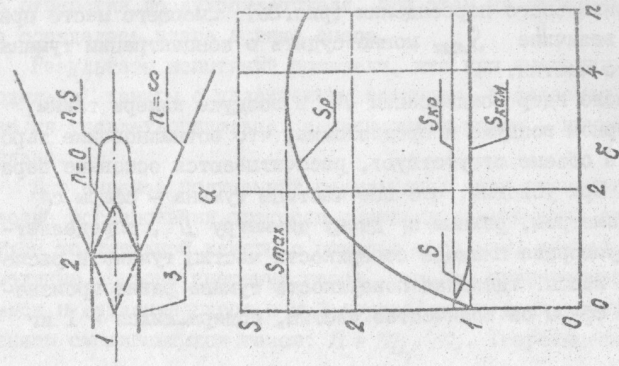


Рис. 2. Смещение струи увлажняющей среды с воздухом холодильной камеры  
 а - схема струи; б - зависимость пересыщения от массового соотношения смешивающихся газов  
 1 - увлажняющая среда; 2 - воздух камеры; 3 - патрубок подачи увлажняющей среды.

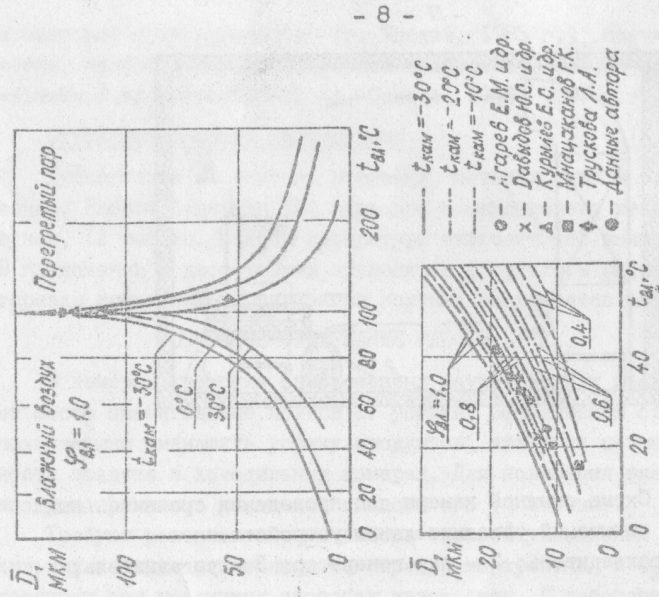


Рис. 3. Зависимость среднего диаметра частиц тумана от параметров увлажняющей среды и температуры воздуха камеры.

$$f = \frac{\pi \cdot \bar{D}^2 \cdot N_{\text{тум}}}{W_{\text{тум}}} \quad (1)$$

Численная концентрация тумана  $N_{\text{тум}}$  равна количеству ядер конденсации в смеси с массовым соотношением  $\pi_{\text{кр}}$ , при котором пресыщение достигает критического значения. Между дисперсностью, численной и массовой концентрацией тумана существует зависимость, выражаемая уравнением:

$$\bar{D} = 2 \left( \frac{3 \cdot W_{\text{тум}}}{4 \cdot \pi \cdot \rho_{\text{вд}} \cdot N_{\text{тум}}} \right)^{1/3} \quad (2)$$

Определив  $W_{\text{тум}}$  из выражения (1), подставив его в формулу (2), после преобразования получим взаимосвязь между удельной поверхностью тумана и диаметром его частиц:

$$f = \frac{6}{\bar{D} \cdot \rho_{\text{вд}}} \quad (3)$$

На рис. 3 показаны графики зависимости среднего диаметра частиц тумана от параметров увлажняющей среды и температуры воздуха камеры. Там же показаны средние диаметры частиц тумана, рассчитанные по экспериментальным данным настоящей работы и других авторов.

Из рисунка 3 видно, что наиболее крупные частицы (112 и 125 мкм) получены при увлажнении воздуха камеры насыщенным паром. Более мелкие частицы (около 55 мкм) получаются при увлажнении воздуха холодильной камеры с температурой 0...-5 °С водяным паром, перегретым до температуры 120 °С, при атмосферном давлении. При одинаковых параметрах увлажняющей среды, с понижением температуры воздуха камеры увеличивается средний диаметр частиц тумана.

Для уточнения наибольшей допустимой величины среднего диаметра частиц при увлажнении воздуха холодильных камер проведен эксперимент на хладокомбинате № 12 г. Москвы. Увлажненный воздух с более высоким влагосодержанием и температурой поступал в поперечный поток воздуха, выходящего из воздухоохладителя. Полиэтиленовая пленка размерами 3,6x22 м была разостлана на полу камеры. Ежедневно производилось взвешивание этой пленки на весах с ценой деления 50 г. Количество подаваемой в камеру влаги не изменялось

и составляло 3 кг/час. Диаметр частиц тумана определялся расчетным путем. По опытным данным влага усваивалась полностью, если средний диаметр не превышал 17,0 мкм. Частично осаждалась на пленке при  $\bar{D} = 18,9$  мкм. Для камер с воздушной системой охлаждения следует принимать средний диаметр частиц тумана  $\bar{D}_{max} = 17,0$  мкм. Этому значению соответствует минимальная удельная поверхность тумана  $f_{min} = 350$  м<sup>2</sup>/кг.

По данным Г.В. Чижова и В.А. Верецагина величина удельного испарения с поверхности ледяных пластин в камерах хранения замороженного мяса, оборудованных ребренными батареями и панелями, составляет:  $\chi_{бат} = 0,9-2,5$  г/м<sup>2</sup>ч;  $\chi_{пан} = 0,43-0,49$  г/(м<sup>2</sup>ч). Для получения потока массы  $q_{в,л} = 1$  кг/ч  $f_{min} = 10^3/\chi$ . Средний диаметр частиц находится из выражения (3).

В камерах хранения замороженного мяса с батарейной системой охлаждения значение удельной поверхности испарения  $f_{min} = 538$  м<sup>2</sup>/кг, что соответствует  $\bar{D}_{max} = 10$  мкм. В камерах с панельной системой охлаждения  $f_{min} = 2174$  м<sup>2</sup>/кг, что соответствует  $\bar{D}_{max} = 2,8$  мкм. Увлажнение воздуха в камерах с панельной системой охлаждения представляется нецелесообразным, так как усушка мяса в них невелика, а увлажнение связано с дополнительными затратами и техническими трудностями.

Удельные энергозатраты, необходимые для образования тумана с суммарной поверхностью час иц, равной 350 м<sup>2</sup> при использовании увлажненного воздуха и перегретого водяного пара показаны на графике (рис.4). Точка *а* соответствует минимуму энергозатрат  $q_{min}$ , отнесенных к 1 кг усваиваемой воздухом влаги при использовании увлажненного воздуха, а точка *б* - при увлажнении перегретым паром. При параметрах увлажняющей среды, соответствующих интервалу от *т.а* до *т.б*, влага усваивается частично. Неусвоенная влага оседает на поверхности хранящихся продуктов и ограждения камеры. Отклонение параметров увлажняющего воздуха от значений, соответствующих  $q_{min}$  нежелательно, так как возрастают удельные энергозатраты.

Удельные энергозатраты в среднем за год при увлажнении наружным воздухом (*т.с*, см. рис.4) приблизительно равны минимуму энергозатрат при увлажнении насыщенным воздухом. Но в первом случае расход энергии на привод компрессора и тепловая нагрузка

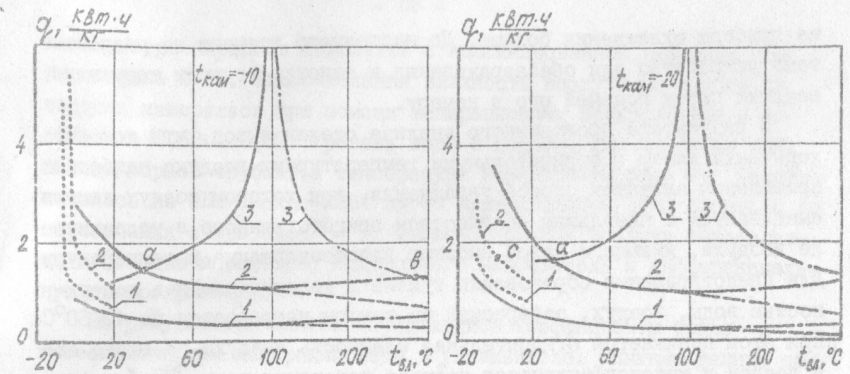


Рис.4. Зависимость удельных энергозатрат от температуры увлажняющей среды

1 - удельные энергозатраты на подготовку увлажняющей среды; 2 - удельные энергозатраты на увлажнение, отнесенные к 1 кг подаваемой в камеру влаги; 3 - удельные энергозатраты, необходимые для образования тумана с суммарной поверхностью частиц 350 м<sup>2</sup>.

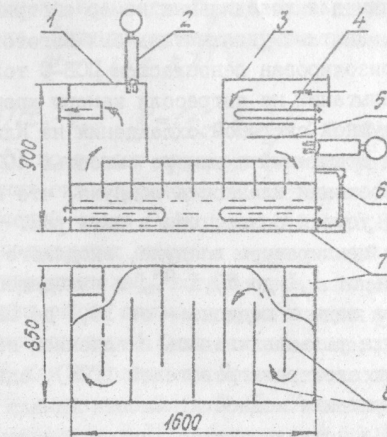


Рис.5. Схема экспериментального увлажнителя

1 - коллектор - каплеотделитель; 2 - аспирационный психрометр; 3 - нагреватель воздуха; 4 - электро-нагреватель; 5 - перегородки; 6 - указатель уровня; 7 - поддон; 8 - пластины.

на приборы охлаждения больше. До настоящего времени не разработано устройство для обеззараживания и очистки от пыли наружного воздуха перед подачей его в камеру.

В результате проведенного анализа сделан вывод, что для холодильных камер с отрицательными температурами воздуха наиболее приемлемым является способ увлажнения, при котором воздух камеры смешивается в небольшом количестве приготовленного в увлажнителе воздуха, имеющего более высокие влагосодержание и температуру. Для предотвращения образования тумана в увлажнителе над поверхностью воды, воздух, забираемый из камеры нагревается на 40-60°C. При этом понижается относительная влажность воздуха на входе его в поддон и интенсифицируется процесс испарения воды. Чтобы повысить относительную влажность воздуха на выходе из увлажнителя, в поддоне устанавливаются частично погруженные в воду перегородки, которые крепятся к крышке поддона и образуют над поверхностью воды зигзагообразный канал прямоугольного сечения. Скорость воздуха составляет 1...4 м/с, что обеспечивает необходимую интенсивность тепло- и массообмена и исключает унос капель воды из поддона.

Разработана конструкция, удовлетворяющая требованиям, предъявляемым к увлажнителям для холодильных камер с отрицательными температурами (рис.5). Опытный увлажнитель был изготовлен из нержавеющей стали, теплоизолирован пенопластом ПСБ-С толщиной 100 мм и установлен для испытаний на антресоли камеры хранения замороженного мяса с воздушной системой охлаждения на Клинском холодильном комбинате. В период испытаний в камере емкостью 400 т поддерживалась высокая относительная влажность воздуха, что позволило уменьшить потери от усушки более, чем в пять раз.

Во время опытов температура воздуха, входящего в поддон увлажнителя, изменялась от 1,1 до 50,1 °С, а выходящего - от 5,9 до 48,7 °С; температура воды в поддоне - от 16,1 до 52,3 °С. Температуры воды и воздуха устанавливались включением необходимого количества трубчатых электронагревателей (ТЭН), один из которых имел плавное регулирование мощности. Высота канала изменялась от 0,176 до 0,244 м и устанавливалась путем изменения уровня воды. Расход воздуха регулировался задвижкой, установленной на всасывающем воздуховоде. Температуры измерялись медь-константа-

новыми термопарами в комплекте с комбинированным цифровым прибором типа Ф-30. Относительная влажность воздуха на выходе из поддона измерялась при помощи аспирационных психрометров и составляла 0,62...0,85. Уровень воды в поддоне фиксировался при помощи мерной трубки, а температура поверхности воды  $t_w$  рассчитывалась на ЭВМ "Искра-226" путем экстраполяции луча процесса до пересечения с кривой  $\varphi = I$ . Массовый расход воздуха определялся с помощью массметра, содержащего нагреватель и дифференциальную гипертермопару.

По результатам спытов определялись коэффициенты тепло- и массообмена при испарении воды в увлажнителе. Опытные данные обрабатывались в виде критериальных зависимостей:  $Nu = f(Re)$ ;  $Nu' = f'(Re)$ . В качестве определяющего размера принимался эквивалентный диаметр канала. В результате обработки опытных данных по методу наименьших квадратов получены следующие уравнения:

$$Nu = 0,302 \cdot Re^{0,67} \quad (4)$$

$$Nu' = 0,0587 \cdot Re^{0,82} \quad (5)$$

справедливые при значениях  $Re = (0,8...2,2) \cdot 10^4$ . Температура поверхности испаряющейся воды  $t_w$  зависит от интенсивности тепло- и массообмена. Опытным путем получена зависимость:

$$\varphi = 0,446 \cdot K^{-0,1} \quad (6)$$

где  $\varphi = (t_{сд} - t_w) / (t_c - t_M)$ ;  $K = (t_c - t_M) / (t_{сд} - t_M)$

Выражение (6) позволяет определять температуру поверхности воды при различных гигротермических состояниях воздуха и справедливо для значений числа Рейнольдса  $Re = (0,8...2,2) \cdot 10^4$ . С использованием полученных опытных зависимостей разработана методика расчета увлажнителей, которая реализована на ЭВМ "Искра-226". Разработаны также основы автоматизации увлажнителя.

Результаты исследований были использованы при проектировании увлажнителей для строящегося Московского холодильного комбината №15 и действующего Мосхладкомбината №12. Увлажнитель, установленный на Мосхладкомбинате №12 работает с 9.06.86г. по настоящее время в автоматическом режиме и поддерживает в грузовом объеме камеры относительную влажность воздуха, равную единице. Это позволяет уменьшить потери хранимого продукта от усушки, что осо-

бенно важно, когда камера оказывается недогруженной. Во время проведения промышленных испытаний воздушной системы охлаждения с увлажнением воздуха на Клинском хладокомбинате с 6 апреля по 18 ноября 1983 г. в камеру было заложено и хранилось 236,4 т замороженного мяса говядины первой категории в полутушах. Фактическая убыль массы продукта составила 504 кг, что в 5,7 раза меньше нормативной (2888 кг). В период с 19 ноября 1983 г. по 18 мая 1984 г. было заложено 117 т говядины первой категории и 3,79 т второй категории. Перевеска мяса говядины первой категории показала отсутствие естественной убыли. Расчетная нормативная убыль за этот период составила бы 744 кг. Убыль от усушки мяса говядины второй категории составила 12 кг, при 27,9 кг по норме.

Расчет годового экономического эффекта (25,7 руб/т) при хранении замороженного мяса говядины в камере с воздушной системой охлаждения и увлажнением воздуха показал ее эффективность, что позволяет рекомендовать данную систему для камер хранения замороженных неупакованных продуктов.

#### ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Использование полученных значений максимального среднего диаметра частиц тумана позволяет определить параметры увлажняющей среды, подаваемой в холодильные камеры.
2. При подаче в камеру увлажняющей среды с параметрами, при которых образуется туман со средним диаметром частиц, превышающим максимальное допустимое значение, влага усваивается не полностью и часть ее оседает в камере.
3. Воздух камеры, подготавливаемый в специальном аппарате (увлажителе), не требует очистки от пыли и обеззараживания, поэтому его применение более целесообразно, чем наружного воздуха.
4. Методика расчета увлажнителей, разработанная на основе полученных зависимостей, позволяет проектировать увлажнители для камер хранения замороженных продуктов.
5. Разработанное устройство для увлажнения воздуха в камерах хранения замороженных продуктов позволяет поддерживать в грузовой объеме камеры требуемую относительную влажность воздуха, равную 0,98...1,0 в течение всего срока хранения.

6. Предложенные конструкции увлажнителей надежны в работе при отрицательных температурах воздуха камеры, что подтверждается длительной опытной эксплуатацией камер хранения замороженного мяса с воздушным охлаждением и увлажнением воздуха на Клинском и Московском № 12 хладокомбинатах.

7. Применение разработанных увлажнителей воздуха позволяет использовать камеры с воздушной системой охлаждения для хранения замороженных неупакованных продуктов, при этом потери от усушки меньше, чем в камерах с батарейной системой охлаждения.

#### Публикации по материалу, изложенному в диссертации:

1. А.с. 1295160 СССР. Устройство для увлажнения воздуха/Г.К.Мнацаканов, А.И.Крымский, Л.С.Волков.
2. А.с. 1325265 СССР. Устройство для непрерывного замораживания мяса/И.Г.Чумак, Г.К.Мнацаканов, А.С.Подмазко, А.И.Крымский.
3. А.С. 1410932 СССР. Способ замораживания пищевых продуктов/И.Г.Чумак, Г.К.Мнацаканов, А.И.Крымский, А.С.Подмазко.
4. Крымский А.И. Промышленные испытания увлажнительного устройства для камер хранения мороженого неупакованного мяса, оборудованных воздушной системой охлаждения//Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "О повышении роли молодых ученых в ускорении научно-технического прогресса в мясной и молочной промышленности.-М.:Минмясомолпром СССР, 1985.-С.135-136.
5. Крымский А.И., Мнацаканов Г.К. Исследование процессов тепло- и массообмена в увлажнителе воздуха для холодильных камер//Сб. Холодильная техника и технология.-Киев, 1986.- Вып.47.- С.80-85.
6. Крымский А.И., Подмазко А.С. Использование увлажненного воздуха при термической обработке мяса//Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "О повышении роли молодых ученых в ускорении научно-технического прогресса в мясной и молочной промышленности.-М.:Минмясомолпром СССР, 1985.-С.134-135.
7. Подмазко А.С., Крымский А.И., Ольшанский С.В. Экспериментальное исследование эффективности применения увлажненного воздуха при холодильной обработке мяса//Сб. Холодильная тех-

- ника и технология. - Киев, 1987. - Вып. 44. - С. 82-84.
8. Результаты опытного хранения мороженого мяса в камере с воздушным охлаждением и увлажнением воздуха / Г. К. Мнацаканов, С. М. Косой, А. И. Крымский, Л. А. Воронина / Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Пути интенсификации производства и применение искусственного холода в отраслях АПК". - М., 1985. - С. 117.
9. Тепловлажностный режим камеры с воздушным охлаждением и увлажнением воздуха / Г. К. Мнацаканов, С. М. Косой, А. И. Крымский, Л. А. Воронина // Сб. Холодильная техника и технология. - Киев, 1985. - Вып. 41. - С. 92-98.
10. Эффективность применения воздушного охлаждения с активным увлажнением воздуха в камерах хранения замороженных непупкованных грузов / Г. П. Дейнего, Г. К. Мнацаканов, С. М. Косой, А. И. Крымский // Холодильная техника. - М., 1985. - №9. - С. 25-29.

Условные обозначения

$D$  - диаметр, м;  $f$  - удельная площадь поверхности,  $\text{м}^2/\text{кг}$ ;  
 $m$  - масса, кг;  $N$  - количество частиц,  $\text{м}^{-3}$ ;  $Nu$  - критерий Нуссельта;  $n$  - массовое соотношение;  $q$  - удельные энергозатраты, кВт.ч/кг;  $Re$  - число Рейнольдса;  $S$  - пересыщение;  $t$  - температура;  $\varphi$  - относительная влажность воздуха;  $w$  - концентрация,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;  $\chi$  - удельное испарение;  $\rho$  - плотность,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

Надстрочные индексы:

- - средний; ' - диффузионный.

Подстрочные индексы:

1 - первый; 2 - второй; бат - батарейный; вв - вода; кр - критический; пан - панельный; р - расчетный; тум - туман; max - максимальный; min - минимальный; W - поверхность.

*Крымский*

Ротапечать ОТХП, г. Одесса. Подписано к печати 16.01.89.  
БР 04020. Объем 1,0 п.л. Тираж 100. Заказ 80-89.

