

Автореферат
М 43

дублетн с Канатн.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ И
ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г. К. МНАЦАКАНОВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРАХ С ПАНЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

*Научный руководитель —
доктор технических наук,
профессор ЧУКЛИН С. Г.*

ОДЕССА
1966

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ПИЩЕВОЙ И
ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Г. К. МНАЦАКАНОВ

Уважаемому
Виктору Сергеевичу
на добрую память
от автора 1966г.
12 мая

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛООБМЕНА В КАМЕРАХ С ПАНЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ОХЛАЖДЕНИЯ

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель —
доктор технических наук, про-
фессор ЧУКЛИН С. Г.

XV 1233

ИНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
БІБЛІОТЕКА

ОДЕССА
1966

Одесский технологический институт пищевой и холодильной промышленности направляет Вам для отзыва настоящий автореферат диссертации тов. Г. К. МНАЦАКАНОВА на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Работа выполнена на кафедре холодильных установок, в научно-исследовательской лаборатории по холодильной технике Одесского технологического института пищевой и холодильной промышленности.

Отзыв в двух экземплярах, заверенный печатью учреждения, просим направлять в Совет института по адресу: г. Одесса, Петра Великого, 1/3.

Защита состоится в _____ час., _____ 1966 г.

« _____ » _____ 1966 г., № _____, Ученый секретарь Совета.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в нашей стране осуществляется программа широкого строительства холодильников как стационарных, так и транспортных.

В связи с этим еще большее народнохозяйственное значение приобретает борьба за сохранение качества и снижение естественных потерь (усушки) при холодильном хранении пищевых продуктов.

Проблема борьбы с усушкой продуктов является предметом широких исследований в различных странах в течение нескольких десятилетий.

Работами С. Г. Чуклина, Д. Г. Рютова и др. установлено, что усушка продуктов находится в прямой зависимости от теплопритоков в камеру, а также в значительной мере определяется конструкцией и расположением приборов охлаждения, особенно их радиационной способностью. Чем эффективнее охлаждающие приборы по их способности к теплоизлучению, тем выгоднее они с технологической точки зрения, т. к. уменьшается высушивание пищевых продуктов.

Панельная система охлаждения, предложенная С. Г. Чуклиным и Д. Г. Никульшиной, являясь одним из наиболее эффективных методов борьбы с усушкой, обладает также значительными энергетическими преимуществами по сравнению с другими типами охлаждающих систем камер холодильников: расход электроэнергии на выработку холода снижается на $20 \div 30\%$, уменьшается потребная производительность холодильной установки и др.

Весьма перспективным является применение панельной системы охлаждения на рефрижераторном водном транспорте, где она получает ряд дополнительных преимуществ: максимально используется полезный объем трюмов, упрощается их санобработка и дератизация, повышается пожарная безопасность, появляется возможность применения промышленных методов изготовления и монтажа системы и др. Техничко-экономические расчеты, выполненные при внедрении панельной системы охлаждения на производственно-транспортном рефрижераторе типа «Гаврия», показали, что полезный объем трюмов увеличивается на

6,8%, вес конструкции увеличивается в целом в 1,11 раза, стоимость изготовления и монтажа снижается в 1,73 раза, расход электроэнергии уменьшается на 14%, стоимость эксплуатации снижается на 27,2%.

Аналитическими исследованиями С. Г. Чуклина и Д. Г. Никольшиной установлены основные зависимости теплообмена камер с панельной системой охлаждения, на основании которых получена методика теплового расчета таких камер. При практическом применении этой методики возникают определенные трудности, связанные с большим количеством вычислительных операций.

Для проведения тепловых расчетов камер с панельной системой охлаждения требуется знание значений коэффициентов теплоотдачи от воздуха к панельным батареям. Однако, таких данных в литературе не имеется. Поэтому возникает практическая необходимость получения расчетных зависимостей, определяющих указанные коэффициенты, путем постановки специальных опытов. Учитывая все вышесказанное в реферируемой работе решены следующие основные задачи:

1 — путем проведения экспериментальных исследований определены особенности процессов теплообмена и условия их протекания в камерах, оборудованных панельной системой охлаждения;

2 — экспериментально определены значения коэффициентов теплоотдачи от воздуха камеры и продухов к панельным батареям, на основании опытных данных получены обобщенные расчетные зависимости, определяющие указанные коэффициенты;

3 — произведена опытная проверка справедливости аналитических зависимостей теплопередачи панельной системы охлаждения;

4 — разработана и экспериментально проверена инженерная методика теплового расчета камер с панельной системой охлаждения.

Диссертация состоит из пяти глав, изложенных на 229 страницах, включая 44 рисунка и 35 таблиц.

Глава первая посвящена описанию опытной камеры, ее холодильной установки, измерительных устройств и автоматики.

В главе второй изложена методика экспериментального исследования теплообмена камер с панельной системой охлаждения.

В главе третьей предлагается упрощенный метод теплового расчета камер с панельной системой охлаждения, инженерная расчетная методика и соответствующие номограммы, а также анализируются некоторые особенности теплопередачи панельных

батарей в теплозащитных режимах без внутренних источников тепла.

В главе четвертой приведены результаты экспериментального исследования процессов теплообмена в низкотемпературных камерах с панельной системой охлаждения, предназначенных для длительного хранения пищевых продуктов.

В главе пятой приведены результаты экспериментального исследования процессов теплообмена в камерах с панельной системой охлаждения в тех случаях, когда имеются внутренние источники тепла, а также при неполном экранировании панельными батареями наружных ограждений холодильных камер.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ

Объектом исследования являлась лабораторная экспериментальная камера емкостью $5,5 \text{ м}^3$, оборудованная пристенными и потолочной стальными однорядными шланговыми панельными батареями с центральным расположением ребер (рис. 1). Внутренний диаметр каналов — 27 мм, толщина их стенок — 2,5 мм, толщина ребер — 4 мм, расстояние между осями каналов — 300 мм. Поверхность каждой пристенной батареи — $5,6 \text{ м}^2$, потолочной — $4,8 \text{ м}^2$.

Панельные батареи работали на рассоле CaCl_2 , который охлаждался фреоновой холодильной установкой. Для измерения расхода рассола по батареям имелся мерный бак закрытого типа. В схеме холодильной установки предусматривалось регулирование расхода рассола в каждой из батарей и возможность отключения любой из них.

Панельные батареи были установлены в камере вдоль всех стен на расстоянии 90 мм и от потолка на расстоянии 94 мм. Простойки воздуха (продухи) между батареями и ограждениями герметично отделялись от камеры и не сообщались между собой.

Камера была окружена адиабатной оболочкой, позволяющей регулировать, устанавливая постоянной и измерять с большой точностью наружную тепловую нагрузку холодильных батарей электроизмерительными приборами. Внешние теплопритоки камеры создавались электронагревателями оболочки, расположенными равномерно по потолку и у стен камеры в пространстве между основными и промежуточными ограждениями. Адиабатная оболочка камеры управлялась автоматическими дифференциальными регуляторами температуры. Эти регуляторы включали и выключали наружные электронагреватели, поддерживая с обеих сторон промежуточных изолированных ограждений камеры одинаковые температуры, равные температуре воздуха внутри оболочки с точностью $\pm 0,1 \text{ град}$. Тепло, выделяемое внутрен-

ними электронагревателями, направлялось только в камеру. Величина теплового потока заранее задавалась и измерялась приборами с точностью $\pm (1,2 \div 1,5) \%$.

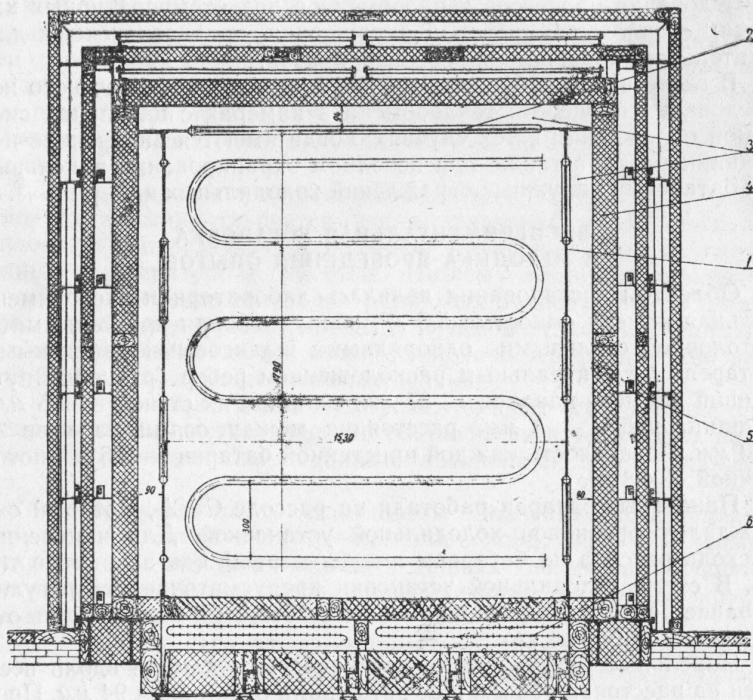


Рис. 1. Опытная камера:

1 — пристенная панельная батарея; 2 — потолочная панельная батарея; 3 — воздушный продух; 4 — ограждение камеры; 5 — электронагреватели; 6 — охлаждающий змеевик пола

Под полом камеры была устроена теплозащитная рубашка, в которой с помощью самостоятельной автоматизированной холодильной установки поддерживалась с точностью $\pm 0,1$ град постоянная температура, равная температуре воздуха камеры.

Внутренняя тепловая нагрузка панельных батарей создавалась плоским электронагревателем, расположенным почти у всей поверхности пола камеры и измерялась с точностью $\pm (0,5 \div 0,9) \%$.

Напряжение питания всех электронагревателей экспериментального стенда стабилизировалось с точностью $\pm 0,2 \%$ электронным стабилизатором напряжения типа ST 5000.

Измерение температур производилось с помощью 115 медь-константановых термопар компенсационным методом с точностью $\pm 0,1$ град. В схеме использовались низкоомный потенциометр 1-го класса типа Р-306, нормальный элемент 2-го класса, зеркальный нуль-гальванометр типа М17-5.

Термопары использовались для определения температурных полей камеры и продухов, измерения температур поверхности батарей, рассола на подаче и сливе каждой батареи, камерного электронагревателя, температур на внутренней и наружной поверхностях ограждений, а также в адиабатной оболочке камеры.

Для выяснения возможности определения коэффициентов теплоотдачи панельных батарей по имеющимся в литературе зависимостям теплоотдачи плит при естественной конвекции и теплопередачи через прослойки, в работе проведены соответствующие расчеты и сопоставления с опытными данными.

Для того чтобы определить как распределяются наружные и внутренние теплопритоки между пристенными и потолочной батареями, проводился ряд специальных тарировочных режимов испытаний опытной камеры.

В соответствии с задачами экспериментального исследования было проведено 48 опытных стационарных режимов работы панельной системы охлаждения. В указанных режимах изменялись величины внешних и внутренних тепловых нагрузок, температура рассола в батареях, а также степень экранирования камеры панельными батареями.

ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНОГО МЕТОДА РАСЧЕТА ЛИСТОКАНАЛЬНЫХ ПАНЕЛЬНЫХ БАТАРЕЙ

Тепловой расчет камер с панельной системой охлаждения сводится к определению равновесной температуры холодильного агента (хладоносителя) в приборах охлаждения T_1 при заданной температуре камеры, полной тепловой нагрузки батарей Q_1 и температуры в воздушной прослойке T_2 .

Исходными данными, которые принимаются заданными, являются: температура воздуха камеры T_3 ; температура наружного воздуха T_n ; коэффициент теплопередачи ограждений, экранированных панельными батареями K_0 ; поверхность указанных ограждений F_0 ; поверхность панельных батарей $2F$; суммарная длина шлангов батарей L ; коэффициент теплопроводности материала батарей λ .

Кроме того предварительно нужно определить величину теплопритоков к батареям со стороны камеры Q_3 ; коэффициенты теплоотдачи к поверхности батарей со стороны воздуха камеры α_3 , продуха α_2 и хладоагента α_1 ; конструктивные характеристики

батарей: толщину стенки канала δ_2 , толщину ребра δ_1 , наружный и внутренний диаметры канала d_n и $d_{вн}$, расстояние между осями каналов батареи S .

Серьезным недостатком существующей расчетной методики панельной системы охлаждения является большая громоздкость и, вследствие этого, постепенно нарастающая погрешность при табулировании с помощью логарифмической линейки.

В реферируемой работе получены упрощенные зависимости теплообмена камер, оборудованных панельной системой охлаждения с листоканальными батареями и предложена инженерная методика теплового расчета этих камер:

температура в воздушной прослойке

$$T_2 = \frac{T_3 + T_n \frac{k_0 F_0}{\alpha_2 F} - \frac{Q_3}{\alpha_3 F}}{1 + \frac{k_0 E_0}{\alpha_2 F}}; \quad (1)$$

внешняя тепловая нагрузка панельных батарей

$$Q_2 = k_0 F_0 (T_n - T_2); \quad (2)$$

полная тепловая нагрузка батарей

$$Q_1 = Q_2 + Q_3; \quad (3)$$

равновесная температура холодильного агента в батареях

$$T_1 = \frac{T_2 + T_3}{2} - \frac{Q_1 m' N}{LR}, \quad (4)$$

где

$$m' = 1 + \frac{\alpha' d_n}{\alpha_2 d_{вн}}; \quad R = 4 + \frac{4l_n \alpha'}{\text{th}(a'h)};$$

$$N = \frac{1}{\lambda \delta_2 a'' \text{th}(a''l)} + \frac{2}{\lambda \delta_1 a' \text{th}(a'h)};$$

$$\alpha' = \sqrt{\frac{2\alpha}{\lambda \delta_1}}; \quad \alpha'' = \sqrt{\frac{\alpha_1 d_{вн} m'}{\lambda \delta_2 d_{ср}}}; \quad \alpha' = \frac{\alpha_2 Q_2 + \alpha_3 Q_3}{Q_1};$$

h — высота ребра, равная половине минимального расстояния между соседними каналами;

l_n — четверть наружного периметра канала;

l — четверть среднего периметра канала.

Если в расчетах задана температура хладагента (хладоносителя), то равновесную температуру воздуха камеры находим из выражения

$$T_3 = 2T_1 - T_2 + \frac{2Q_1 m' N}{LR} \quad (5)$$

Полученная методика понижает трудоемкость вычислений примерно в пять раз. Она пригодна также и для расчета листотрубной теплообменной аппаратуры: испарителей, конденсаторов, воздухоохладителей и др.

В этом случае параметр $T_3 = T_2$ получает новое истолкование в качестве температуры среды, окружающей батарею.

Тогда уравнение

$$Q_1 = \frac{LR(T_3 - T_1)}{m'N} \quad (6)$$

позволяет при заданных геометрических характеристиках листотрубной батареи определять ее тепловую нагрузку.

Для быстрого проведения инженерных расчетов при проектировании охлаждающих систем с листоканальными панельными батареями, изготовленными из стали, предложены номограммы. С их помощью можно легко проводить анализ влияния различных (конструктивных и тепловых) факторов на теплообмен камер, оборудованных панельной системой охлаждения, и определять наиболее рациональные конструктивные характеристики батарей для заданных условий их эксплуатации.

В работе дополнительно выяснена интересная особенность теплопередачи панельной системы охлаждения в режимах без внутренних тепловыделений при полном экранировании теплопередающих поверхностей камеры батареями — установлено численное равенство осредненных коэффициентов теплоотдачи от воздуха камеры и продуха к панельным батареям.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В четвертой и пятой главах работы изложены результаты экспериментального исследования процессов теплообмена в камерах с панельной системой охлаждения и проведен их анализ для следующих основных режимов:

1 — теплозащитные режимы при полном экранировании камеры батареями и отсутствии внутренних источников тепла;

2 — теплозащитные режимы при значительных изменениях внутренних тепловыделений при полном, а также при неполном экранировании теплопередающих ограждений камеры панельными батареями.

Проведенные испытания соответствовали реальным условиям эксплуатации низкотемпературных камер хранения промышленных стационарных и транспортных холодильников. Температура воздуха в камере изменялась в пределах от $-9,8$ до $-24,8^\circ\text{C}$, а наружная температура составляла $+22,6 \div 33,5^\circ\text{C}$.

В процессе экспериментов были определены следующие опытные параметры:

- а) температура рассола в панельных батареях;
- б) температурные распределения по поверхностям батарей;
- в) температурное поле камеры и средняя равновесная температура воздуха камеры;
- г) температурные поля пристенного и потолочного продухов;
- д) наружные и внутренние теплопритоки камеры;
- е) наружные и внутренние тепловые нагрузки пристенных и потолочной батарей;
- ж) коэффициенты теплоотдачи от воздуха камеры к пристенным и потолочной батареям;
- з) коэффициенты теплоотдачи от воздуха продухов к панельным батареям.

Проведенные эксперименты подтвердили особенности теплопередачи панельной системы охлаждения в режимах без внутренних тепловыделений при полном экранировании камеры батареями. Условия естественной циркуляции воздуха и теплоотдачи у панелей со стороны камеры существенно отличались от условий теплообмена в камерах, оборудованных обычными охлаждающими батареями. Опыты показали, что ребристый элемент панельной батареи как бы разбивался на два участка — «теплый», температура которого выше равновесной температуры воздуха камеры, и «холодный» с более низкой температурой. Через теплый участок тепловой поток из продуха проникал в камеру, через холодный отводился из нее. При вертикальном расположении панельной батареи у ее холодных участков в камере возникали нисходящие конвективные потоки, у теплых — восходящие. В результате имелась возможность образования локальных поэлементных циркуляционных контуров.

Теплопритоки, проникавшие в камеру через теплые участки батарей, были незначительными: опытные значения их не превышали 3,7% наружных теплопритоков. Эксперименты показали, что при появлении внутренних теплопритоков к батареям, составлявших 3 ÷ 4% и более от наружных, тепло извне не проникало в камеру и, следовательно, не вызывало усушки хранимых продуктов.

В процессе испытаний было установлено, что температурное поле внутри камеры отличалось большой равномерностью по всему объему и постоянством во времени. Найдено, что изменение температуры воздуха по высоте опытной камеры линейно возрастало с увеличением отношения внутренних теплопритоков к наружным (Q_3/Q_2) и описывалось зависимостью

$$\Delta t_3 = 0,2 + 0,9 \frac{Q_3}{Q_2} \text{ (град.)} \quad (7)$$

В процессе испытаний камеры при наличии внутренних тепловыделений величина удельной наружной тепловой нагрузки ба-

тарей составляла 36 Вт/м², что соответствует наиболее тяжелым летним условиям эксплуатации камер хранения промышленных холодильников.

Испытания при неполном экранировании камеры панельными батареями показали, что при работе одной потолочной батареи обеспечивалось равномерное температурное распределение во всем объеме камеры; при работе только пристенных батарей температурный перепад по высоте камеры резко возрастал с уменьшением степени экранирования.

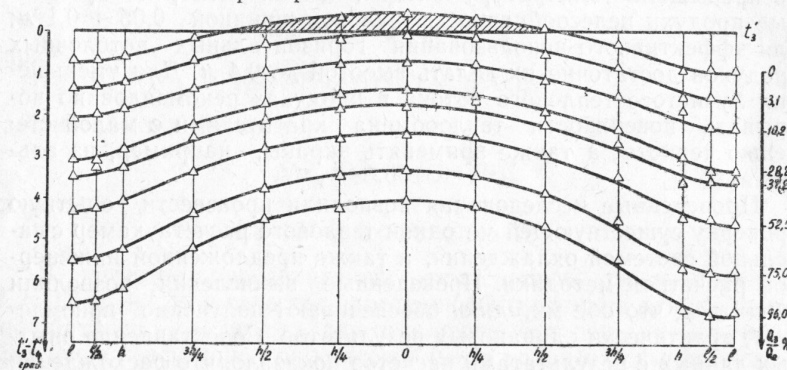


Рис. 2. Распределение температур по поверхности пристенной батареи

Температурный напор со стороны камеры ($t_3 - t_1$) для потолочной батареи с ростом отношения внутренних теплопритоков к наружным от 0 до 70% изменялся от 1,6 до 8,0 град., для пристенных батарей — от 1,5 до 6,0 град.

На рис. 2 нанесены кривые изменения температур по поверхности пристенной батареи в промежутке между осями двух соседних каналов в зависимости от отношения Q_3/Q_2 . Видно увеличение температурного перепада по поверхности батареи от 1,3 до 2,7 град. при изменении Q_3/Q_2 от 0 до 96%.

Опыты показали, что температурный перепад по поверхности батарей возрастал от 1,3 до 6,0 град. при увеличении внутрикамерных тепловыделений от 0 до 325% наружных теплопритоков. При этом разность температур между поверхностью батареи и воздухом камеры также значительно повышалась. На основании анализа опытных данных сделано заключение, что панельную систему охлаждения наиболее рационально применять в случаях, когда внутренние теплопритоки батарей не превышают наружные.

Проведенные эксперименты показали, что в потолочном горизонтальном продухе, отделенном от пристенных перегородкой,

практически отсутствовало свободное движение воздуха. Перепад температур по высоте воздуха составлял около двадцати градусов. Средняя температура воздуха потолочного воздуха превышала температуру камеры не менее, чем на 11,7 град. Таким образом, воздух следует рассматривать как дополнительную изоляционную прослойку, снижающую внешние теплопритоки к панельным батареям. В вертикальных потоках наблюдалось свободное движение воздуха. Их температура незначительно превышала температуру камеры. Установлено, что пристенные потоки целесообразно выполнять шириной 0,05 ÷ 0,1 м; для эффективного использования горизонтальных потолочных потоков достаточно их делать высотой до 0,4 м. Для уменьшения лучистого теплового потока в потоках рекомендовано покрывать поверхности теплообмена красителями с малой степенью черноты, а также применять экраны, например, из фольги.

Проведенные исследования позволили произвести опытную проверку существующей методики теплового расчета камер с панельной системой охлаждения, а также предложенной инженерной расчетной методики. Проведенные вычисления позволили убедиться, что обе методики обеспечивают получение приемлемых, практически одинаковых результатов. Сопоставление опытных данных с результатами расчетов показало, что расхождение экспериментально полученных параметров, характеризующих теплообмен камер с панельной системой охлаждения, с их расчетными значениями в среднем составляли 1 ÷ 3% и только в отдельных случаях доходили до 5 ÷ 7%.

КОЭФФИЦИЕНТЫ ТЕПЛОТДАЧИ ОТ ВОЗДУХА К ПАНЕЛЬНЫМ БАТАРЕЯМ

Опытные значения коэффициентов теплоотдачи от воздуха воздуха к пристенной батарее α'_2 составляли 5,63 ÷ 7,45 (вт/м²град) при изменении удельной наружной тепловой нагрузки q'_2 в пределах 29,0 ÷ 42,6 вт/м² и, соответственно, для потолочной батареи $\alpha''_2 = 2,94 \div 3,76$ вт/м²град при $q'' = 38,1 \div 56,4$ вт/м². На основании опытных данных получено, что расчет α'_2 и α''_2 может быть проведен с помощью известных в литературе зависимостей теплопередачи через прослойки. При этом средние квадратичные расхождения между расчетными и опытными значениями указанных коэффициентов не превышали 17,4%.

Опытные значения коэффициентов теплоотдачи от воздуха камеры к пристенной батарее α'_3 составляли 2,78 ÷ 6,96 вт/м²град при изменении удельной внутренней тепловой нагрузки q'_3 в пределах 2,2 ÷ 36,2 вт/м² и, соответственно, для потолочной батареи $\alpha''_3 = 4,08 \div 6,40$ вт/м²град при $q''_3 = 2,8 \div 35,1$ вт/м².

В результате обработки этих данных в критериальной форме

$$Nu = C (Gr \cdot Pr)^n,$$

характерной для условий естественной конвекции, получено: для пристенной батареи

$$Nu_m = 8,32 \cdot 10^{-12} (Gr \cdot Pr)_m^{1,47} \quad (8)$$

при

$$1,3 \cdot 10^9 \leq Gr \cdot Pr \leq 1,9 \cdot 10^9;$$

$$Nu_m = 0,123 (Gr \cdot Pr)_m^{0,373} \quad (9)$$

при

$$1,9 \cdot 10^9 \leq Gr \cdot Pr \leq 5,5 \cdot 10^9;$$

для потолочной батареи

$$Nu_m = 3,68 (Gr \cdot Pr)_m^{0,214} \quad (10)$$

при

$$4,8 \cdot 10^8 \leq Gr \cdot Pr \leq 3,8 \cdot 10^9.$$

В качестве определяющей температуры была принята $t_m = 0,5 (t_f + t_w)$ в качестве определяющего размера для пристенной батареи — ее высота, для потолочной батареи — ее ширина. Значения коэффициентов критериальных уравнений вычислялись методом наименьших квадратов. Точность полученных обобщенных зависимостей (8), (9) и (10) составляет соответственно ±5,69%, ±5,85% и ±3,79%.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально определены основные параметры, характеризующие теплообмен камер с панельной системой охлаждения для различных режимов эксплуатации: температура рассола в батареях, равновесные температуры воздуха камеры и потоков, наружные и внутренние тепловые нагрузки приборов охлаждения, коэффициенты теплоотдачи от воздуха камеры и потоков к пристенным и потолочным панельным батареям.

2. Получены опытные зависимости перепада температур по высоте камеры, температурной разности между воздухом камеры и хладагентом, температурных распределений по батареям от отношения внутренних теплопритоков к наружным. На основании анализа этих зависимостей определена область условий теплообмена в камерах с панельной системой охлаждения, в которой ее применение является наиболее эффективным.

Установлено равномерное температурное поле в опытной камере для различных режимов испытаний.

3. Получены критериальные уравнения (8, 9, 10), определяющие коэффициенты теплоотдачи от воздуха камеры к пристенным и потолочным панельным батареям.

4. Экспериментально подтверждены особенности теплопередачи панельных батарей в режимах без внутренних тепловыделений при полном экранировании камеры батареями. Так, в частности, установлено, что разность температур воздуха камеры и хладоносителя составляла $1,4 \div 2,0$ град. В результате расход электроэнергии на производство холода сокращается на $(20 \div 25)\%$ и почти полностью ликвидируются причины, вызывающие усушку продуктов.

5. Экспериментально доказано, что пониженная (по сравнению с другими системами охлаждения) температурная разность между воздухом камеры и хладоносителем сохраняется при наличии внутренних теплопритоков к панельным батареям, не превышающих наружные.

6. Проведенные опыты позволили установить высокие теплоизоляционные свойства горизонтального продуха потолочной батареи.

Даны рекомендации по проектированию продухов.

7. Опытным путем установлена возможность нахождения коэффициентов теплоотдачи батарей со стороны продухов по имеющимся в литературе зависимостям теплопередачи через прослойки.

8. Выполнена экспериментальная проверка аналитических зависимостей теплопередачи панельной системы охлаждения.

9. Предложены инженерная методика и номограммы тепловых расчетов камер, оборудованных панельной системой охлаждения с листоканальными батареями.

Методика пригодна также для расчетов листотрубной теплообменной аппаратуры.

Выполнена экспериментальная проверка предложенной расчетной методики.

10. Установлено численное равенство осредненных коэффициентов теплоотдачи от воздуха камеры и продуха к панельным батареям для режимов без внутренних тепловыделений при полном экранировании камеры батареями.

Результаты, полученные в работе, используются в настоящее время при проектировании рефрижераторных судов и промышленных холодильников.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ ИЗЛОЖЕНО В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ:

1. Чуклин С. Г., Никульшина Д. Г., Мнацаканов Г. К. Экспериментальное исследование панельной системы охлаждения. Холодильная техника и технология, вып. 2, Киев, «Техника», 1965.
2. Мнацаканов Г. К. Автоматический дифференциальный терморегулятор. Холодильная техника и технология, вып. 1, Киев, «Техника», 1965.
3. Чуклин С. Г., Никульшина Д. Г., Мнацаканов Г. К. Исследование панельной системы охлаждения камер с внутренними тепловыделениями и неполным экранированием. Холодильная техника и технология, вып. 4, Киев, «Техника», 1966 (выходит из печати).
4. Мнацаканов Г. К. Упрощенный метод расчета панельной системы охлаждения. Холодильная техника и технология, вып. 4, Киев, «Техника», 1966 (выходит из печати).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ДОЛОЖЕНЫ АВТОРОМ:

1. На XXXIII отчетно-научной конференции ОТИПХП в 1964 г. (г. Одесса).
2. На XXXIV отчетно-научной конференции ОТИПХП в 1965 г. (г. Одесса).
3. На Всесоюзной конференции по современным системам и приборам охлаждения и их внедрению в народное хозяйство СССР в 1965 г. (г. Одесса).
4. На Всесоюзной конференции по интенсификации холодильного и технологического пищевого оборудования в 1966 г. (г. Ленинград).

xv 1233
Институт холода
ОХАХТ
Библиотека

БР 00203. Подписано к печати 5.5-1966 г. Формат 60×84¹/₁₆, 0,5 бум. л., 1,0
печ. л., 0,8 уч.-изд. л. Заказ 1553. Тираж 200+70.

Типография «Моряк», Одесса, Ленина, 26.