

Автореферат
к 57

И

инж. Гушану М.В.

ОДЕССКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ХОЛОДИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

На правах рукописи
Для служебного пользования
Экз. № 000011

КОГУТ Владимир Емельянович

УДК 621.565.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМПАУНДНЫХ
СХЕМ ХОЛОДИЛЬНЫХ КОМПРЕССОРНЫХ УСТАНОВОК В СИС-
ТЕМАХ ОХЛАЖДЕНИЯ МЯСОКОМБИНАТОВ

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

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Одесса - 1987

Работа выполнена в Одесском технологическом институте
холодильной промышленности

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

Официальные оппоненты: заслуженный деятель науки
УССР, доктор технических
наук, профессор Ю.В.Захаров,
кандидат технических наук
А.М.Чернозубов

Ведущая организация - ГИПРОХОЛОД, г.Москва

Защита диссертации состоится "16" февраля 1988 г.
в 10.00 часов на заседании специализированного совета К.068.27.01
при Одесском технологическом институте холодильной промышленности.
270057, г.Одесса, ул.Петра Великого, 1/3, ОТИХП.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института.

Автореферат разослан " _____ " _____ 1988 г.

Ученый секретарь специализиро-
ванного совета к.т.н., доцент

Р.К.Никульшин

- 3 -

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. В настоящее время на большинстве холодильных мясокомбинатов проводится замена устаревшего и изношенного компрессорного оборудования на агрегаты одноступенчатого и двухступенчатого сжатия. Холодильные компрессорные установки двухступенчатого сжатия, оставленные из холодильных машин с индивидуальными промежуточными сосудами, сложны в эксплуатации из-за большого количества аппаратов, приборов и средств автоматики. При выходе из строя одного компрессора в агрегате происходит остановка второго компрессора и значительно уменьшается холодопроизводительность установки, при этом теряется гибкость в эксплуатации складывающихся систем, не достигаются требуемые технологические режимы холодильной обработки мяса при минимуме энергетических затрат и, как следствие, затрачивается большее количество электроэнергии на замораживание и охлаждение мяса.

Известные холодильные установки, скомпонованные по компаундным схемам, надежны в работе и обладают эксплуатационными преимуществами. Однако компаундные схемы компрессорных цехов холодильных установок недостаточно исследованы. По этой причине актуальным вопросом является исследование и разработка компаундных схем компрессорных цехов на отечественном оборудовании и составление рекомендаций по проектированию и эксплуатации таких схем.

Целью работы является: Анализ существующих и разработка новых схем холодильных установок и компоновочных решений компрессорных цехов производственных холодильников мясокомбинатов на основе изучения особенностей эксплуатации и проведения математического моделирования основных элементов компаундных схем холодильных установок; обоснование рекомендаций по проектированию и реконструкции схем холодильных установок с максимальным использованием производительности аппаратов и компрессорного оборудования, выпускаемых отечественной промышленностью; обеспечение надежной работы и гибкости в эксплуатации схем компрессорных цехов. Для этого необходимо решить следующие задачи:

- исследовать различные типы компоновочных решений компрессорных цехов производственных холодильников мясокомбинатов для определения наиболее рациональных схем холодильных установок;
- определить влияние режимов работы конденсаторов и испарителей промежуточной и низкотемпературной систем охлаждения на работу холодильной установки по компаундной схеме;

xv/210
Институт холода
ОНАХТ
библиотека

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись

семы регулят

- разработать предложения по улучшению работы узла промежуточного охлаждения, на основе термодвигателя для комбинированных схем холодильных установок;

- разработать математическую модель комбинированной схемы холодильной установки для определения динамических характеристик и выявления особенностей процессов, протекающих в аппаратах и охлаждающих системах, которые необходимо учитывать при проектировании схем и систем управления холодильной установкой;

- провести технико-экономический анализ работы различных вариантов комбинированных схем, сравнивая с традиционными компоновками компрессорных цехов производственных холодильников мясокомбинатов;

- выдать рекомендации по проектированию эффективных в эксплуатации комбинированных схем холодильных установок.

Научная новизна. Установлено влияние режимов работы конденсаторного отделения на эффективность эксплуатации комбинированной схемы холодильной установки. Обосновано применение в комбинированной схеме узла промежуточного охлаждения на основе термодвигателя. Определено влияние динамических характеристик насосно-циркуляционного контура с промежуточной температурой кипения хладагента на работу холодильной установки в целом.

Научные положения, защищаемые в работе.

1. Применение узла промежуточного охлаждения пара, на основе термодвигателя в комбинированной схеме холодильной установки позволяет оптимально проектировать установку на отечественном оборудовании, а подключение термодвигателя непосредственно к циркуляционному ресиверу системы охлаждения с промежуточной температурой кипения хладагента стабилизирует работу схемы при различных динамических воздействиях, таких как изменения температуры окружающей среды и тепловых нагрузок испарителей.

2. В комбинированной схеме двухступенчатого дросселирования с двумя температурными уровнями кипения хладагента при колебании температуры конденсации увеличение суммарных затрат эффективной мощности меньше, чем в традиционной установке, состоящей из агрегатированных холодильных машин одноступенчатого и двухступенчатого сжатия, при обеспечении заданных холодопроизводительностей систем охлаждения, за счет стабильности работы ступени низкого давления.

Основные научные результаты.

1. Применение в комбинированных схемах холодильных установок промежуточного охладителя пара на основе термодвигателя, подсоединенного

к циркуляционному ресиверу промежуточного давления повышает надежность эксплуатации установки и уменьшает капиталовложения на оборудование компрессорного цеха на 5...8 %.

2. Расчет электродвигателей винтовых компрессоров, установленных в комбинированную схему холодильной установки, необходимо проводить с учетом колебания температуры конденсации, а рабочую холодопроизводительность машины при изменении температуры конденсации можно определять в зависимости от степени загрузки электродвигателей.

3. Разработанная математическая модель комбинированной схемы холодильной установки позволяет выявить особенности процессов охлаждения пара, происходящих в аппаратах, а также определить влияние динамических воздействий насосно-циркуляционного контура с промежуточной температурой кипения хладагента на работу установки, которые необходимы при проектировании системы управления компрессорного цеха.

4. Проектирование и автоматизация комбинированных схем холодильных установок должны проводиться с учетом динамических характеристик насосно-циркуляционного контура системы охлаждения с промежуточной температурой кипения хладагента.

5. Проведенный технико-экономический анализ различных схемных решений компрессорных цехов производственных холодильников мясокомбинатов показывает целесообразность применения комбинированных схем холодильных установок.

6. Разработаны рекомендации по проектированию и реконструкции компрессорных цехов производственных холодильников мясокомбинатов с использованием комбинированных схем холодильных установок.

Практическая ценность. Результаты диссертационной работы использованы в разработке материалов по реконструкции схем холодильных установок компрессорных цехов производственных холодильников мясокомбинатов Госагропрома КазССР и УССР, а также изложены в рекомендациях по проектированию и модернизации схем холодильных установок мясокомбинатов. Разработаны рекомендации по применению узла промежуточного охлаждения пара, на основе термодвигателя в комбинированных схемах холодильных установок.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены на Всесоюзных научно-технических конференциях "Пути увеличения выпуска и сохранения качества пищевых продуктов; внедрение безотходных и малотходных технологий, на основе использования искусственного холода" в г. Тбилиси, 1984 г., "О повышении роли молодых ученых и специалистов в ускорении научно-технического прогресса в мясной и молочной промышленности" в г. Москве, 1985 г., "Пути интенсификации

фикации производства и применение искусственного холода в отраслях АПК" в г. Ташкенте, 1985 г., на республиканском семинаре Госагропрома УССР "Качество эксплуатации, ремонта холодильных машин и систем - основной резерв экономии материально-энергетических ресурсов" в г. Николаеве, 1986 г., на Всесоюзной научно-практической конференции "Искусственный холод в отраслях агропромышленного комплекса" в г. Кинешеве, 1987 г.

Публикации результатов. По теме диссертации опубликовано 8 работ, 2 методические разработки, получено 2 положительных решения на поданные заявки на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, рекомендаций и списка литературы и приложений, изложенных на страницах машинописного текста, включая рисунков, таблиц, библиографию из наименований.

Основное содержание.

В первой главе диссертации проведен анализ литературных источников, сравнение различных схем компрессорных цехов производственных холодильников мясокомбинатов, работающих по компаундным схемам. Показаны особенности компоновки и работы компрессорного оборудования компаундных схем холодильных установок фирм "Atlas" и "Alpha-Laval", а также схем, разработанных и внедренных ОТИХП на мясокомбинатах Украины и Казахстана. Рассмотрены промежуточные охладители компаундных схем холодильных установок, представляющие собой, в основном, барботажные змеевиковые промежуточные сосуды или ресивер-сепараторы. Барботажные промежуточные охладители пара имеют принципиально неустраняемые потери давления при продавливании потока через слой жидкого хладагента. В змеевике промежуточного сосуда существует недорекуперация жидкого хладагента. Потери давления и недорекуперация хладагента ухудшает энергетическую эффективность работы холодильной установки. Сформулированы задачи исследования.

Вторая глава посвящена исследованию холодильных установок, работающих по компаундным схемам. В ней рассмотрены два типа производственных холодильников мясокомбинатов производительностью от 30 т в смену до 200 т в смену по переработке мяса. Для одинаковых окружающих условий были определены холодопроизводительности по системам охлаждения. Проведено сравнение выбранных схем компрессорных цехов холодильных установок по основным характеристикам. Такими характеристиками являются тепловая нагрузка на конденсатор, эффективная мощность электродвигателей компрессоров и объем, описываемый поршнями, или для винтовых компрессоров - перекачиваемый объем в единицу вре-

мени. Рассмотрены три варианта схемных решений компрессорных цехов: традиционные агрегатированные холодильные машины одноступенчатого и двухступенчатого сжатия; компаундные схемы с змеевиковым промежуточным и компаундные схемы с ресивером-сепаратором.

Экономичность холодильной установки во многом определяется совершенством конденсаторного отделения. Температура конденсации во время эксплуатации установки в течение суток может изменяться на 10 и более градусов. Такое повышение температуры конденсации приводит к увеличению работы сжатия, к которой необходимо затрачивать для осуществления нормальной эксплуатации холодильной установки. Использование в компаундных схемах холодильных установок двухступенчатого последовательного дросселирования стабилизирует работу ступени низкого давления. Кроме этого в таком цикле увеличивается удельная холодопроизводительность на низкотемпературном уровне кипения хладагента. По этой причине количество циркулирующего хладагента меньше в ступени низкого давления для отведения заданной тепловой нагрузки.

При повышении температуры конденсации на 10 градусов в компаундной схеме увеличение эффективной работы сжатия и количества циркулирующего хладагента для поддержания заданных холодопроизводительностей на двух температурных уровнях кипения хладагента меньше, чем в традиционной схеме соответственно на 7,6% и 1,4%.

На основе проведенных исследований была спроектирована компаундная схема холодильной установки, представленная на рис. 1.

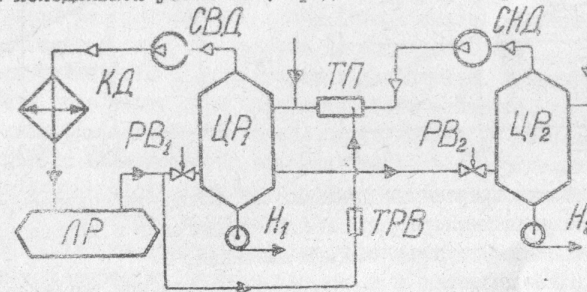


Рис. 1. Компаундная схема холодильной установки.

В такой схеме осуществляется следующий цикл. Компрессоры СВД нагнетают пары хладагента в конденсатор. Сконденсированный хладагент дросселируется через PB_1 в $ЦР_1$ до промежуточного давления, а из него дросселируется через PB_2 в $ЦР_2$ до низкого давления. Насосы H_1 и H_2

обеспечивают циркуляцию жидкого хладагента в системах охлаждения. В ЦР_I и ЦР_{II} обеспечивается слив парожидкостной смеси из приборов охлаждения. Компрессоры СНД нагнетают пары хладагента через термодвигатель в ЦР_I. В термодвигатель через ТРВ впрыскивается жидкий хладагент. В нагнетательный трубопровод происходит слив парожидкостной смеси из приборов охлаждения с промежуточной температурой кипения, который может происходить до или после термодвигателя, в зависимости от конструкции схемы. Из ЦР_I отсасывается пар компрессорами СВД. Далее цикл повторяется.

Отличительной особенностью такой схемы является то, что несколько компрессоров ступени низкого давления нагнетают пары хладагента через общий термодвигатель в циркуляционный ресивер промежуточного давления.

В термодвигателе комбинированной схемы холодильной установки потери

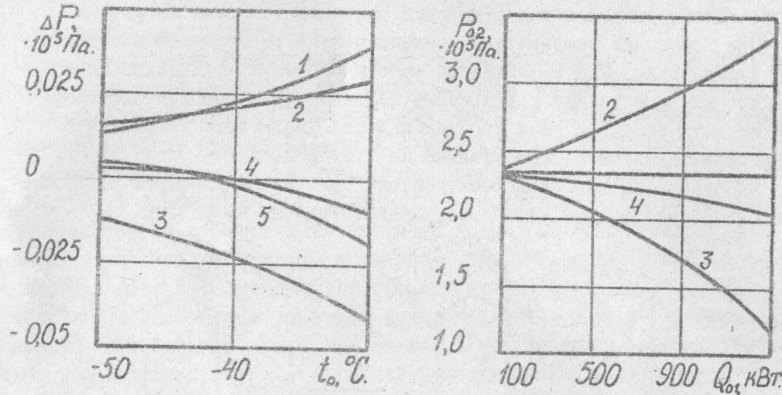


Рис.2. Зависимости приращения давления на выходе термодвигателя от изменения температуры кипения хладагента и холодопроизводительности ступени низкого давления, где 1, 2 - приращен. э. давления, обусловленное эффектом тепловой компрессии соответственно для обычной и комбинированной схем установок; 3 - потери давления, обусловленные трением; 4, 5 - суммарное приращение давления в термодвигателе, соответственно, для обычной и комбинированной схем холодильных установок.

давления меньше на 30...50 %, чем в барботажном промсосуде, при изменении температур конденсации и кипения.

В результате анализа схем предложена классификация холодильных установок, скомпонованных по комбинированным схемам. Комбинированные схемы холодильных установок предлагается классифицировать по количеству температурных уровней кипения хладагента в цикле; по способу получения низкой температуры кипения хладагента; по способу переохлаждения жидкого хладагента.

В третьей главе представлена система уравнений динамики процессов и аппаратов комбинированных схем холодильных установок. Показано взаимодействие звеньев между собой в процессе работы холодильной установки. Определено обобщенное звено комбинированной схемы, которым является циркуляционный ресивер системы охлаждения с промежуточной температурой кипения хладагента. В традиционной холодильной установке, состоящей из нескольких холодильных машин, обобщенным звеном является конденсатор. В двухступенчатой холодильной машине обобщенным звеном является промежуточный сосуд.

Циркуляционный ресивер промежуточного давления в комбинированных схемах холодильных установок кроме обычных функций выполняет следующие назначения:

- отделителя жидкого хладагента при соединении его с промежуточным сосудом по отсосу пара;
- емкости жидкого хладагента перед вторым дросселированием в циркуляционный ресивер системы охлаждения с низкой температурой кипения в схеме с последовательным дросселированием;
- узла промежуточного охлаждения пара хладагента, используя процесс барботажного пара через слой жидкости в этом аппарате.

Разделение функциональной модели циркуляционного ресивера на два звена (парового и жидкостного объемов) позволяет определить влияние узла промежуточного охлаждения на работу системы охлаждения с промежуточной температурой кипения хладагента и на работу установки в целом. Для получения дифференциальных уравнений определены условия статического равновесия системы элементов в соответствии с их функциональным назначением. Совокупность подводимых к элементу, отводимых и аккумулированных в нем масс, позволяет составить дифференциальное уравнение элемента. При получении уравнений использован метод разложения функциональных зависимостей в ряд Тейлора с последующей линеаризацией. Уравнение парового объема циркуляционного ресивера имеет следующий вид:

$$\frac{1}{T} (pV + pV) = A_1 \delta c_1 + A_2 \delta c_2 + A_3 \delta c_3 + A_4 \delta c_4 + A_5 \delta c_5 + A_6 (\rho_1 \delta \rho_1 + \rho_2 \delta \rho_2 + \rho_3 \delta \rho_3 + \rho_4 \delta \rho_4) + A_7 \delta c_7 + A_8 \delta c_8. \quad (1)$$

Уравнение жидкостного объема циркуляционного ресивера имеет вид:

$$\begin{aligned}
 a) T_1(\rho_1^* \rho_1) &= V_{\delta 01} + M_1 J_1 V_1 - B_{21} n - B_3 \rho_1 \rho_1' - B_4 (\rho_1^* \rho_1 \rho_1' + \rho_1 \rho_1' \rho_1^* - \rho_1 \rho_1^* \rho_1') - \delta_1; \\
 б) T_2(\rho_2^* \rho_2) &= V_{\delta 02} + M_2 J_2 V_2 - B_{22} n - B_3 \rho_2 \rho_2' - B_4 (\rho_2^* \rho_2 \rho_2' + \rho_2 \rho_2' \rho_2^* - \rho_2 \rho_2^* \rho_2') - \delta_2 - B_{51} n; \\
 в) T_3(\rho_3^* \rho_3) &= V_{\delta 03} + M_3 J_3 V_3 - B_{23} n - B_3 \rho_3 \rho_3' - B_4 (\rho_3^* \rho_3 \rho_3' + \rho_3 \rho_3' \rho_3^* - \rho_3 \rho_3^* \rho_3') - \delta_3 - B_{51} n.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Уравнение динамики парового объема содержит также слагаемое $V_{\delta 01}$, которое учитывает приращение массы хладагента, вносимое после узла промежуточного охлаждения пара. Уравнение динамики жидкостного объема зависит от функций назначения этого аппарата и от этих функций добавляются следующие слагаемые: а) остается таким же, как и уравнение обычного циркуляционного ресивера при условии, что температура пара узла промежуточного охлаждения равна промежуточной температуре кипения хладагента; б) учитывает приращение масс, связанное отбором жидкого хладагента в циркуляционный ресивер низкого давления и добавляется слагаемые B_{51} и $M_2 J_2 V_2'$; в) учитывает приращение масс, вызванное промежуточным охлаждением пара, проходящего в этом аппарате слагаемым B_{51} . Все элементы, входящие в состав компаундной схемы холодильной установки, в процессе работы взаимодействуют друг с другом, поэтому динамические свойства схемы в целом характеризуются совокупностью уравнений всех элементов. Для полного представления компаундной схемы холодильной установки как объекта управления необходимо учитывать динамику выбранного типа конденсаторов. Система уравнений, описывающая динамику компаундной схемы без конденсаторного отделения с некоторыми допущениями может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 T_1(\rho_1^* \rho_1) &= A_1 \delta_{01} + A_2 \delta_{02} + A_3 \delta_{03} + A_4 \delta_{04} + A_5 \rho_1 \rho_1' + A_6 (\rho_1^* \rho_1 \rho_1' + \rho_1 \rho_1' \rho_1^* - \rho_1 \rho_1^* \rho_1') - \alpha_1 + A_7 \delta_{01}; \\
 T_2(\rho_2^* \rho_2) &= V_{\delta 02} + M_2 J_2 V_2 - B_{22} n - B_3 \rho_2 \rho_2' - B_4 (\rho_2^* \rho_2 \rho_2' + \rho_2 \rho_2' \rho_2^* - \rho_2 \rho_2^* \rho_2') - \delta_{02} - B_{51} n; \\
 T_3 \rho_3 \rho_3' &= D_1 \delta_{01} - D_2 \delta_{02} + D_3 n - D_4 \rho_3 \rho_3' - \alpha_1; \\
 T_4 \rho_3 \rho_3' &= \alpha_1 + E_1 \delta_{01} + E_2 \delta_{02} + E_3 \rho_3 \rho_3'; \\
 T_1(\rho_1^* \rho_1^*) &= A_{11} \delta_{01} + A_{12} \delta_{02} + A_{13} \delta_{03} + A_{14} \delta_{04} + A_{15} \rho_1 \rho_1^* + A_{16} (\rho_1^* \rho_1 \rho_1^* + \rho_1 \rho_1^* \rho_1^* - \rho_1 \rho_1^* \rho_1^*) - \alpha_{02}; \\
 T_2(\rho_2^* \rho_2^*) &= V_{\delta 02} + M_2 J_2 V_2 - B_{22} n - B_3 \rho_2 \rho_2^* - B_4 (\rho_2^* \rho_2^* \rho_2^* + \rho_2 \rho_2^* \rho_2^* - \rho_2 \rho_2^* \rho_2^*) - \delta_{02}; \\
 T_3 \rho_3^* \rho_3^* &= D_{11} \delta_{01} - D_{12} \delta_{02} + D_{13} n - D_{14} \rho_3 \rho_3^*; \\
 T_{41} \rho_3 \rho_3^* &= \alpha_2 + E_{11} \delta_{01} - E_{12} \delta_{02} + E_{13} \rho_3 \rho_3^*.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

В системе уравнений (3) постоянные времени звеньев: T_1, T_{12} - паровых объемов и T_2, T_{21} - жидкостных объемов циркуляционных реси-

веров; T_3, T_{31} - приборов охлаждения; T_4, T_{41} - сливных трубопроводов. В данной системе максимальные значения принимают постоянные времени приборов охлаждения и их влияние оказывает наибольший вклад в динамику холодильной установки. Однако при сравнении холодильников с одинаковыми охлаждающими системами, можно определить совершенство схемного решения компрессорного цеха холодильной установки и судить о совершенстве и стабильности работы обобщенного узла компаундной схемы.

Четвертая глава посвящена экспериментальным исследованиям работы холодильных установок, скомпонованных по компаундным схемам, с целью подтверждения аналитических расчетов и определения динамических характеристик. Эксперименты проводились на производственных холодильниках мясокомбинатов в городах Темиртау, Атбасаре и Ватутино. Компрессорные цехи этих предприятий работают по компаундным схемам на импортном оборудовании. Компаундные схемы холодильных установок мясокомбинатов в городах Темиртау и Атбасаре выполнены по проектам фирмы "Alpha-Laval" и промежуточное охлаждение пара осуществляется в ресивере-сепараторе. Аналогичных аппаратов отечественная промышленность не выпускает. Такие схемы наиболее близки к разрабатываемой.

Экспериментальные исследования условно разделены на три части. В первой части исследований проверялись режимы работы винтового компрессора марки ДЗ-900 с электродвигателем КЕЗ 25СМХ2 мощностью 132 кВт, установленного при реконструкции в компаундную схему холодильной установки на Ватутинском мясокомбинате, при изменении температуры конденсации. В условиях повышенного давления конденсации мощности этого электродвигателя не хватает для полной производительности компрессора. Золотниковое устройство винтового компрессора позволяет регулировать производительность в зависимости от потребляемой мощности. Важной задачей является определение реальной холодопроизводительности в условиях изменяющихся режимов работы. При различных температурах конденсации и поддерживаемой промежуточной температуре кипения хладагента были замерены потребляемые электрические мощности двигателя, а по паспортным данным определены холодопроизводительности.

Используя характеристики компрессора и параметры цикла холодильной установки, в которой он работает, по формуле

$$Q_0^P = \frac{Ne \cdot \eta_c \cdot \eta_o}{\epsilon_a},$$

можно определить холодопроизводительность компрессора по потребляемой мощности электродвигателем при различных режимах работы.

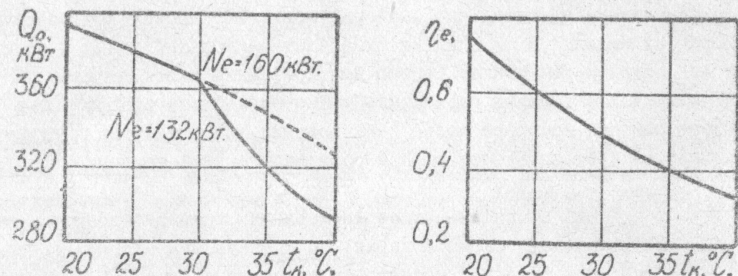


Рис. 3. Зависимости изменения холодопроизводительности и эффективного кпд винтового компрессора S3-900, работающего на поддержание температуры кипения -15°C .

Во второй части исследований проводилась проверка аналитических расчетов и установлена динамическая связь между рабочими параметрами холодильной установки при изменении режимов работы. Эксперименты проводились в зимний и летний периоды работы мясокомбинатов в городах Атбасаре и Темиртау. В основу экспериментов при циклической загрузке камер холодильника и поддержании заданных температур кипения хладагента. На основе проведенных исследований можно проводить диагностику однотипных схемных решений компрессорных цехов, сравнивая установки в процессе работы по изменениям холодопроизводительности систем охлаждения и потребляемой электроэнергии на производство холода.

На рис. 4 показаны изменения холодопроизводительностей компрессоров (1, 2) ступеней высокого давления. Они состоят из холодопроизводительностей систем охлаждения с промежуточными температурами кипения хладагента и производительностей ступеней высокого давления, необходимых для работы ступени низкого давления. Холодопроизводительности систем охлаждения изменяются в широком диапазоне и компаундная схема холодильной установки при помощи простой автоматики хорошо реагирует на эти изменения.

В третьей части проводились исследования для подтверждения предложенной математической модели компаундной схемы холодильной установки. Для этого при искусственном подъеме давления в сепараторе при отключенном компрессоре замерялась скорость изменения основных параметров холодильной установки, а при получении заданного приращения давления включался компрессор и измерялась скорость возвращения параметров в первоначальное положение. Основной зада-

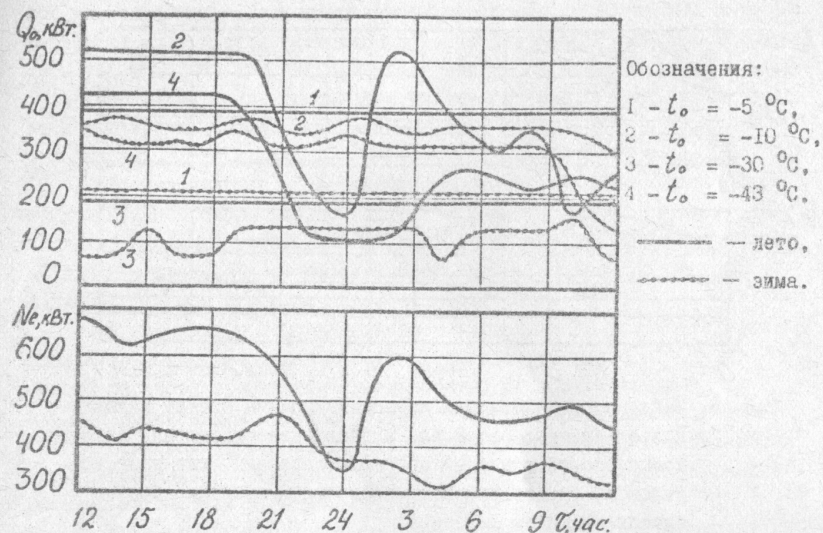


Рис. 4. Зависимости изменения холодопроизводительности по системам охлаждения и электрической мощности компрессорного цеха от времени суток в летний и зимний периоды работы Атбасарского мясокомбината.

чей было определение влияния обобщенного звена на работу холодильной установки. Из проведенных исследований можно сделать вывод, что незначительный подъем давления кипения в системе охлаждения с промежуточной температурой, практически, не оказывает влияние на работу ступени низкого давления.

Так, например, в цикле № 1 повышение давления на $1,5 \cdot 10^5$ Па приводит в цикле № 3 к изменению давления на $0,2 \cdot 10^5$ Па увеличивает давление в цикле № 4 на $0,006 \cdot 10^5$ Па. В компаундных схемах холодильных установок происходит перераспределение работы СВД, что обеспечивает поддержание необходимой производительности СВД.

Автоматизация компаундной схемы холодильной установки намного проще, чем традиционной. Для ее обеспечения достаточно, чтобы ступени сжатия компаундной схемы имели системы одноступенчатого регулирования, связанные между собой через обобщенное звено (циркуляционный ресивер системы охлаждения с промежуточной температурой кипения).

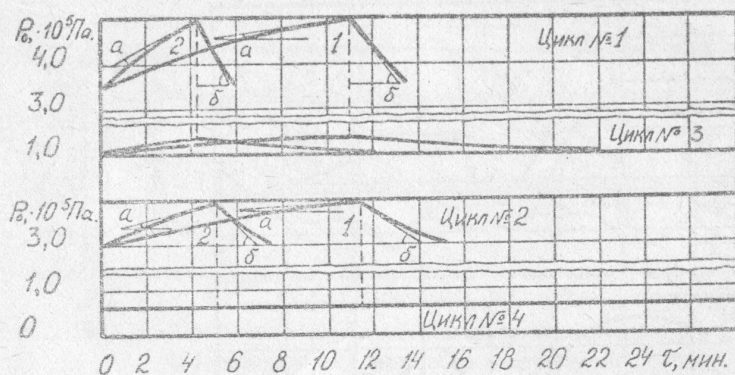


Рис. 5. Зависимости изменения давлений кипения систем охлаждения от времени останова и включения одного или двух компрессоров ступеней высокого давления, где тангенсы углов a , b соответствуют постоянным времени ступени сжатия высокого давления.

ния), в котором необходимо поддерживать уровень и температуру кипения хладагента. Такая система автоматизации стабилизирует режимы работы охлаждающих систем и установки в целом.

В пятой главе представлен технико-экономический анализ различных схем компрессорных цехов производственных холодильников мясокомбинатов. Проведен выбор критерия оптимизации холодильной установки, работающей по компаундной схеме. Наиболее общей характеристикой эффективности холодильных установок является экономическая, в которой основной показатель – величина суммарных приведенных затрат, которые рассчитываются как сумма эксплуатационных затрат и отчислений от капитальных вложений. Суммарные приведенные затраты рассчитаны для однотипных холодильников мясокомбинатов с различными схемными решениями компрессорных цехов.

Суммарные приведенные затраты компрессорных цехов, скомпонованных по компаундным схемам, меньше по сравнению с традиционными на 4,2...5,5 % в схемах с змеевиковым промсосудом и 8...14,4 % – в схемах с термопрессором, в зависимости от назначения холодильника мясокомбината.

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о целесообразности использования при реконструкции и проектировании холодильни-

ков мясокомбинатов производственной мощностью от 60 до 400⁰ тонн переработки мяса в сутки компоновки компрессорного оборудования по компаундной схеме холодильной установки с совмещенным узлом промежуточного охлаждения, состоящего из термопрессора и циркуляционного ресивера промежуточного давления.

Выводы:

1. Математическая модель компрессорного цеха, скомпонованного по компаундной схеме, предсказывает поведение рабочих параметров цикла холодильной установки при отклонении какого-нибудь параметра от нормы и прогнозирует эффективность работы схемы при поддержании заданных режимов с обеспечением ее надежности.

2. Применение в компаундной схеме холодильной установки узла промежуточного охлаждения, состоящего из термопрессора и циркуляционного ресивера промежуточного давления, позволяет внедрять такую схему с применением серийного отечественного оборудования.

3. Выделение обобщенного звена компаундной схемы в зависимости от функциональных особенностей позволяет упростить проектирование системы автоматизации холодильной установки.

4. Винтовые компрессоры, имеющие регулирование холодопроизводительности, можно использовать в различных ступенях сжатия компаундной схемы холодильной установки; установленная мощность электродвигателей не должна отличаться от расчетной более чем на 10 %.

5. Методика расчета реальной холодопроизводительности винтовых компрессоров в зависимости от потребляемой мощности позволяет обоснованно рассчитывать себестоимость холода.

6. Проектирование узла промежуточного охлаждения на основе термопрессора для компаундной схемы холодильной установки должно проводиться с учетом изменения холодопроизводительности системы охлаждения с низкой температурой кипения хладагента и температуры конденсации.

7. При прочих равных условиях при изменении режимов работы годовое потребление электроэнергии меньше на 4...6 % в холодильной установке, скомпонованной по компаундной схеме, чем в традиционной.

Приняты к внедрению проектными организациями Госагропрсма КазССР методические разработки по компоновке компрессоров по компаундным схемам, методика теплового расчета и подбора компрессоров, инструкция по расчету промежуточного охладителя, на основе термопрессора для промышленных холодильных установок. Указанные разработки применяются при проектировании и реконструкции компрессорных цехов предприятий мясной и молочной промышленности. Данные методики использо-

ваны при выполнении хозяйственных тем № 0022 и 6023, при разработке проектных решений по реконструкции холодильников мясокомбинатов в городах Дзезыгаре, Темиртау, Атбасаре, Балхаше, Кустанае, Ватутино, Харькове и холодильников молокозаводов в городах Экибастузе, Дзезказгане, Павлодаре, Балхаше, Петропавловске. Они также используются в учебных целях в лекциях, курсовом и дипломном проектировании по курсу "Холодильные установки" для специальности 0529.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Когут В.Е., Гордиенко А.В. Обобщение опыта эксплуатации компаундных схем холодильных установок производственных холодильников. Тезисы докладов Всесоюзного совещания работников холодильных служб мясной промышленности, Александрия, Кировоградской обл., 1984 г.
2. Гордиенко А.В., Бушта И.В., Когут В.Е., Ольшанский С.В. Повышение эффективности охлаждающих систем холодильников и компрессорных цехов мясокомбинатов. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Пути увеличения и сохранения качества пищевых продуктов; внедрение безотходных и малоотходных технологий на основе использования искусственного холода", Тбилиси, 1984 г.
3. Чумак И.Г., Шахневич В.И., Гордиенко А.В., Когут В.Е. К вопросу об эффективности применения компаундных схем компрессорных цехов производственных холодильников. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Пути интенсификации производства и применение искусственного холода в отраслях АПК", Ташкент, 1985 г.
4. Когут В.Е., Федоров О.Г., Подмазко А.С. Совершенствование охлаждающих систем холодильников и компрессорных цехов действующих мясокомбинатов. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "О повышении роли молодых ученых и специалистов в ускорении научно-технического прогресса в мясной и молочной промышленности", Москва, 1985 г.
5. Живица В.И., Когут В.Е. Промежуточный охладитель на основе термодвигателя для агрегата АД-260. Журнал "Холодильная техника", № 6, 1985 г., Москва.
6. Гордиенко А.В., Когут В.Е., Шахневич В.И., Бушта И.В. Повышение эффективности охлаждающих систем холодильников действующих мясокомбинатов. Тезисы докладов V научно-технической конференции по холодильной технике "Развитие холодильников и холодильных машин", НРБ, Пловдив, 1986 г.
7. Чумак И.Г., Живица В.И., Когут В.Е., Гордиенко А.В. Совершенствование схемных решений холодильных установок производственных холодильников. Тезисы докладов V научно-технической конференции по

холодильной технике "Развитие холодильников и холодильных машин", НРБ, Пловдив, 1986 г.

8. Живица В.И., Когут В.Е. Совершенствование промежуточного охлаждения в холодильных установках. Сборник "Холодильная техника и технология", вып. 43, "Техніка", Киев, 1986 г.

Обозначения:

СВД - ступень высокого давления; СНД - ступень низкого давления; КД - конденсатор; ЦР - циркуляционный ресивер; ТП - термодвигатель; РВ - регулирующий вентиль; Н - насос; ТРВ - терморегулирующий вентиль; Me - эффективная мощность; W_a - работа сжатия; Q_0 - холодопроизводительность; q_0 - удельная холодопроизводительность; G - массовый расход; v - относительное изменение объема; ρ - относительное изменение плотности; δ - относительное изменение давления; λ - относительное изменение температуры; α - относительное изменение плотности теплового потока; S - относительное изменение теплоемкости; M - относительное изменение скрытой теплоты парообразования; ρ - оператор Лапласа; A, B, N, J, D, E - коэффициенты при соответствующих переменных.

Индексы:

('), (") - относится, соответственно, к жидкой и паровой фазе при температуре насыщения; сл1, сл2 - относятся, соответственно, к входам и выходам приборов охлаждения и сливных трубопроводов; н1, н2 - относятся, соответственно, к подаче к насосу и циркуляционному ресиверу низкого давления; ком - относится к компрессору; кон - относится к конденсатору; о - относится к состоянию кипения или парообразования; п.о. - относится к промежуточному охладителю; см - относится к двухфазной смеси; р - относится к циркуляционному ресиверу.

(5)

XV 12 10
ИНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
Библиотека

Ротапринт ОТИХП г.Одесса. Подписано к печати 30.12.87.
Объем 1,0 п.л. Тираж 100. Заказ 7-87.