

Автореферат
Ф81

Одесский институт низкотемпературной техники и энергетики

На правах рукописи

ФОТИХОВА Багда Валериевна

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ
В ХОЛОДИЛЬНОМ БЕССАЛЬНИКОВОМ КОМПРЕССОРЕ

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

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

xv 1025

ІНСТІТУТ ХОЛОДУ
ОНАХТ
Бібліотека

Одесса - 1991

Работа выполнена в Одесском инженерно-строительном институте

Научный руководитель - кандидат технических наук, доцент
Якименко Г.С.

Научный консультант - доктор технических наук, профессор
Калнинь И.М.

Официальные оппоненты - доктор технических наук, профессор
Пластинин П.И. ;
доктор технических наук, профессор
Коноплев И.Д.

Ведущая организация - Харьковское опытно-конструкторское и
технологическое бюро ПО "Кристалл"
Минрадиопрома СССР

Защита состоится "23" 09 1991 г. в 11 час.00 мин
на заседании специализированного совета К.068.27.01 при Одесском
институте низкотемпературной техники и энергетики по адресу:
270057, г.Одесса, ул.Петра Великого, 1/3, ОИИТЭ.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке института
Автореферат разослан "5" 07 1991 г.

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

Р.К.Нижкульшин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Технической основой решения продовольственной проблемы в нашей стране является создание неразрывной холодильной цепи от производителя продовольствия до его потребителя. В состав холодильной цепи должно входить оборудование, обеспечивающее охлаждение, хранение, транспортировку и распределение пищевых продуктов. Одним из важнейших элементов холодильной цепи являются компрессоры, в частности, холодильные бессальниковые компрессоры. Такими компрессорами оборудованы, как правило, небольшие провизионные камеры, комплекты витрин и прилавков в магазинах самообслуживания типа "Универсам", а также некоторые виды транспортных холодильных установок и установок кондиционирования воздуха.

Вследствие этого особую актуальность приобретает задача оптимизации конструкций бессальниковых холодильных компрессоров с целью снижения их температурного уровня, повышения теплоэнергетической эффективности, долговечности и надежности.

Цель работы - создание общей схемы и математической модели тепловых процессов, протекающих в поршневом холодильном бессальниковом компрессоре, как основы оптимизации его конструктивных параметров.

Задачи исследования.

1. Построение эквивалентной тепловой схемы для расчета и анализа тепловых процессов, протекающих в поршневом бессальниковом холодильном компрессоре.
2. Разработка математической модели тепловых процессов, протекающих в поршневом бессальниковом холодильном компрессоре с учетом теплообмена во встроеном электродвигателе, рабочего процесса в цилиндре и протечек через зазор поршень-цилиндр.
3. Проведение экспериментального исследования тепловых процессов в поршневом бессальниковом холодильном компрессоре.
4. Расчет на ЭВМ температурного состояния элементов бессальникового холодильного компрессора в широком диапазоне рабочих режимов.
5. Разработка методики оптимизации элементов конструкции бессальникового холодильного компрессора на базе математического моделирования протекающих в нем тепловых процессов.

Научная новизна работы:

1. Составлена полная эквивалентная тепловая схема (ЭТС) бессальникового компрессора, описывающая процессы теплообмена во всех элементах компрессора и потока фреона, включая встроеный электродвигатель и цилиндры компрессора.

2. Разработана математическая модель тепловых процессов, протекающих в бессальниковом холодильном компрессоре, с учетом процессов в цилиндре и протечек в зазоре поршень-цилиндр.

3. Предложена методика оптимизации конструктивных элементов бессальникового холодильного компрессора на основе моделирования протекающих в нем тепловых процессов.

Научные положения, защищаемые в работе.

1. Задачу расчетного определения рабочих температур элементов потока хладагента и элементов бессальникового холодильного компрессора целесообразно решать на основе составления ЭТС и построения математической модели тепловых процессов в компрессоре данного типа.

2. Оптимизацию параметров обрешетки, элементов системы охлаждения встроенного электродвигателя парами хладагента и деталей бессальникового холодильного компрессора следует проводить на основе разработанной модели тепловых процессов, протекающих в нем.

Также получены и защищаются следующие научные результаты:

1. Эквивалентная тепловая схема тепловых процессов, протекающих в поршневом холодильном компрессоре.

2. Математическая модель тепловых процессов, протекающих в бессальниковом холодильном компрессоре, учитывающая встроенный электродвигатель, рабочий процесс в цилиндре и протечки через зазор поршень-цилиндр.

3. Программа расчета на ЭВМ температурного состояния элементов бессальникового холодильного компрессора.

4. Методика оптимизации элементов конструкции бессальникового холодильного компрессора на базе математического моделирования протекающих в нем тепловых процессов.

Практическая ценность и внедрение результатов работы. Проведенные исследования стимулировались потребностями промышленности и были внедрены в практику холодильного машиностроения. Результаты этих исследований использованы при конструировании новых и совершенствовании выпускаемых бессальниковых компрессоров во ВНИИХолодмаше и на ПО "Одесколдмаш".

Публикации и апробация результатов исследований. По результатам выполненных исследований опубликовано 5 работ и получено одно авторское свидетельство на изобретение.

Результаты работы докладывались на межреспубликанской студенческой научной конференции "Повышение технического уровня компрес-

сорных, холодильных и вакуумных машин" (Москва, 1986), на всесоюзной научно-практической конференции "Интенсификация производства и применения искусственного холода" (Ленинград, 1986), на всесоюзной научно-практической конференции "Пути интенсификации производства с применением искусственного холода в отраслях агропромышленного комплекса, торговли и на транспорте" (Одесса, 1989), а также на ежегодных научных конференциях ОИСИ (Одесса, 1989-1990).

Объем и структура диссертации. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и приложений. Работа изложена на 218 страницах основного текста; содержит 71 рисунок, 4 таблицы, список литературы из 159 наименований и приложения на 18 стр.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Холодильный бессальниковый компрессор в значительной степени определяет эксплуатационные показатели холодильного оборудования. Поэтому при разработке и совершенствовании малых холодильных машин ему уделяется особое внимание. Анализ литературных данных показывает, что большой вклад в дело исследований тепловых процессов, протекающих в холодильных компрессорах сделали И.И.Пластинин, Р.М.Петриченко, В.В.Оносковский. Однако в процессе этих исследований основное внимание уделялось процессам в цилиндре компрессора, а также теплообмену в клапанах компрессора. Тепловым исследованиям герметичных компрессоров посвящены работы В.Б.Якобсона, В.С.Дороша, О.В.Щесика, Л.Я.Петрушанской, А.Л.Черняка, В.А.Редькина. Однако ввиду ограниченного объема тепловых исследований общие закономерности теплообмена в холодильном компрессоре были раскрыты недостаточно. К тому же результаты работ В.С.Дороша, О.В.Щесика, В.А.Редькина применимы, в основном, для герметичных холодильных компрессоров, работающих в режимах кондиционирования воздуха.

Для обоснования и выбора методических принципов всестороннего теплового исследования холодильного бессальникового компрессора был сделан обзор работ, посвященных тепловым исследованиям электрических машин. Большой научный вклад в данной области внесли В.Арнольд, О.Бем, Г.Треттин, М.Лившиц, Р.Рихтер, И.Гак, М.П.Костенко, И.И.Постников, В.К.Васильев, А.И.Борисенко, А.Кеслер, Г.Г.Счастливы, И.П.Бодяев. Анализ данных работ показал принципиальную возможность применения для теплового исследования холодильного бессальникового компрессора методов, применяемых при тепловых исследованиях электрических машин, а именно: метода эквивалентных тепловых схем и метода температурного поля.

Одним из первых применил указанные методы при расчете рабочих температур элементов холодильного компрессора Г.И.Шевчук. Однако эти расчеты относились к герметичным компрессорам и основное внимание при этом уделялось расчету температур элементов встроенного электродвигателя.

В качестве первого этапа решения поставленных задач было проведено теоретическое исследование теплового баланса бессальникового холодильного компрессора. В процессе исследования выявляли закономерности тепловых процессов в элементах бессальникового холодильного компрессора и потока хладагента с целью их математического описания. В основу теоретического исследования были положены уравнения теории теплообмена и термодинамики рабочего тела. Была составлена принципиальная схема прохождения паров хладагента через механизмы компрессора. Путь движения хладагента условно разбили на элементарные участки, в пределах которых условия теплообмена считали постоянными. Было составлено математическое описание условий теплообмена на каждом элементарном участке. Для каждого участка составляли уравнения теплового баланса, определяющие условия процессов теплообмена элементов потока хладагента с элементами конструкции компрессора и окружающей средой, а также элементов конструкции компрессора между собой, с маслом в картере и хладагентом в картере компрессора.

Характер распределения температур по длине обмотки статора встроенного электродвигателя компрессора определяли, решая уравнение теплового баланса элементов конструкции электродвигателя в дифференциальной форме.

Рабочий процесс в полости цилиндра компрессора описывали, пользуясь уравнениями сохранения энергии и массы и уравнением состояния паров в цилиндре. На базе этих уравнений получены зависимости изменения температуры и давления паров хладагента в цилиндре от угла поворота вала.

При теоретическом анализе процесса течения паров хладагента через зазор поршень-цилиндр бессальникового холодильного компрессора использовали принципиальный подход и математический аппарат, предложенные в работах В.А.Буданова. Считали, что прорывающиеся из полости цилиндра в картер холодильного компрессора пары хладагента образуют неустановившийся адиабатный поток идеального газа через зазоры в замках поршневых колец.

На основании рассмотрения участков механизма бессальникового

компрессора и потока хладагента, находящихся в тепловом взаимодействии, выявлен сложный характер теплообменных процессов, протекающих в компрессоре. Он обусловлен конструктивными особенностями компрессора, определяющими характер контакта различных участков между собой, а также условиями теплообмена во встроенном электродвигателе компрессора, рабочими процессами в цилиндрах и протечками хладагента в зазорах поршень-цилиндр компрессора. Проведенное теоретическое исследование показало принципиальную возможность составления математической модели процессов теплообмена в бессальниковом холодильном компрессоре.

С целью проверки результатов теоретического исследования тепловых процессов в холодильном бессальниковом компрессоре и получения экспериментальных данных по изменению фактических температур, тепловидений, коэффициентов теплопроводности и теплоотдачи в различных элементах бессальникового компрессора было проведено специальное экспериментальное исследование. В качестве объекта экспериментального исследования был выбран бессальниковый холодильный компрессор типа ИБЕЮ, предназначенный для работы в широком диапазоне температурных режимов на различных хладагентах.

Тепловое исследование бессальникового холодильного компрессора проводили на calorиметрическом стенде и на специально разработанном стенде "Газовое кольцо". В процессе испытаний определяли теплоэнергетические показатели компрессора в широком диапазоне рабочих режимов. Особое внимание уделялось экспериментальному определению рабочих температур деталей компрессора и элементов потока хладагента. С этой целью в компрессоре были установлены термопары ТХК (хромель-конель) с диаметром провода 0,3-0,5 мм в комплекте с автоматическим потенциометром КСН4.

Термопары были установлены в деталях компрессора и фреоновом тракте. Компрессор испытывался во всем диапазоне рабочих режимов при работе на хладагентах R12 и R22.

В результате проведенного экспериментального исследования бессальникового холодильного компрессора ИБЕЮ были получены следующие экспериментальные зависимости: 1) расхода хладагента G_a от температуры кипения t_b при различных температурах конденсации t_k ; 2) потребляемой электрической мощности компрессора N_e от температуры кипения t_b при различных температурах конденсации t_k ; 3) холодопроизводительности Q_0 от температуры кипения t_b при различных температурах конденсации t_k ; 4) холодильного коэффициента ε от

температуры кипения t_0 при различных температурах конденсации t_k ; 5) коэффициента подачи λ от степени сжатия компрессора P_k/P_0 .

В результате экспериментального исследования получены зависимости температур деталей компрессора и потока хладагента от температуры кипения t_0 при работе компрессора ИБ10 на хладагенте R12 при температурах конденсации $t_k = 30, 40, 50, 60$ и 70°C и его работе на хладагенте R22 при температурах конденсации $t_k = 30, 40$ и 50°C . Примеры полученных экспериментальных зависимостей показаны на рис. 1.

Результаты эксперимента дают полное представление о характере, интенсивности и диапазоне изменения рабочих температур деталей компрессора и потока хладагента в рабочем диапазоне режимов.

Выявлено, что при работе компрессора на хладагенте R12 во всем диапазоне рабочих режимов температуры его деталей и потока хладагента не достигают предельно допустимых значений. В то же время при работе на хладагенте R22 в режимах с температурой кипения $t_0 = -30^\circ\text{C}$ при высоких температурах конденсации t_k температура обмоток электродвигателя и температура нагнетания достигает значительных, опасных для работы компрессора значений.

Форма некоторых графиков изменения температуры элементов потока хладагента, компрессора и масла при работе компрессора на R12 при высокой температуре конденсации существенно отличается от традиционной. При температуре конденсации $t_k = 50^\circ\text{C}$ и 60°C графики рабочих температур масла в картере t_{12} , хладагента R12 на выходе из электродвигателя t_{c3} и во всасывающих каналах первого и второго цилиндров t_{c4} имеют минимумы в районе $t_0 = 5-15^\circ\text{C}$ (рис. 1а, 1б). При дальнейшем повышении t_0 указанные температуры растут. Температуры масла в картере t_{12} , потока хладагента на выходе из электродвигателя t_{c3} и во всасывающем канале первого цилиндра при $t_k = 70^\circ\text{C}$ в диапазоне изменения t_0 от 0 до 25°C монотонно возрастают. Графики рабочих температур хладагента R12 в более горячих точках фреонового тракта (начиная с температуры потока фреона во всасывающем канале t_{c4} второго цилиндра и заканчивая потоком в нагнетательном коллекторе t_{c6}), а также температуры стенок гильз t_z обоих цилиндров при $t_k = 60^\circ\text{C}$ и $t_k = 70^\circ\text{C}$ также имеют некоторые отклонения от традиционной формы, однако эти отклонения менее ярко выражены. На наш взгляд, такой характер изменения рабочих температур элементов потока и конструкции компрессора ИБ10

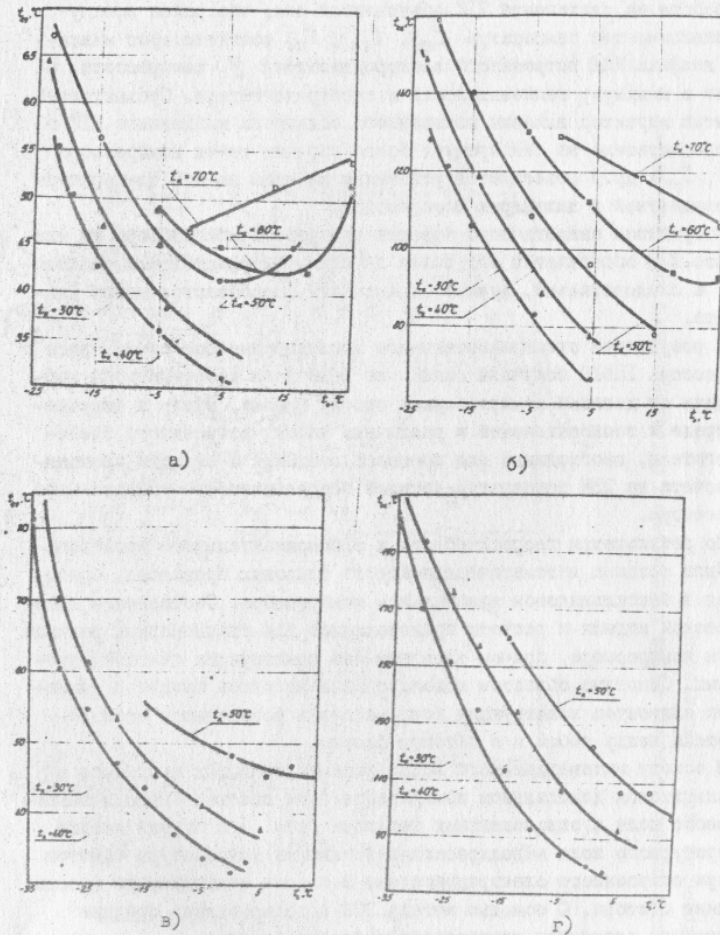


Рис. 1. Экспериментальные зависимости температур потока хладагента от режима работы компрессора: а) хладагента R12 на выходе из электродвигателя; б) хладагента R12 в нагнетательной полости; в) хладагента R22 на выходе из электродвигателя; г) хладагента R22 в нагнетательной полости

при работе на хладагенте R12 объясняется тем, что район минимума зависимостей температур t_{12} , t_{c3} , t_{c6} соответствует максимуму графика КПД встроенного электродвигателя \mathcal{E} компрессора, а значит и минимуму тепловыделений в электродвигателе. Сравнительно разный характер влияния повышенного подогрева хладагента R12 в электродвигателе на температуры более горячих точек компрессора (t_{c7} , t_f и др.) объясняется усилением влияния на эти температуры тепловыделений в цилиндрах компрессора.

Отсутствие аналогичного эффекта при работе компрессора на хладагенте R22 объясняется его более высокими коэффициентами теплоотдачи, а следовательно, лучшей охлаждающей способностью этого хладагента.

В результате экспериментального исследования бессальникового компрессора ИБ10 получены данные по величинам коэффициентов теплоотдачи от деталей компрессора к потоку фреона, маслу и окружающей среде и тепловыделений в различных частях встроенного электродвигателя, необходимые для процесса создания и отладки программы расчета на ЭВМ температур деталей бессальникового холодильного компрессора.

По результатам теоретического и экспериментального исследования была создана математическая модель тепловых процессов, протекающих в бессальниковом холодильном компрессоре. Составление математической модели и расчеты производились для стационарных режимов работы компрессора, причем элементы его конструкции считали однородными. Основным объектом моделирования являлись процессы теплообмена элементов конструкции компрессора и встроенного электродвигателя между собой и с потоком фреона.

В основу математического моделирования тепловых процессов в бессальниковом холодильном компрессоре были положены методы температурного поля и эквивалентных тепловых схем. При помощи метода температурного поля моделировалось изменение температуры обмоток статора встроенного электродвигателя и потока охлаждающего фреона по длине статора. С помощью метода ЭТС моделировались средние температуры элементов компрессора и потока фреона.

На рис. 2 приведена ЭТС, составленная для бессальникового холодильного компрессора ИБ10. Элементы конструкции компрессора обозначены кружками с соответствующими средними температурами внутри. Элементы, между которыми происходит процесс теплообмена, соединены сплошными линиями с включением прямоугольников, обознача-

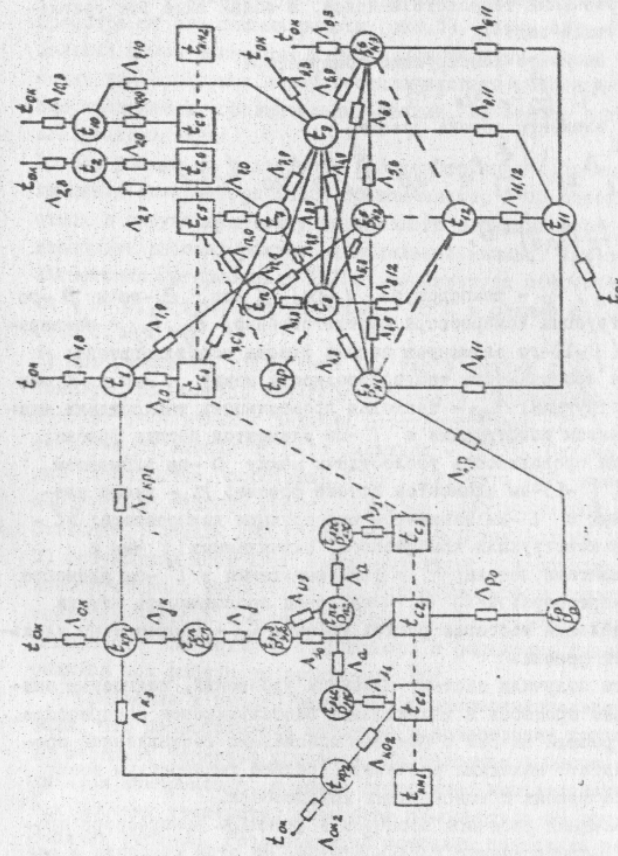


Рис. 2. Эквивалентная тепловая схема холодильного бессальникового компрессора со встроенным электродвигателем

ших тепловые проводимости. Путь прохождения фреона по тракту компрессора показан пунктирной линией, включающей квадратики, обозначающие элементы потока фреона, со своими средними температурами внутри. Аналогично составлялась ЭТС для потока хладагента.

По ЭТС для конструкции компрессора и потока хладагента составлялась система уравнений теплового баланса. В общем виде эти уравнения имеют следующий вид:

1). для i -го элемента конструкции компрессора

$$t_i \sum_{k=1}^n \Lambda_{ik} - \sum_{k=1}^n t_k \Lambda_{ik} = P_i;$$

2). для j -го элемента потока фреона,

$$t_{cj} (2\Lambda_0 + \sum_{z=1}^n \Lambda_{z0}) - \sum_{z=1}^n t_z \Lambda_{z0} - \sum_{p=1}^n t_p \Lambda_{p0} - t_{c,j-1} \times \\ \times (2\Lambda_0 - \sum_{p=1}^n t_p \Lambda_{p0}) = 0,$$

где t_i, t_k, t_z, t_p - температуры i -го, k -го, z -го и p -го элементов конструкции компрессора соответственно; $t_{cj}, t_{c,j-1}$ - температуры j -го и $(j-1)$ -го элементов потока фреона соответственно; Λ_{ik} - тепловая проводимость теплопроводности между i -ым и k -ым элементами конструкции; Λ_{z0} - тепловая проводимость теплоотдачи между z -ым элементом конструкции и j -ым элементом потока фреона; Λ_{p0} - тепловая проводимость теплоотдачи между p -ым элементом конструкции и $(j-1)$ -ым элементом потока фреона; n - число элементов, связанных с i -ым элементом конструкции компрессора; Sl - число элементов конструкции компрессора, охлаждаемых j -ым и $(j-1)$ -ым элементами потока; P_i - тепловыделение в i -ом элементе конструкции компрессора; $\Lambda = c_p \cdot G_a$ - тепловая проводимость потока фреона; G_a - удельный массовый расход фреона; c_p - коэффициент удельной теплоемкости фреона.

В результате получили систему линейных уравнений, полностью описывающую тепловые процессы в холодильном бессальниковом компрессоре. Данную систему решали на ЭВМ с помощью специально составленной программы. В результате находили расчетные средние температуры всех элементов потока фреона и конструкции компрессора.

Для моделирования рабочего процесса в цилиндре компрессора применяли методику, предложенную Д.Гамильтоном. По этой методике в основу моделирования закладывается одно дифференциальное уравнение, используемое для расчета температуры газа в цилиндре компрессора, а давление в цилиндре рассчитывается при помощи уравнения состояния

реального газа. Для определения давления в цилиндре компрессора использовалось уравнение Редлиха-Квонга. На основе полученных зависимостей была разработана подпрограмма для моделирования процесса в цилиндре.

По результатам математического моделирования температурного поля бессальникового холодильного компрессора были построены графики зависимостей температур потока фреона и элементов конструкции компрессора от его режима работы (рис.3). Таким образом был получен большой объем расчетных и экспериментальных данных по изменению рабочих температурных полей бессальникового холодильного компрессора. Был проведен их сравнительный анализ, на основе которого сделаны следующие выводы:

1) при работе на хладагенте R12 конструкция и принятая система охлаждения компрессора ИРБИ0 обеспечивают, в основном, нормальный отвод в окружающую среду выделяемого в компрессоре тепла во всем диапазоне рабочих режимов холодильной машины. При этом температура нагнетания не превышает 142°C , температура обмоток электродвигателя - 90°C , а температура масла - 65°C в режиме с $t_0 = -22^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$.

2) при работе на хладагенте R22 уже в режиме с $t_0 = -30^\circ\text{C}$, $t_k = 40^\circ\text{C}$ температура обмоток электродвигателя и температура нагнетания достигают значительных величин (соответственно 120 и 170°C), как и температура стенки второго цилиндра - 120°C . Однако при эксплуатации компрессора, работающего на хладагенте R22, имеет место и более высокие степени сжатия, которые сопровождаются еще более существенным, опасным повышением указанных температур;

3) результаты испытаний свидетельствуют о необходимости специальных конструктивных мероприятий по улучшению отвода тепла от встроенного электродвигателя и слока цилиндров. Это позволит снизить теплонпряженность конструкции компрессора и расширить диапазон его рабочих режимов при работе на хладагенте R22.

Сравнение и анализ расчетных и экспериментальных данных показали, что разработанная методика моделирования достаточно адекватно отражает тепловые процессы, протекающие в бессальниковом холодильном компрессоре, и может эффективно использоваться при расчетах рабочих температур элементов компрессора во всем диапазоне его рабочих режимов. Разработанная методика позволила перейти к оптимизации геометрических параметров его конструктивных элементов. Целью оптимизации являлось повышение теплоэнергетических показателей и

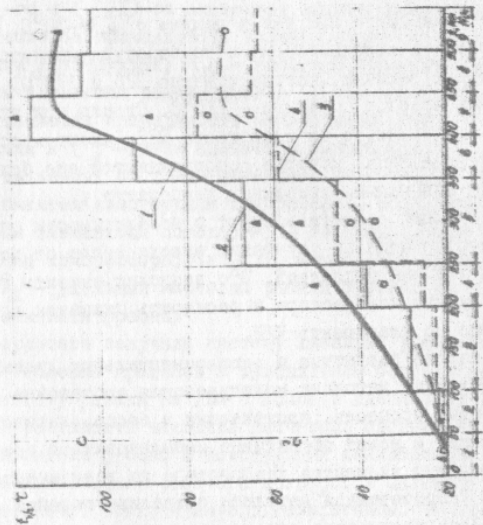
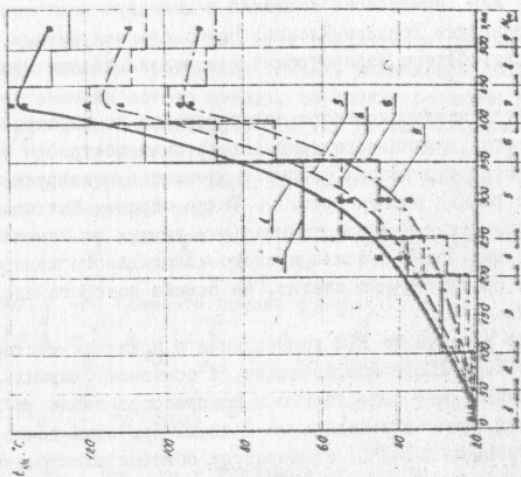


Рис. 1. Расчетные зависимости распределения температур в потоке хладагента по длине фреонового тракта компрессора ИВВЮ, а) при работе компрессора на R12 в режимах $t_{сг} = 40^{\circ}\text{C}$, $t_{св} = 14^{\circ}\text{C}$, $t_{св} = 4,2^{\circ}\text{C}$; б) при работе компрессора на R22 в режимах $t_{сг} = 40^{\circ}\text{C}$ и $t_{св} = 13,4^{\circ}\text{C}$; в) $t_{сг} = 5,4^{\circ}\text{C}$ и $t_{св} = 5,4^{\circ}\text{C}$

б)

а)

экономичности, снижение температуры обмоток встроенного электродвигателя компрессора без существенного повышения его себестоимости. Основным принципом данной оптимизации являлась разработка конструктивных мероприятий с целью рационализации процессов теплообмена компрессора, обеспечивающих снижение температур стенок цилиндра и хладагента во всасывающей полости компрессора, а, при необходимости, также снижение температуры обмоток встроенного электродвигателя. В процессе оптимизации также решалась задача повышения теплоэнергетических параметров компрессора без существенного ухудшения таких его технических показателей, как габариты, металлоемкость, стоимость изготовления, капитальные и эксплуатационные затраты и т.д.

Оптимизации подвергали следующие геометрические параметры элементов компрессора: 1) параметры наружного оребрения бессальникового компрессора; 2) параметры фреонового тракта бессальникового компрессора.

Оптимизацию параметров наружного оребрения компрессора производили по следующим направлениям: 1) оптимизация параметров оребрения картера компрессора в области размещения электродвигателя с целью минимизации температуры хладагента во всасывающей полости компрессора $t_{сг}$; 2) оптимизация параметров оребрения блока цилиндров с целью минимизации температуры стенок гильз цилиндров $t_{г}$.

В процессе оптимизации, исходя из условия снижения температуры хладагента во всасывающей полости компрессора, повышения его холодопроизводительности и уменьшения себестоимости единицы холодопроизводительности, в первую очередь определяли оптимальные значения коэффициента оребрения, а затем с учетом технологичности выполнения отливки выбирали конструктивные параметры оребрения.

При проведении оптимизации имели в виду, что оребрение картера компрессора наряду с повышением холодопроизводительности компрессора приводит к некоторому увеличению его металлоемкости и стоимости изготовления. Поэтому считали наиболее целесообразным в данном случае минимизировать комплексный показатель компрессора C_{α_0} , являющийся отношением себестоимости компрессора $C_{км}$ к его холодопроизводительности Q_0 . Расчет температуры хладагента во всасывающей полости проводили, используя разработанную математическую модель тепловых процессов в бессальниковом компрессоре.

Для оптимизационного расчета параметров оребрения картера компрессора была составлена специальная программа расчета на ЭВМ. В результате расчета были получены зависимости величин $t_{сг}$, $C_{км}$, Q_0 и C_{α_0} от коэффициента оребрения картера компрессора, которые позво-

ляют сделать конкретные выводы о величине оптимального коэффициента обребнения картера компрессора в районе размещения встроенного электродвигателя. Оптимизация обребнения блока цилиндров выполняется аналогичным образом.

Оптимизация геометрических параметров фреонового тракта бессальникового компрессора включает в себя, главным образом, оптимизацию параметров двухканальной системы охлаждения обмоток статора потоком хладагента. При двухканальной системе охлаждения обмоток поток хладагента движется по двум каналам: 1) через зазор ротор-статор; 2) через проточки в корпусе вокруг статора электродвигателя.

Разработана модификация ЭТС бессальникового компрессора для случая двухканальной системы охлаждения статора встроенного электродвигателя. На основе полученной ЭТС и разработанной методики моделирования тепловых процессов в бессальниковом компрессоре была составлена программа для оптимизационного расчета на ЭВМ параметров двухканальной системы охлаждения обмоток статора встроенного электродвигателя потоком хладагента.

Ввиду наперед заданных величин зазора между ротором и статором практически надлежит оптимизировать лишь геометрические параметры каналов между статором и стенками картера компрессора. При этом основным критерием оптимизации в данном случае становится минимизация рабочей температуры обмоток электродвигателя в наиболее опасных для него режимах работы компрессора. Оптимизация должна сопровождаться минимальным повышением температуры хладагента во всасывающей полости компрессора. Предложен следующий порядок проведения оптимизации геометрических параметров фреоновых каналов компрессора:

- 1) выбираем из конструктивных соображений число каналов между статором и картером;
- 2) принимаем диапазон варьирования площади сечения одного канала $S_{i, нар}$ наружной системы обдува статора от 1 до 3 площадей сечения внутреннего канала обдува $S_{вн}$ (зазор ротор-статор);
- 3) используя разработанную математическую модель и ЭТС компрессора для двухканальной системы охлаждения статора электродвигателя, рассчитываем на ЭВМ зависимости температуры обмоток двигателя от относительной суммарной длины по окружности наружных каналов обдува статора β для нескольких значений $S_{i, нар}$ для наиболее опасного в температурном отношении режима работы компрессора;
- 4) рассчитываем зависимости температуры хладагента в полости всасывания $t_{св}$ от величины β для тех же значений $S_{i, нар}$ и того

же режима работы компрессора;

5) используя полученные зависимости, проводим оптимизацию геометрических параметров каналов системы наружного обдува статора электродвигателя парами хладагента.

Таким образом, с целью оптимизации конструктивных элементов холодильного бессальникового компрессора проделано следующее: разработаны основные принципы, методика и программа оптимизационного расчета на ЭВМ параметров обребнения картера бессальникового компрессора в районе блока цилиндров и встроенного электродвигателя; разработана методика и программа оптимизационного расчета на ЭВМ конструктивных элементов системы охлаждения встроенного электродвигателя потоком всасываемого фреона; рассмотрены возможности оптимизации других конструктивных параметров и факторов, определяющих теплонпряженность бессальникового холодильного компрессора.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Выявлены закономерности и предложена методика теоретического расчета распределения температур в потоке хладагента и в элементах конструкции бессальникового холодильного компрессора.

2. Разработанная математическая модель достаточно хорошо отражает тепловые процессы, протекающие в холодильном бессальниковом компрессоре, учитывая рабочие процессы в цилиндре компрессора и протечки в зазоре поршень-цилиндр.

3. Задачу теоретического расчета распределения рабочих температур в элементах конструкции бессальникового компрессора и потока хладагента целесообразно проводить на основе предложенной математической модели.

4. Разработанная на базе математической модели программа для расчета на ЭВМ температурного поля бессальникового холодильного компрессора позволяет выявить зависимости теплового состояния компрессора от таких факторов, как его режим работы, конструктивные параметры, тип хладагента и пр.

5. С целью повышения теплоэнергетических показателей бессальникового холодильного компрессора и снижения его теплонпряженности целесообразно оптимизировать его конструктивные параметры в соответствии с методикой, разработанной на базе проведенных теоретических и экспериментальных исследований.

Основное содержание диссертации опубликовано в работах

1. А.С. І408І64 СССР. Стенд для испытаний на износостойкость холодильных компрессоров /Буданов В.А., Милованова В.В., Смирнов Ю.А., Руцкин О.Д., Никитина Л.А.
2. Буданов В.А., Милованова В.В. Аналитическое определение температуры деталей герметичного компрессора //Тезисы докладов межреспубликанской студенческой научной конференции "Повышение технического уровня компрессорных, холодильных и вакуумных машин". М.:1986.
3. Буданов В.А., Милованова В.В. Моделирование тепловых процессов, протекающих в холодильном компрессоре //Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Интенсификация производства и применения искусственного холода". Л.:1986.
4. Буданов В.А., Милованова В.В., Якименко Г.С. математическая модель теплообмена элементов бессальникового холодильного компрессора //Тезисы докладов Всесоюзной научно-практической конференции "Пути интенсификации производства с применением искусственного холода в отраслях агропромышленного комплекса, торговле и на транспорте". Одесса : 1989.
5. Буданов В.А., Милованова В.В., Якименко Г.С. математическое моделирование тепловых процессов холодильного компрессора со встроенным электродвигателем //Холодильная техника и технология. 1990, № 51.
6. Фотихов В.В. Теоретическое и экспериментальное исследование тепловых процессов в бессальниковом холодильном компрессоре с целью оптимизации его конструктивных элементов //Деп. в УкрНИИТИ. 07.01.91, № 29-УК 91.

В-1

xv 1025

ІНСТИТУТ ХОЛОДА
ОНАХТ
БІБЛІОТЕКА