ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЖУРНАЛ

Издается с января 1912 года

Выходил под названиями:
1912 – 1917 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"
1923 – 1924 – "Холодильное и боенское дело"
1925 – 1936 – "ХОЛОДИЛЬНОЕ ДЕЛО"
1937 – 1940 – "Холодильная промышленность"
с 1941 – "ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА"

МОСКВА

Учредитель — ООО "Инфохолодтех"

Министерство промышленности,
науки и технологий РФ
Международная академия холода
ОАО «Росмясомолторг»

Главный редактор
Л.Д.Акимова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:
Е.М.Агарев
А.М.Архаров
А.В.Бараненко
Г.А.Белозеров
О.В.Большаков
В.М.Бродянский
А.В.Быков
В.А.Выгодин
В.Б.Галежа
Л.В.Галимова
А.А.Гоголин
А.К.Грезин
А.П.Еркин
И.М.Калнинь
А.А.Мифтахов
В.В.Оносовский
И.И.Орехов
И.А.Рогов
В.В.Румянцев
И.К.Савицкий
В.И.Смыслов
А.А.Соловьянов
И.Я.Сухомлинов
И.Г.Хисамеев
О.Б.Цветков
И.Г.Чумак
В.М.Шавра
А.В.Шаманов

Дизайн и компьютерная верстка
Т.А. Миансаровой
Компьютерный набор ***Л.И.Лапиной***
Корректор ***Т.Т.Талдыкина***

Ответственность за достоверность рекламы несут рекламодатели.
Рукописи не возвращаются.

Адрес редакции:
107807, ГСП-6, Москва, Б-78,
ул. Садовая-Спасская, д. 18
Телефоны: (095) 207-53-14, 207-23-96
Тел./факс: (095) 975-36-38

E-mail: holodtex@arstel.ru

Подписано в печать 15.09.2000.
Формат 60x88 1/8. Офсетная печать.
Усл.-печ. л. 5.5.

Отпечатано в ООО «РОСТРА-ДЕЙ»

© Холодильная техника, 2000

ХТ Холодильная техника

9 • 2000 **Kholodilnaya Tekhnika**

В НОМЕРЕ: **IN ISSUE:**

ОАО «ВНИИХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ» *Савицкий И.К., Дубровин Ю.Н.* **50 лет в холодильном машиностроении Давно и надолго**	2	*OAO «VNIIKHOLODMACH-HOLDING»* *Savitsky I.K., Dubrovin Yu.N.* **50 years in refrigeration machine-building That's long ago and for a long time**
Катерухин В.В., Сапронов В.И., Смыслов В.И. **Деятельность ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» по выполнению международных обязательств России в области холодильной техники, связанных с охраной озонового слоя**	6	*Katerukhin V.V., Sapronov V.I., Smyslov V.I.* **Activities of OAO «VNIIkholodmach-Holding» on fulfilling international obligations of Russia in the field of refrigeration, connected with protection of ozone layer**
Быков А.В., Береснев А.Е. **Некоторые аспекты развития холодильной автоматики**	9	*Bykov A.V., Beresnev A.E.* **Some aspects of refrigeration automation development**
Сухомлинов И.Я., Славуцкий Д.Л., Головин М.В. **Развитие научно-технической базы создания холодильных машин с центробежными компрессорами**	10	*Sukhomlinov I.Ya., Slavutsky D.L., Golovin M.V.* **Development of scientific and technical base of refrigerating machines with centrifugal compressors**
Криницкий Д.Г., Бурданов Н.Г. **Новые разработки в области винтовых и спиральных компрессоров**	12	*Krinitsky D.G., Burdanov N.G.* **New developments in the field of screw and scroll compressors**
Шмуйлов Н.Г. **Разработка и внедрение абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин и тепловых насосов**	14	*Shmuilov N.G.* **Development and putting into practical use of absorption lithium-bromide refrigerating machines and heat pumps**
Марканов М.А. **Космические аббревиатуры холода**	16	*Markanov M.A.* **Cosmic abbreviations of refrigeration**
Гладкий И.Г. **Термостатирование сверхмощных ракет «Протон»**	17	*Gladky I.G.* **Thermostating of superpowerful rockets «Proton»**
ОТЕЧЕСТВЕННОЕ ХОЛОДИЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ *Сильман М.А.* **Продукция московского завода «Компрессор»**	20	*DOMESTIC REFRIGERATING EQUIPMENT* *Silman M.A.* **Products of Moscow works «Compressor»**
YORK **Холодильные машины третьего тысячелетия**	22	*YORK* **Refrigerating machines of the third Millenium**
York International – первая иностранная компания, начавшая производство в России центральных кондиционеров	23	**YORK International – first foreign company that started production of central air conditioners in Russia**
ТЕРМОИНЖЕНИРИНГ **Современные тенденции совершенствования водоохлаждающих холодильных машин (чиллеров) для систем кондиционирования воздуха**	24	*THERMOENGINEERING* **Modern trends in perfection of water-chilling refrigerating machines (chillers) for air conditioning systems**
AIRCOOL **Сервис-центр фирмы Bitzer – опыт работы**	26	*AIRCOOL* **Servicing centre of company Bitzer – experience of work**
GEA GRASSO **Холодильные машины для охлаждения жидкостей (чиллеры) Грассо Интернэшнл**	27	*GEA GRASSO* **Refrigerating machines for liquids chilling (chillers) of Grasso International**
ЭЛЕКТРОСТАР **Dunham-Bush International: холодильное оборудование с герметичными винтовыми компрессорами**	28	*ELECTROSTAR* **Dunham-Bush International: refrigerating equipment with hermetic screw compressors**
Кокорин О.Я., Невский В.В., Ревков А.В. **Количественное и качественное регулирование воздухоохладителей в СКВ**	32	*Kokorin O.Ya., Nevsky V.V., Revkov A.V.* **Quantitative and qualitative control of air coolers in air conditioning systems**
FABS REFRIGERATION *Лазарев А.Г., Уткин А.Ю.* **Применение САПР при проектировании холодильных агрегатов**	34	*FABS REFRIGERATION* *Lazarev A.G., Utkin A.Yu.* **Use of SAPR in designing of refrigerating units**
ALFA LAVAL **Холодное золото в южноафриканских рудниках**	38	*ALFA LAVAL* **Cold gold in South-African mines**

Государственная научная
областная научная библиотека
им. Ф. Гладкова

50 лет в холодильном машиностроении

ДАВНО И НАДОЛГО

ИГОРЬ КОНСТАНТИНОВИЧ САВИЦКИЙ,
генеральный директор
ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг»
с 1992 г. по настоящее время

АЛЕКСАНДР ВАСИЛЬЕВИЧ БЫКОВ,
директор ВНИИхолодмаша
с 1970 по 1992 г.

РОМАН ВЛАДИМИРОВИЧ ПАВЛОВ,
директор ВНИИхолодмаша
с 1965 по 1970 г.

В конце 40-х годов встал вопрос о необходимости широкого внедрения искусственного холода в различные отрасли народного хозяйства страны. Перед холодильным машиностроением была поставлена задача дальнейшего развития и совершенствования конструкций холодильных машин и аппаратов, расширения их номенклатуры с применением новых хладагентов и средств автоматизации.

В соответствии с постановлением Совета Министров СССР от 14 ноября 1949 г. № 5226 было принято решение образовать в 1950 г. с целью разработки современного холодильного оборудования Центральное конструкторское бюро холодильного машиностроения (ЦКБ ХМ), а также провести реконструкцию заводов холодильного машиностроения. После определения Госпланом СССР численности инженерно-технических работников в соответствии с приказом министра машиностроения и приборостроения СССР П.И.Паршина от 15 июня 1950 г. № 301 указанное бюро было организовано в октябре 1950 г. с переводом в него части сотрудников Всесоюзной проектно-монтажной конторы (ВПМК). ЦКБ ХМ становится ведущей организацией в отрасли холодильного машиностроения по разработке, проектированию и внедрению современного промышленного холодильного оборудования.

Первым исполняющим обязанности начальника ЦКБ ХМ стал в 1950 г. Р.В.Павлов, которого сменил А.И.Гончаров, а затем П.А.Минеев.

В 1964 г. ЦКБ ХМ было преобразовано во Всесоюзный научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт холодильного машиностроения (ВНИИхолодмаш).

Первым директором института был назначен Р.В.Павлов. С 1970 по 1992 г. институтом руководил А.В.Быков, а с 1992 г. по настоящее время его возглавляет И.К.Савицкий.

Перед ЦКБ ХМ была поставлена задача – в наикратчайшие сроки провести полную модернизацию выпускаемого холодильного оборудования. В 50-х годах взамен горизонтальных тихоходных компрессоров типов ГМ и АГ и вертикальных аммиачных прямоточных типов ВП-60, ВП-80, ВП-110, ВП-180 была разработана новая гамма поршневых компрессоров, работающих не только на аммиаке, но и на новых хладагентах R12, R22, R11, R13, R142. Работа велась в тесном сотрудничестве с конструкторским бюро московского завода "Компрессор". В этот период большую помощь в создании, испытании и исследовании новых машин и аппаратов оказали ВНИХИ и компрессорная лаборатория НИИхиммаша, а также кафедры холодильных машин МВТУ им. Н.Э.Баумана, Одесского и Ленинградского технологических институтов холодильной промышленности.

Под руководством *Р.В.Павлова* и *Е.С.Гуревича* была разработана градация поршневых компрессоров, охватывающая 4 базы, различающиеся по ходу поршня, диаметру и числу цилиндров, скорости вращения и исполнению. В первую базу вошли компрессоры типа ФВ-3, во вторую – ФВ-6, ФУ-12, ФУУ-25, в третью – ФВ-20, АВ-20, ФУ-40, АУ-45, ФУУ-80, АУУ-85, в четвертую – АВ-100, ФУ-175, АУ-200, ФУУ-350, АУУ-400.

Развитие холодильного машиностроения шло в ногу с развитием рыбопромыслового флота, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности, освоением космоса, технологического и комфортного кондиционирования воздуха, всех составляющих холодильной цепи – переработки, хранения, транспортировки скоропортящейся продукции.

Наряду с холодильными машинами на базе поршневых компрессоров все большее развитие стали получать холодильные машины на базе центробежных компрессоров и теплоиспользующие машины.

Бурный рост компрессоростроения обусловил необходимость выделения из **компрессорного отдела** самостоятельных отделов: **поршневых компрессоров**; **центробежных компрессоров**; **теплоиспользующих машин**; **винтовых компрессоров**.

ЮРИЙ НИКОЛАЕВИЧ ДУБРОВИН,
председатель Совета директоров
ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг»

Специализация коснулась и заводов по производству холодильного оборудования. Всего в стране более 22 заводов выпускало холодильное оборудование по техдокументации, разработанной ВНИИхолодмашем.

В зависимости от назначения холодильное оборудование было разделено на два вида – специализированное и универсальное.

Специализированные холодильные машины – одноцелевого назначения, используемые потребителями для конкретных условий работы.

Универсальные холодильные машины – многоцелевого назначения, рассчитанные на определенные диапазоны рабочих параметров, в связи с чем могут использоваться потребителями для разных целей при неодинаковых условиях работы.

Все универсальные и специализированные парокомпрессионные машины создавались на унифицированном базовом холодильном оборудовании – рядах унифицированных компрессоров (поршневых, винтовых, центробежных) и теплообменных аппаратов.

Всего за годы существования института перечисленными выше отделами было разработано:

➢ *Пять поколений поршневых компрессоров*. Разработчиками поршневых компрессоров первого поколения (ФВ, ФУ, ФУУ, АВ, АУ, АУУ) были *Е.С.Гуревич, А.А.Софер, Н.В.Романовский, И.Ф.Яцунов*; первой базы (ФГ-2,8, ФГ-5,6) – *В.В.Ефимова, Ю.К.Белов*, (ПГ5, ПГ10) –

Л.А.Савицкая, В.Б.Клименко, О.Д.Скляренко; второй базы (ПБ7. ПБ10, ПБ14, ПБ20, ПБ28, ПБ35) – *М.А.Малахова, Р.П.Федюнина, В.С.Буряк*; третьей базы (П40, П80,ПБ40, ПБ80) – *В.В.Катерухин, А.Б.Калеткина, Н.А.Бабанов*; четвертой базы (П110, П220, ПБ110, ПБ220) – *Б.П.Коновалов, А.Н.Алексеев, А.А.Вишкова*.

➢ *Ротационные многопластинчатые поджимающие компрессоры*. Получили широкое распространение в 60-е годы для низкотемпературных установок большой производительности, испытательных комплексов и рефрижераторных судов. При освоении производства самых крупных машин этого типа на Сумском машиностроительном заводе ярко проявился талант одного из их создателей – инженера *В.С.Шумова*.

➢ *Три поколения винтовых компрессоров*. Начиная с 1971 г. отделом винтовых холодильных машин, которым более 20 лет руководил *Г.А.Канышев*, а затем *Д.Г.Криницкий*, были разработаны и освоены на Читинском машиностроительном заводе бессальниковые винтовые агрегаты АВБ160С, АВБ40С, АВ40С для объектов ВМФ. Созданные совместно с СКБК и освоенные на Казанском компрессорном заводе винтовые агрегаты 5ВХ-350 в аммиачном и фреоновом исполнении нашли широкое применение на судах рыбопромыслового флота.

Одновременно совместно с СКБК и московским заводом "Компрессор" разрабатывались винтовые агрегаты А350-7-1 (3), АД130-7-5, А280-7-1 (3), А410-7-1 (3) и их модификации.

С начала 80-х годов для рыболовного флота были созданы агрегаты с вертикальными винтовыми компрессорами на R22 в высоко- и низкотемпературном исполнении 21ВБ50-2-1(5) ОМ4, а также 21ВБ100-2-1(5) ОМ4.

Начались разработка винтовых холодильных агрегатов шестой и седьмой баз и освоение их производства на заводе "Пензкомпрессормаш" – это агрегаты 21А1600-7-1 (3), 21А800-7-1 (3), АН600-7-5. В последующие годы были созданы и освоены в производстве агрегаты меньшей производительности – А360-7-1 (3), АД300-7-5, а также теплонасосные агрегаты на R142b на четвертой, шестой и седьмой базах.

В конце 80-х годов началась разработка нового профиля роторов, который был применен в аммиачном компрессоре А130-7-1 (3) для завода "РУМО" (Нижний Новгород).

В создании винтовых компрессоров принимали активное участие *Н.Г.Бурданов, Н.И.Елистратова, А.Р.Долгопятов, Е.Н.Ляпоров*.

➢ *Три поколения холодильных фреоновых машин с центробежными компрессорами, холодильных аммиачных и пропановых турбоагрегатов*. Производство их освоено на Казанском компрессорном заводе. Первые фреоновые холодильные машины с центробежными компрессорами ХТМ-2-1 и ХТМ-3-1 были разработаны в конце 50-х годов для завода синтетического каучука в г. Тольятти.

В 60-е годы с учетом полученного опыта освоено производство холодильных машин типа ХТМФ производительностью до 4,0 МВт при температуре кипения от +3 до –20 °С, на базе которых созданы холодильные машины специального назначения, в том числе морского исполнения.

В начале 70-х годов впервые в практике холодильного машиностроения был разработан типоразмерный ряд холодильных машин ТХМВ (20 типоразмеров), охватывающий диапазон холодопроизводительности от 2 до 8,5 МВт на двух хладагентах R12 и R22, а в начале 80-х годов осуществлена его модернизация. При создании ряда машин широко использовался принцип унификации, что позволило значительно сократить сроки освоения производства.

На базе ТХМВ были разработаны морские холодильные машины типа МТХМ с приводом от паровой турбины для военно-морского флота.

Особое значение имеет создание в конце 60-х годов по заданию СО АН СССР первой в мире энергетической установки УЭФ 90/0,5, использующей тепло геотермальной воды.

Первые турбокомпрессорные агрегаты аммиачные АТКА-1035 и пропановые АТКП-435-1600 были разработаны в начале 60-х годов для нужд химической промышленности. Дальнейшие разработки таких агрегатов осуществлялись под конкретные производства: агрегат АТКА-545 был изготовлен для завода «Наирит» в Ереване, ТАТКА-545/345 – для производства аммиака (1360 т/сут).

В 1981 г. завершены работы по созданию ряда пропановых и аммиачных агрегатов с базовым корпусом четырехступенчатого компрессора ТП-5, а в 1985 г. началось проектирование нового базового корпуса пятиступенчатого компрессора АЦ-4. Освоение этих компрессоров обеспечило создание низкотемпературных холодильных машин (температура кипения до –70 °С).

Новое здание ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» по Алтуфьевскому шоссе, 79А

Успешному решению задач по разработке и освоению холодильных машин и холодильных центробежных компрессоров во многом способствовало создание в 1977 г. научно-технической базы расчета и проектирования на ЭВМ, основанной на математическом и физическом моделировании процессов, совершенствование которой продолжается и до настоящего времени.

Наличие этой базы обеспечило в 90-х годах решение таких важных задач, как перевод фреоновых холодильных машин на озонобезопасные хладагенты, а также доводку и модернизацию станций охлаждения газа (СОГ) на Ямбургской и Пуровской компрессорных станциях по заданию Газпрома.

В разработку холодильных центробежных компрессоров внесли большой вклад *Е.З.Бухтер, А.В.Быков, И.М.Калинь, Б.Л.Цирлин, А.Д.Теренина, Д.Л.Славуцкий, И.Я.Сухомлинов, А.Е.Попов, М.В.Головин, В.Ю.Иванов*.

➢ *Два поколения теплоиспользующих машин*. В 1964–1966 гг. на промышленном стенде Черниговского завода искусственного волокна прошли испытания первого опытно-промышленного образца абсорбционной бромисто-литиевой холодильной машины (АБХМ) производительностью 3 МВт, заложившей основу для разработки и производства машин этого типа в нашей стране. Были разработаны и освоены на заводе "Пензхиммаш" ряд машин АБХА-1000, АБХА-2500, АБХА-5000 и их модификации АБХМВ-3000 и АБХМ-3000Т.

С начала 90-х годов АО "ВНИИхолодмаш-Холдинг" совместно с АО "Пензхиммаш" создало новое поколение абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин и их модификаций для работы в режиме теплового насоса.

Судовое холодильное оборудование как для рефрижераторного флота, так и для судов военно-морского флота разрабатывалось в **судовом отделе** – одном из старейших отделов института. Ведущими специалистами его были *В.В.Глухов, В.В.Катерухин, И.К.Савицкий, Л.И.Гришуткина, И.А.Смойловская, В.С.Шумов, В.Ю.Миронов*.

Основные вехи в разработке судового холодильного оборудования:

- В конце 50-х годов – холодильные установки для транспортных рефрижераторов типов "Сибирь" и "Актюбинск".
- Начало 60-х годов – холодильная установка для больших морозильных траулеров на базе блок-картерных двухступенчатых компрессоров ДАУ-80.
- Начало 70-х годов – крупнейшая холодильная установка общей рабочей холодопроизводительностью 6400 кВт для уникальной плавбазы "Восток" на основе ротационных компрессоров РАБ-300С и поршневых АУУ-400.
- Середина 70-х годов – первая отечественная холодильная установка на R22 общей холодопроизводительностью 700 кВт при t_0 = –42 °С с шестью винтовыми компрессорами 5ВХ350/5ФС с системой непосредственного охлаждения всех аппаратов–потребителей холода и насосной схемой подачи хладагента в морозильные аппараты для большого автономного траулера типа "Горизонт".
- 80-е годы – высоко- и низкотемпературные винтовые компрессорно-конденсаторные

агрегаты типов 21АК100 и 21АК50 на R22 и холодильная машина 21МКТ100.

• Конец 70-х годов – 90-е годы – широкая номенклатура полностью автоматизированных моноблочных холодильных машин типа МХМВ холодопроизводительностью от 73 до 290 кВт на базе винтовых компрессорных агрегатов на R22 для использования в системах кондиционирования воздуха и термостатирования на судах военно-морского флота. Эти машины пришли на смену предыдущему поколению машин на базе поршневых компрессоров.

• 1998 г. – разработана и изготовлена на опытном производстве института установка для охлаждения "блока полезного груза" для международной программы "Морской старт", а совместно с ЦКБ МТ "Рубин" созданы и внедрены в серийное производство специальные теплообменники-охладители для охлаждения тяговых двигателей скоростного электропоезда "Сокол".

Основной направленностью **отдела комплексных холодильных машин** было создание холодильного оборудования для холодильной цепи: железнодорожных вагонов-рефрижераторов (ВР-1М, ВР18), авторефрижераторов (АР4, АР6), для охлаждения молока (МВТ20, ТХУ14), осушки зерна, камер созревания сыра (СР10), фруктоовощехранилищ (ФХ9, ФХ18, ФХ40, ХМФ-32, ФХ-80П), стационарных камер и систем кондиционирования воздуха (МКТ14, МКТ20, МВТ18, МВТ25, МКТ28), технологических камер мясокомбинатов и молочных заводов (МКВ12, МВВ12, МКВ18), централизованного и децентрализованного охлаждения объектов общественного питания, торговли. Кроме того, разрабатывались тепловые насосы (НТ100), автономные кондиционеры – промышленные, шахтные, крановые, специальные и т.д. В создании этого оборудования участвовали сотрудники отдела – крупные специалисты по направлениям – *В.И. Говердовская, Е.П.Уткин, А.М. Егоров, Л.Л.Генин* под непосредственным руководством начальников отдела *В.Я.Шинки* и *А.А.Раева*.

Специалистами **проектного отдела** разрабатывалась проектная документация для объектов, находящихся как в нашей стране, так и за рубежом, с использованием холодильного оборудования, созданного и изготовленного на заводах отрасли. Только в Москве таких объектов насчитывается более 100. Среди них – телецентр в Останкино, телерадиоцентр для проведения Олимпиады-80, цирк на проспекте Вернадского, ледяной каток АЗЛК, Олимпийский спортивный комплекс на проспекте Мира, здание ТАСС, ряд крупных гостиниц и др. В целом же по стране по проектам отдела оснащены нефтеперерабатывающие заводы в Новополоцке, Омске, Перьми, Волгограде, Ангарске, заводы по производству синтетического каучука в Стерлитамаке, Нижнекамске, Ереване (Армения) и во многих других городах.

Отдел в течение многих лет возглавляла крупный инженер и проектировщик *Т.В.Гоголина*, пользовавшаяся большим авторитетом у специалистов. Под ее руководством работали *В.Н.Кротков, Т.Е.Канышева, М.Е.Ануфриев* и др.

Рост потребности в технике специального назначения обусловил необходимость организации **отдела систем термостатирования,** в котором первоначально разрабатывались установки для имитации окружающей среды. На базе низкотемпературных холодильных компрессоров были созданы и внедрены холодильные установки ФДС-2,5-70А, ФКМ-25-90А, климатические термокамеры ТКСИ 01-70, ТКСИ 02-80, ТКШО-015-100, высотная барокамера ТЕК 04-70. Эти установки поддерживали температуру от – 50 до – 90 °С при разрежении внутри камеры до 1 мм рт. ст. (что соответствует высоте 30 км). Были разработаны уникальные термобарокамеры ТБК-12 для Института авиационной и космической медицины и ТБК-60 для КБ им. Туполева. Для испытаний военного оружия был создан комплекс ТБС-1703.

С началом освоения космического пространства разрабатывались установки для наземных комплексов подготовки космических аппаратов. К этому времени институт стал головной организацией по созданию систем термостатирования наземных комплексов ракетно-космической техники для космодромов "Байконур", "Капустин-Яр" и "Плесецк". Особой гордостью отдела стало участие в проекте "Энергия-Буран". Отделом разрабатывались и системы термостатирования для таких объектов, как "Протон" различных модификаций для запусков космических аппаратов, долговременных орбитальных станций, космических аппаратов для исследования дальнего космоса, Луны, Марса, Венеры, спутников телевидения, связи и т. д.

Совместно с другими отделами и лабораториями института отделом систем термостатирования создано несколько поколений систем холодоснабжения для пунктов управления различного уровня. В настоящее время освоен новый тип системы (индекс "М"), отличие которой от предыдущей состоит в применении озонобезопасного хладагента и винтовых компрессоров, обладающих более высокими показателями надежности и ресурса, а также самостоятельно разработанной и изготовленной системой управления. Опытный образец системы изготовлен на собственной производственной базе.

Изготовление и отработка опытных образцов и малых серий систем термостатирования и холодоснабжения для ракетно-космической техники осуществляется на опытном производстве института.

Проводятся работы и по научно-техническому сопровождению на объектах эксплуатации (авторский и гарантийный надзор и т.д.). В этой работе наряду с сотрудниками отдела систем термостатирования, фамилии которых приведены в публикуемой в этом номере журнала статье начальника отдела *М.А.Марканова* "Космические аббревиатуры холода", участвовали и сотрудники **отдела экспериментально-промышленных испытаний, надзора и ремонта** – *М.Г.Захаров, И.Г. Гладкий, Ю.Н.Дубровин, О.М. Таганцев, А.П.Безуглый, С.А. Володичев, В.А.Ульянов, В.П.Пучков,* внесшие большой вклад в отработку систем на полигонах и других объектах.

Научные исследования в области надежности и качества, виброакустики, автоматизации, термодинамики, теплообмена, холодильных масел и хладагентов в целях разработки современного холодильного оборудования и эффективной теплообменной аппаратуры осуществлялись в **лабораториях и отделах**, которые возглавляли такие высококлассные специалисты, как *В.С.Щербаков, Б.Л.Цирлин, И.Ф.Яцунов, В.С.Ужанский, Э.М.Бежанишвили, В.Б.Шпенцер, Е.С.Питонов, Ю.В.Дмитриев, С.А.Володичев, В.И.Смыслов, О.А.Сергеев, Н.В.Романовский, Ю.Д. Мантуровский, В.Н.Фадеев, В.Н.Кротков, Ю.А.Вольных, А.Н.Сергеева, Т.М.Сутырина, Н.В.Товарас* и многие другие.

* * *

Пик развития отечественной холодильной техники пришелся на 70–80-е годы. В этот период директором и генеральным конструктором ВНИИхолодмаша был заслуженный деятель науки и техники РФ, лауреат Государственной премии СССР, доктор техн. наук, профессор *А.В.Быков*.

Большая заслуга в этом принадлежит заместителям директора института по научной работе – доктору техн. наук, профессору *И.М.Калниню*, доктору техн. наук, профессору *А.С.Нужину* и нынешнему генеральному директору института *И.К.Савицкому*.

За создание нескольких поколений систем термостатирования специального назначения ВНИИхолодмаш в 1981 г. был награжден орденом Трудового Красного Знамени.

За участие в освоении космического пространства ВНИИхолодмаш награжден медалью Академии наук СССР, а более 90 ученых, инженеров, техников и рабочих награждены памятными медалями Федерации космонавтики.

За разработку современного холодильного оборудования институт и его сотрудники неоднократно награждались Почетными грамотами, дипломами, медалями ВДНХ и международных выставок.

Ряд сотрудников награжден государственными наградами.

В 1994 г. институт становится холдинговой компанией ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг", сохраняя при этом преемственность как в структуре института, так и в высококвалифицированных инженерах-разработчиках, ученых и исследователях в области холодильного машиностроения. Избранный Совет директоров во главе с его председателем *Ю.Н.Дубровиным* делает все возможное, чтобы в наше нелегкое время сохранить ведущий инженерно-технический состав, чтобы опыт работы за прошедшие 50 лет позволял институту и дальше находиться на передовых позициях при создании современного холодильного оборудования.

Свое 50-летие ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг" отмечает в новом комплексе зданий, в состав которого входит инженерно-административный и лабораторно-производственные корпуса, оснащенные современным оборудованием, что

позволяет проводить разработку, проектирование, испытание и изготовление нового холодильного оборудования с использованием вычислительных комплексов.

Сегодня выбор перспективных направлений развития отечественного холодильного машиностроения основывается как на результатах собственных научных достижений, так и на изучении тенденций развития мировой холодильной науки и техники, проведении конъюнктурных исследований и прогнозировании потенциальных потребителей искусственного холода.

Прежде всего это поисковые работы в области новых озонобезопасных хладагентов, совместимых с ними холодильных масел, адсорбентов, конструкционных материалов, а также по расширению областей применения холодильных компрессоров.

В результате проведенного ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг" комплекса расчетно-теоретических и экспериментальных исследований разработаны и предложены к реализации три типоразмерных ряда холодильных центробежных компрессоров на озонобезопасных хладагентах, в числе которых два типоразмера ряда турбокомпрессоров производительностью от 20 до 60 кВт и от 100 до 630 кВт.

Продолжаются работы по созданию на базе холодильных центробежных компрессоров тепловых насосов и энергетических установок.

Основное направление работ в области винтовых компрессоров – разработка новых профилей. Создан типоразмерный ряд компрессоров с новыми профилями, позволившими перекрыть диапазон холодопроизводительности от 25 до 3000 кВт.

Разработан ряд комбинированных тепловых насосов для горячего теплоснабжения в зимний период и кондиционирования в летний на базе холодильных установок с винтовыми компрессорами.

Изготовлен макетный образец спирального компрессора СК-16 для судовой холодильной машины МХМ25.

ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг" принимает участие в работе международных организаций, в том числе Международного института холода (МИХ), состоит в Техническом комитете ТК86 Международной организации по стандартизации, сотрудничает с институтами Академии наук России, высшими учебными заведениями, специализированными конструкторскими бюро и проектными институтами, а также и с Международной академий холода (МАХ). Устойчивые деловые контакты компания поддерживает с зарубежными фирмами и организациями.

ВНИИхолодмаш всегда ощущал поддержку ученых и специалистов различных организаций и учебных заведений страны. Большой вклад в становление отечественного холодильного машиностроения внесли *В.П.Бармин, В.Е.Цыдзик, С.Я.Герш, С.С.Кутателадзе, Л.М.Розенфельд, В.А.Румянцев, А.Н.Фомин, Ф.М.Чистяков, В.И.Блинов, Ш.Н.Кобулашвили, Н.Н.Кошкин, И.А.Сакун, Г.Н.Данилова, М.Г.Дубинский, А.Н. Жеребцов, К.Д.Кан, Ю.А.Шапошников, В.Б.Шнепп, М.Г.Шумелишский, А.А.Гоголин, В.Б.Якобсон, Б.С.Вейнберг, Н.М.Самсонов, К.П.Селезнев, А.М.Архаров, Н.Н.Бухарин, Ю.Б.Галеркин.*

В связи с юбилеем мы передаем наилучшие пожелания учебным заведениям – МГТУ им. Н.Э.Баумана, МГУИЭ, СПбГТУ, СПбГУНиПТ, КГТУ, ОГАХ, отраслевым институтам – ВНИХИ, НИИХиммаш, ЛенНИИХиммаш, Криогенмаш, Турбохолод, НИИТК им В.Б.Шнеппа, ВНИИГаз, СО АН РФ, ГИПХ, проектным организациям – Гипрохим, Гипрохолод, Гипромясо, управлениям Минобороны, Минэкономразвития, Минпромнауки, Минсельхоза, Минприроды, Комитета по стандартизации и многим другим организациям.

На протяжении 50 лет результаты научно-инженерной деятельности ЦКБ ХМ, ВНИИхолодмаша и ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» широко освещались на страницах журнала «Холодильная техника», в редколлегии которого всегда были и есть представители института. Надеемся и в дальнейшем на плодотворное сотрудничество.

Журнальная статья не позволяет поименно назвать всех сотрудников (в годы расцвета института численность его была более 1000 человек), проработавших в организации все эти 50 лет, но без самоотверженного труда которых институт не смог бы занять достойное место в ряду предприятий и организаций, работающих в отрасли холодильного машиностроения. Спасибо им всем.

Поздравления

От имени Ассоциации «Холодпром» поздравляем коллектив ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг" с 50-летним юбилеем!

На протяжении нескольких десятилетий практически все заводы холодильного машиностроения бывшего Советского Союза выпускали холодильные машины и установки по конструкторской документации ЦКБХМ и ВНИИхолодмаша.

После распада Союза часть этих заводов осталась в ближнем зарубежье.

Переход к рынку, разрыв экономических и хозяйственных связей поставили отрасль холодильного машиностроения России в тяжелое положение. Для возрождения этой отрасли, поднятия ее на качественно новую ступень и обеспечения российских потребителей отечественным современным надежным холодильным оборудованием в августе 1995 г. крупнейшие производители и разработчики промышленного холодильного оборудования создали Научно-промышленную ассоциацию производителей холодильного оборудования (Ассоциация "Холодпром"). Учредителями ее стали: "ВНИИхолодмаш-Холдинг", московский завод "Компрессор", московский завод "Искра", Касимовский завод холодильного машиностроения, черкесский завод "Холодмаш", Читинский машзавод, "Пензкомпрессормаш", Краснодарский компрессорный завод, рузаевский завод "Химмаш", ЗАО "Надежда" (Краснодарский край), "Турбохолод" (Москва) и "Казанькомпрессормаш".

Ассоциация "Холодпром" осуществляет координацию научно-исследовательских и опытно-конструкторских, а также пусконаладочных работ, оказывает инженерные информационные, правовые, маркетинговые и прочие услуги, способствует организации выставок-продаж холодильного оборудования, налаживанию кооперативных поставок узлов и деталей и т. д.

Однако одна из главных задач Ассоциации «Холодпром» – объединение усилий входящих в нее предприятий и организаций для совместных поисковых работ при активном участии «ВНИИхолодмаш-Холдинга», направленных на создание принципиально новых конструкций компрессоров, теплообменных аппаратов и других компонентов холодильных установок.

Желаем коллективу «ВНИИхолодмаш-Холдинга» здоровья, успехов на всех направлениях его многогранной деятельности и плодотворного сотрудничества с предприятиями холодильного машиностроения и других смежных отраслей промышленности.

В.Н.БОНДАРЕВ,
президент Ассоциации «Холодпром»
Н.В.РОМАНОВСКИЙ,
исполнительный директор

От имени коллективов заводов Ассоциации «Холод-быт» и от себя лично поздравляем ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» со знаменательной датой – полувековым юбилеем со дня основания!

Бытовые холодильники и морозильники являются конечным звеном холодильной цепи, охватывающей все этапы сбора, хранения, транспортировки, переработки, распределения и продажи продуктов питания и доводящей их до конкретного потребителя - до каждого из нас. Подавляющая часть холодильного оборудования этой цепи была создана и освоена в производстве усилиями коллектива института.

Заводы Ассоциации «Холод-быт» активно расширяют номенклатуру производимой продукции, интенсивно работают над совершенствованием ее потребительских свойств, наращивают объемы производства, решая задачу обеспечения российского потребителя современной бытовой холодильной техникой. Немалая роль в решении этих задач отводится ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг», который является одним из учредителей Ассоциации и ее перспективной научно-технической базой.

Желаем коллективу ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» здоровья, успехов в развертывании научно-технических и производственных работ в создании новейших конкурентоспособных холодильных машин и установок, эффективного сотрудничества с предприятиями – производителями бытовой холодильной техники.

В.С.СЛИНКИН,
президент Ассоциации «Холод-быт»,
генеральный директор ОАО «Красноярский завод» холодильников «Бирюса»
В.И.СМЫСЛОВ,
исполнительный директор Ассоциации «Холод-быт»

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОАО «ВНИИХОЛОДМАШ-ХОЛДИНГ» ПО ВЫПОЛНЕНИЮ МЕЖДУНАРОДНЫХ ОБЯЗАТЕЛЬСТВ РОССИИ В ОБЛАСТИ ХОЛОДИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ, СВЯЗАННЫХ С ОХРАНОЙ ОЗОНОВОГО СЛОЯ

В.В.КАТЕРУХИН

Канд. техн. наук
В.И.САПРОНОВ

В.И.СМЫСЛОВ

Год 50-летия образования ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» совпадает с 15-летием подписания Советским Союзом Венской конвенции об охране озонового слоя. ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» представляет собой головную организацию по холодильному машиностроению, под руководством которой в России проводятся работы по подготовке к переходу на озонобезопасные технологии в этой области техники. Работы охватывают сферы исследования, проектирования, изготовления и эксплуатации холодильного оборудования и осуществляются в двух взаимосвязанных направлениях: организационном и научно-техническом.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ РАБОТЫ

С 1987 г. ВНИИхолодмаш сначала самостоятельно, а затем вместе с родственными организациями, учредителем которых он является, – Ассоциацией "Холод-быт" и Ассоциацией "Холодпром" – разработал серию программ, направленных на решение проблемы, связанной с необходимостью отказа от применения озоноразрушающих веществ (ОРВ) в холодильной технике. Пять лет назад, 24 мая 1995 г., было принято постановление Правительства РФ № 526, одобрившее "Первоочередные меры по выполнению обязательств Российской Федерации по охране озонового слоя на 1995–1996 гг.". Этот документ содержит комплексную программу, созданную большим коллективом специалистов различных отраслей, связанных с производством и потреблением ОРВ, и является наиболее полным и обоснованным документом по этому вопросу. В разделе холодильной техники программа включает весь необходимый комплекс работ по исследованию, конструированию, освоению в производстве и проведению ретрофита эксплуатируемого холодильного оборудования в целях перевода его на озонобезопасное исполнение с использованием необходимых материалов и комплектующих.

В дальнейшем в соответствии с указаниями правительства были разработаны новые редакции программы, учитывающие изменение экономической ситуации в стране и внесение корректировок в сам Монреальский протокол.

Для координации действий в стране по выполнению обязательств, предусмотренных Монреальским протоколом, правительством была создана Межведомственная комиссия по охране озонового слоя (постановления Правительства РФ от 20.05.1997 г. № 612 и от 11.03.1999 г. № 280), в состав которой вошли специалисты ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» и другие разработчики холодильного оборудования, а также специалистов организаций, эксплуатирующих это оборудование. Созданная в рамках комиссии рабочая группа по холодильному сектору последовательно отстаивает интересы производителей холодильного оборудования, направляя деятельность Межведомственной комиссии в рациональное русло "мягкого" перехода на озонобезопасные технологии в холодильной технике. Особое внимание рабочая группа уделяет обеспечению в переходном периоде работоспособности холодильного оборудования специального назначения, предназначенного в основном для работы на R12.

К положительным результатам деятельности рабочей группы можно отнести перенос срока прекращения производства озоноразрушающих веществ с 01.01.2000 г. на 01.07.2000 г., установление переходного периода для применения озоноразрушающих веществ с постепенной заменой на озонобезопасные до 01.01.2006 г., включение большой номенклатуры холодильного оборудования в Перечень продукции с использованием озоноразрушающих веществ, ввозимой (вывозимой) в Российскую Федерацию. Наличие холодильного оборудования в этом перечне дает возможность его экспорта в страны, примкнувшие к Монреальскому протоколу, при наличии соответствующих контрактов.

Одновременно с выполнением в стране работ по решению "озоновой" проблемы происходят изменения и в самом Монреальском протоколе, направленные на ужесточение регулирования производства и потребления озоноразрушающих веществ путем принятия корректировок к исходному тексту протокола. Общая направленность сегодняшних корректировок в части, касающейся холодильной техники, заключается в попытках сокращения сроков разрешенного применения веществ по приложению "С" к Монреальскому протоколу. Для усиления позиций российской делегации на совещаниях Сторон Монреальского протокола и на заседаниях его рабочих групп рабочая группа Межведомственной комиссии направляет специалистов-холодильщиков.

Параллельно с развитием самого Монреальского протокола расширяется его взаимодействие с другой международной экологической конвенцией, деятельность которой также приводит к ограничению потребления ряда хладагентов – Рамочной конвенцией по сохранению климата.

К веществам, производство и потребление которых регулируется Рамочной конвенцией, относятся так называемые парниковые газы, т. е. вещества, имеющие высокий потенциал глобального потепления (GWP). Первоначальная номенклатура парниковых газов была существенно расширена Киотским протоколом 1998 г. за счет веществ, широко применяемых в холодильной технике и не подпадающих под регулирование Монреальским протоколом. Система регулирования, предусмотренная Монреальским протоколом и Рамочной конвенцией, различна. В Монреальском протоколе речь идет о регулировании потребления конкретных веществ, а в Рамочной конвенции – о регулировании суммарной эмиссии всех указанных парниковых газов.

Тем не менее, суммируя номенклатурные ограничения обоих международных документов, легко прийти к выводу о том, что на холодильную отрасль оказывается давление с целью исключить из потребления все химически производимые хладагенты, оставляя в качестве экологически "неуязвимых" только природные вещества: аммиак, углеводороды, воду и т.д. Создается бесперспективная ситуация как с существующими, так и с совсем недавно разработанными озонобезопасными хладагентами – моновеществами и смесями

хладагентов. И это уже имеет свои негативные последствия. В докладе недавно прошедшего заседания рабочей группы открытого состава Монреальского протокола в Женеве сформулировано отрицательное мнение по поводу перспектив применения широко известного в мире озонобезопасного хлад-агента R134a как по причине достаточно высокого потенциала глобального потепления (GWP = 1300), так и из-за низких по сравнению с заменяемым R12 энергетических характеристик. Еще раньше Глобальный экологический фонд прекратил финансирование проектов перехода на озонобезопасные технологии в производстве холодильной техники, ориентированных на применение R134a.

Все более расширяется практика оценки экологической безопасности хладагентов по коэффициенту эквивалентного потепления TEWI. Применительно к холодильному оборудованию коэффициент TEWI оценивает не только влияние начальной заправки хладагентом и его пополнения в течение срока эксплуатации, но и косвенное воздействие увеличения расхода электроэнергии, потребляемой холодильным оборудованием, на потепление климата.

В сложившейся ситуации деятельность института по решению "озоновой" проблемы ведется в теснейшей связи с работами, направленными на повышение энергетической эффективности создаваемого холодильного оборудования, в том числе на основе расширения областей применения аммиака и углеводородных хладагентов. Ретрофит осуществляется также с учетом необходимости улучшения энергетических характеристик эксплуатируемых холодильных машин. Наиболее высокие результаты достигаются при модернизации центробежных компрессорных холодильных машин, эксплуатируемых на действующих объектах.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Деятельность ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» и сотрудничающих с ним организаций направлена на решение двух задач.

Первая, ближайшая, задача – формирование научно-технической базы, позволяющей отказаться от применения веществ с высоким озоноразрушающим потенциалом, в первую очередь R12, в сфере производства и эксплуатации холодильной техники.

Вторая, более далекая, – решение вопроса о замене хладагентов с малым озоноразрушающим потенциалом, в первую очередь R22.

В рамках решения *первой задачи* основные усилия сконцентрировались на исследовании и создании альтернативных хладагентов, смазочных масел, сорбентов, неметаллических материалов (паронитов и резин), исследовании и модернизации компрессоров для обеспечения эффективной работы их на озонобезопасных хладагентах; совершенствовании технологии производства, повышении энергетической эффективности холодильных машин в озонобезопасном исполнении и проведении ретрофита эксплуатируемого оборудования.

В основу работ по хладагентам положена созданная специалистами ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг"и Ассоциации "Холодбыт" и одобренная экспертной группой Миннауки России "Стратегия перехода на озонобезопасные хладагенты в России". В лаборатории холодильных машин, хладагентов и масел проведены теоретические и экспериментальные исследования термодинамических и эксплуатационных свойств R134a, основного альтернативного заменителя R12. Впервые в России здесь исследовали промышленные холодильные машины и компрессоры, заправленные этим хладагентом. Выполнение комплекса исследований позволило досконально изучить, как влияет замена R12 на R134a на характеристики самих холодильных машин и технологию их производства. Показано, что прямая замена R12 на R134a без значительной доработки конструкции компрессоров и холодильных агрегатов невозможна из-за значительного (10...20 %, а для некоторых режимов работы и более) ухудшения энергетической эффективности работы компрессоров и холодильных машин. Выявлено, что R134a, так же как и другие полностью озонобезопасные хладагенты R125, R218, R143 и R32, плохо растворяются в традиционных минеральных холодильных маслах. Применение совместимого с R134a синтетического смазочного масла связано с необходимостью значительного усложнения технологии производства и повышения требований к очистке и осушке холодильного агрегата. Эти положения подтверждены также многочисленными испытаниями компрессоров и холодильных машин в области бытовой холодильной техники.

Оценен экономически переход на использование R134a в комплексе с полиэфирным смазочным маслом. Вследствие повышенной агрессивности этого комплекса веществ выявилась непригодность большинства применяемых ранее электроизоляционных материалов для встроенных электродвигателей компрессоров.

Совместно с НПП ВНИИЭМ и заводами-изготовителями разработана новая система электроизоляционных материалов (двухслойные эмаль-провода, пазовая и межфазовая изоляция, выводные провода и другие элементы, стойкие в среде R134a и синтетического смазочного масла) и организовано их серийное производство.

Выполнен комплекс испытаний по оценке стабильности системы R134a–синтетическое смазочное масло–сорбенты.

Исследованы в лаборатории института полиэфирные масла фирм "Мобил", "Кастрол", "Эльф Любрифьен" и др. Разработано и испытано отечественное синтетическое смазочное масло ХС-22, аналогичное маслу марки Eal Arctic-22 производства фирмы "Мобил". Проведен комплекс сравнительных испытаний стабильности этого масла при работе в условиях, характерных для различных холодильных машин. Показана хорошая совместимость этого масла с R134a.

Разработан паронит, стойкий в среде R134a и полиэфирного смазочного масла. Выполнен большой объем работ по созданию резино-технических изделий материалов, стойких в этой смеси.

Однако недостатки R134a, необходимость повышения энергетической эффективности холодильного оборудования, нехватка средств для перехода на R134a заставили провести комплекс работ по исследованию и разработке озонобезопасных хладагентов, альтернативных R134a, при переходе на применение которых в производстве холодильного оборудования требуются принципиально меньшие затраты.

Как показал анализ, такими веществами могут быть смесевые хладагенты, базирующиеся на веществах "переходной" группы (приложение «С» к Монреальскому протоколу). Ориентация была сделана на российские разработки хладагентов и российское производство самих веществ. Одновременно были испытаны и зарубежные заменители R12 – хладагенты MP-39 производства фирмы "Дюпон", FX-56 производства фирмы "Эльф Атакем" и некоторые другие вещества.

Силами МЭИ был разработан хладагент СМ1 (R22+R218+бутан), показавший высокую энергетическую эффективность при испытаниях на различных моделях бытовых холодильников.

Подробно рассмотрены и проанализированы результаты испытаний смесевого горючего хладагента С1 (R152a+изобутан) разработки НИИТП, также показавшего высокую энергетическую эффективность. Этот хладагент позволяет получать характеристики бытовых холодильников на уровне их работы на R12.

Практически сегодня реальной альтернативой R134a для применения взамен R12 являются такие хорошо исследованные отечественные негорючие смесевые хладагенты, как смесь R22+R142b производства Кирово-Чепецкого химкомбината и смеси на ее основе типа С10М1 разработки РНЦ "Прикладная химия" с добавлением в качестве третьего компонента R21. Эти вещества коммерчески доступны на российском рынке и в условиях прекращения производства R12 являются реальным вариантом его замены на внутреннем рынке. Созданы основы технологии работы с этими веществами, которые представляют собой зеотропы и требуют повышенной четкости при осуществлении хранения, заправки и проведении испытаний. Характеристики наиболее перспективных на данный момент заменителей R12 отечественного и зарубежного производств, оцененные в соответствии с требованиями, предъявляемыми к новым хладагентам, приведены в таблице.

Выполненный комплекс работ позволил перейти к созданию нового холодильного

Группы свойств и характеристик хладагентов	R134a	(R22+R142b)	(R22+R142b+R21), C10M1*	C1 (R152a+R600)	MP-39 "Дюпон" (R22+R152a+R124)	FX 56 "Атокем" (R22+R142b+R124)
Теплофизические свойства						
Термодинамические свойства (диаграмма состояния)	Есть данные	Есть данные	Требуется разработка	Есть данные	Есть данные	Есть данные
Свойства переноса (удельная теплоемкость, теплопроводность, вязкость жидкости и пара)	То же	То же	Требуются исследования	То же	Частично	Частично
Теплотехнические характеристики (Результаты калориметрических испытаний компрессоров)	Есть для отдельных образцов	Есть для отдельных образцов	Нет	Нет	Есть для отдельных образцов	Есть для отдельных образцов
Эксплуатационные характеристики						
Результаты теплотехнических испытаний БХП	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Результаты длительных испытаний (ресурсные испытания)	До 3000	До 3000	До 5000	До 5000	Нет	Нет
Опыт использования для ретрофита	Есть	Есть	Есть	Нет	Частично	Частично
Взаимодействие с материалами и веществами						
Взаимодействие со смазочным маслом во всем диапазоне температур	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Совместимость с материалами**						
конструкционными (металлы, пластмассы)	Есть, не полностью	Требуются контрольные испытания	Требуются контрольные испытания	Есть	Требуются контрольные испытания	Требуются контрольные испытания
электроизоляционными	Есть	То же	То же	Нет	То же	То же
уплотнительными (резина, паронит)	Есть, не полностью	"	"	"	"	"
Характеристики безопасности						
Озоноразрушающий потенциал (ODP)	0	0,050	0,050	0	0,03	0,05
Потенциал глобального потепления (GWP)	1300	1500	1500	0,029	0,22	0,30
Токсичность ПДКр.з.	3000	3000	3000	3000/300	3000	3000
Класс опасности	4	4	4	4	–	–
Взрывопожароопасность	Негорюч	Негорюч	Негорюч	Горюч	Негорюч	Негорюч
Характеристики производства						
Наличие оформленных ТУ	ТУ 24-029-00480689–94	ТУ 2412-008-07623164–99	ТУ 2412-003-32837395–98	ТУ 2412-040-00480689–94	Фирменные документы	Фирменные документы
Наличие отечественного производства	Нет	Есть	Есть	Есть	Нет	Нет

*Вещества марок А, Б, В, Г с различными концентрациями компонентов.

**Данные по импортным аналогам имеются, но относятся к материалам зарубежных фирм, не всегда сопоставимым с отечественными материалами.

оборудования, исключающего применение озоноразрушающих веществ, и решить многие вопросы ретрофита эксплуатируемого парка машин.

Так, разрабатываемые спиральные компрессоры предназначены для работы на R134a, а созданный новый ряд винтовых компрессоров – на R22 и т.д.

Решение второй задачи, вытекающей из требований Монреальского протокола, – замена широко распространенного R22 на альтернативные вещества – является достаточно сложным. Основные нарекания на этот хладагент связаны с его озоноразрушающим потенциалом (ODP = 0,055). На это накладывается значительный потенциал глобального потепления (GWP = 1700).

Все возможные чистые вещества, рассматриваемые как потенциальные заменители R22, имеют серьезные недостатки. Хладагент R143a является горючим газом, имеющим повышенное давление и в 2,5 раза более высокий GWP. Хладагент R32 также горюч, имеет очень высокое давление. Хладагент R218 характеризуется значением GWP, в 20 раз более высоким, чем у R22, и очень дорог. Хладон R125 имеет также повышенные давление и токсичность, его GWP в 2 раза выше, чем у R22.

Эти вещества (кроме R218) входят в группу парниковых газов в соответствии с Рамочной конвенцией.

Сотрудниками ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» выполнен теоретический анализ термодинамических циклов холодильных машин на перечисленных выше хладагентах. Из анализа неизбежно следует вывод о том, что ни один из этих хладагентов не в состоянии полностью вытеснить и заменить R22 . Во всех альтернативных вариантах остаются области и диапазоны температур кипения и конденсации, в которых применение R22 в чистом виде или в составе смесей хладагентов практически не удастся исключить, заменить его новыми озонобезопасными веществами, без коренного пересмотра сложившихся принципов холодильного машиностроения.

Недостатки чистых веществ обусловливают возможность решения задачи по замене R22 смесевыми хладагентами. Из существующих сегодня заменителей R22 наиболее перспективными считают полностью озонобезопасные трехкомпонентные смеси: квазиазеотропную R404A и зеотропную R407C. По сравнению с R22 обе смеси имеют повышенную (на 10...15 %) удельную объемную холодопроизводительность, но меньший (на 5 %) теоретический холодильный коэффициент. С экологической точки зрения предпочтительнее смесь R407C, у которой коэффициент GWP = 1370, т. е. в 2 раза ниже, чем у R404A, и меньше, чем у R22. С учетом допустимых сроков применения R22 вопрос о замене его на альтернативные смесевые хладагенты нуждается в дополнительном тщательном рассмотрении, особенно в связи с тем, что для широкой номенклатуры торгового холодильного оборудования R22 является сегодня альтернативой R12, а большинство ретрофитных смесей для R12 содержат это вещество в качестве основной составляющей.

Перспектива регулирования потребления R22 и всех веществ "переходной" группы будет уточнена на предстоящем одиннадцатом совещании Сторон Монреальского протокола в Пекине в конце текущего года.

Развитие процессов регулирования потребления фторпроизводных хладагентов, происходящих в рамках Монреальского протокола и Рамочной конвенции, неизбежно интенсифицирует процесс расширения областей применения аммиака и хладагентов на основе углеводородов. Эти тенденции достаточно четко прослеживаются в зарубежном холодильном машиностроении, в том числе и в изменениях нормативной базы по холодильному оборудованию. Планы перспективных разработок ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» составляются с учетом этих мировых тенденций и направлены на создание полностью озонобезопасного холодильного оборудования высокой энергетической эффективности.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ АВТОМАТИКИ

Д-р техн. наук **А.В.БЫКОВ** **А.Е.БЕРЕСНЕВ**
Отдел автоматизированных систем управления

С расстояния прошедших пяти десятилетий со дня основания ВНИИхолодмаша видна огромная работа, проделанная его коллективом, которая нашла отражение в эволюционном развитии отечественного холодильного машиностроения.

Произошла эволюция и в области автоматизации – от релейных систем и газонаполненных, оптических, магнитных и контактных датчиков к полупроводниковым, электронным датчикам, исполнительным органам и микропроцессорным системам управления и контроля.

Развитие новых технологий, повышение требований к качеству конечной продукции, выпускаемой различными отраслями промышленности – потребителями холода, диктуют необходимость обеспечения точности и надежности поддержания заданных температурных параметров системами холодоснабжения. Поэтому основополагающей частью любой современной холодильной машины или установки холодоснабжения является система автоматического управления (САУ).

Основные задачи, решаемые САУ:

- обеспечение технологических защит;
- получение информации как от объекта обеспечения холодом (теплотой – для тепловых насосов), так и от исполнительных органов;
- регулирование холодопроизводительности по тому или иному закону в зависимости от типа холодильной машины (поршневая, винтовая, центробежная и т.д.) и конструктивной реализации способа регулирования (пуском-остановом, с помощью золотника, изменением частоты вращения ротора и т.д.);
- управление исполнительными органами, обеспечивающими оптимальное регулирование конкретного объекта холодоснабжения (термостатирования).

Обобщенная блок-схема объекта холодоснабжения показана на рис. 1. Представленная здесь структура холодильного комплекса (ХК) является типовой. Единственным отличием (в некоторых специфических случаях) может быть наличие или отсутствие блока внешних параметров регулирования (ВПР). Блок применяется в сложных системах автоматизации, когда для обеспечения согласованной совместной работы холодильного комплекса и объекта холодоснабжения, а также для оптимизации работы самого ХК (в системах группового управления) необходимо поступление в САУ дополнительной внешней информации. Например, о параметрах окружающей среды и (или) об условиях выполнения алгоритма работы САУ в конкретный момент функционирования.

Следует подчеркнуть, что в ХК, выполненном на базе термоэлементов, объект холодоснабжения может входить в блок холодильной системы (ХС).

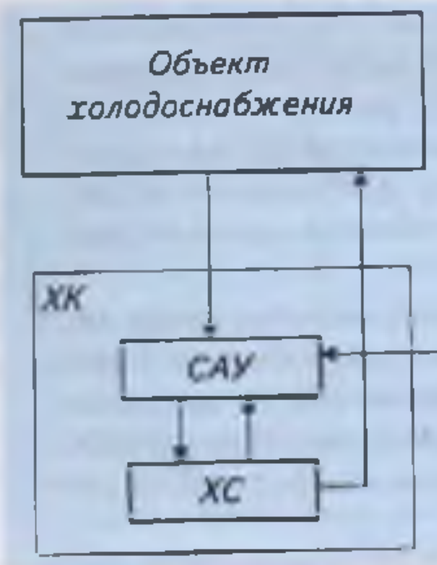


Рис. 1. Обобщенная блок-схема объекта холодоснабжения:
ХК – холодильный комплекс;
САУ – система автоматического управления (контроля);
ХС – холодильная система (установка);
ВПР – внешние параметры регулирования

Рис. 2. Экспериментальная термоэлектрическая установка с системой термостатирования

Рис. 3. Пульт управления блоком многоскоростных вентиляторов

Одна из последних разработок института – экспериментальная термоэлектрическая установка с системой термостатирования (рис. 2) номинальной холодопроизводительностью 160 Вт, работающая без принудительного внешнего охлаждения горячих спаев. Из таких модулей может быть набрана установка любой холодопроизводительности.

Коллективом института создана двухуровневая система управления винтовой герметичной холодильной машиной холодопроизводительностью 165 кВт с частотным регулированием.

Как показывает анализ различных способов регулирования (включая современные) холодопроизводительности ХС, перспективно применение смешанных методов их реализации, что приведет к созданию новых САУ в холодильном машиностроении.

Чрезвычайно актуальна проблема диагностики технического состояния холодильной машины во время ее работы, т. е. в динамике. Так, например, применение в САУ методов фазовой компенсации Фурье, анализа временного контроля, а также их совместное использование позволяют ввести функции ранней диагностики технического состояния холодильного компрессора любого типа (поршневого, винтового, турбокомпрессора и др.) и предотвратить аварийные ситуации на ранней стадии, когда еще приборы технологических защит нечувствительны к предаварийной ситуации.

Практическое решение этой проблемы сдерживается только высокой стоимостью первичных преобразователей, а следовательно, и холодильного комплекса в целом. Однако в дальнейшем с развитием новых технологий в области электронного машиностроения, подобная система диагностики может быть реализована на практике.

Одними из последних разработок института являются пульт управления блоком многоскоростных вентиляторов (рис. 3) и пульт микропроцессорной САУ для трехходовых регуляторов температуры и давления. В стадии перспективных разработок – принципиально новые ТРВ с термоэлементным приводом, испытания которых находятся в завершающей стадии.

Специфика рынка холодильного оборудования заставляет в настоящее время ставить задачи по созданию многомашинных холодильных центров и, как следствие, разрабатывать автоматизированные системы группового регулирования. Эти задачи коллектив института успешно решает на протяжении последних лет.

РАЗВИТИЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ СОЗДАНИЯ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН С ЦЕНТРОБЕЖНЫМИ КОМПРЕССОРАМИ

Д-р техн. наук **И.Я.СУХОМЛИНОВ** **Д.Л.СЛАВУЦКИЙ** Канд. техн. наук **М.В.ГОЛОВИН**

Отдел турбокомпрессорных машин

Разработка научно-технической базы создания холодильных машин с холодильными центробежными компрессорами была начата ВНИИхолодмашем совместно с ОАО "Казанькомпрессормаш" с середины 70-х годов при содействии НИИТК им. В.Б.Шнеппа.

Первый этап был завершен и успешно реализован уже к 1986 г. при подготовке к выпуску второго поколения холодильных машин типа ТХМВ.

Научно-техническая база того периода представляла собой сочетание математического обеспечения проектирования холодильных машин с центробежными компрессорами и производства, подготовленного с учетом широкой унификации основных компонентов холодильных машин.

Методы расчета таких машин были основаны на математическом и физическом моделировании процессов, происходящих в цикле холодильной машины, и реальных свойств хладагентов и выполнялись с применением вычислительных машин типа ЕС.

Внедрение в дальнейшем персональных компьютеров в инженерную практику, запрет на применение озоноразрушающих хладагентов, переход к рыночной экономике и появление конкуренции существенно изменили понятие о рациональной организации работ. Появилась необходимость в проведении комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию научно-технической базы, которые включали дальнейшее развитие методов расчета, создание систем автоматизированного проектирования (САПР), расширение областей применения холодильных машин с центробежными компрессорами, а также возможностей производства.

Развитие методов расчета осуществлялось в следующих направлениях:

- перевод программного обеспечения на персональный компьютер;
- подготовка программного обеспечения расчета новых термодинамических циклов;
- создание программного обеспечения для более широкой номенклатуры используемых хладагентов (включая смеси);
- разработка ускоренных методов расчета, в том числе свойств хладагентов и смесей;
- совершенствование математических моделей холодильных центробежных компрессоров (расчет многоступенчатых компрессоров и получение их характеристик при работе на нерасчетных режимах);
- расширение используемой в расчетах базы экспериментальных данных по характеристикам ступеней и двухступенчатых компрессоров.

Остановимся на основных результатах работ по развитию методов расчета.

Наряду с модернизацией программного обеспечения расчета циклов двукратного дросселирования разработаны методики и программы расчета циклов с числом изотерм более двух.

Созданы методики и программный комплекс для определения параметров кондиционера с холодильным центробежным компрессором, работающим в цикле двукратного или однократного дросселирования с различными вариантами охлаждения встроенного высокочастотного электродвигателя (жидким или парообразным хладагентом на уровне давления всасывания в первую или вторую ступени компрессора).

Предложена методика расчета характеристик холодильных машин с центробежными компрессорами при работе на нерасчетных режимах (при регулировании холодопроизводительности).

Особое внимание было уделено созданию ускоренных методов расчета. Например, с помощью разработанной программы «Цикл» можно практически мгновенно получать по заданным параметрам цикла холодильной машины требуемые газодинамические, геометрические и режимные параметры ступеней компрессора. Реализация ускоренного метода расчета термодинамических свойств хладагентов сократила время расчета на персональном компьютере характеристик четырехступенчатого компрессора, работающего в цикле двукратного дросселирования, в 10–15 раз.

В настоящее время программное обеспечение включает определение свойств 55 хладагентов, в том числе углеводородов метанового ряда и смесей.

Создание ускоренных методов расчета позволило разработать методику и программу расчета характеристик холодильных машин с многоступенчатыми (до шести ступеней) центробежными компрессорами. Основные сложности, возникающие при решении подобных задач, связаны с большой продолжительностью счета из-за многократных приближений, требующих высокого быстродействия персонального компьютера.

Расширение базы данных включало исследования в двух направлениях: создание расчетно-теоретических методов решения прямой и обратной задач проектирования применительно к ступени холодильного центробежного компрессора; экспериментальная отработка модельных высокорасходных (коэффициент расхода Φ до 0,18) и малорасходных (Φ до 0,015) ступеней с получением их регулировочных характеристик при различных методах регулирования.

Совместно с кафедрой компрессоростроения СПбГТУ при использовании экспериментальных данных кафедры холодильных машин СПбГУНиПТ разработана математическая модель ступени холодильного центробежного компрессора. Идентификация математической модели выполнена по характеристикам свыше 170 вариантов ступеней. Модель обеспечивает хорошую сходимость в области оптимальных режимов работы и рекомендована к применению.

Отработка модельных ступеней включала также исследование методов унификации ступеней и выбор оптимального. Проведено исследование двух методов унификации высокорасходных ступеней с пространственными рабочими колесами, имеющими одинаковый закон профилирования лопаток: при постоянном угле установки лопаток диффузора и переменной ширине колеса; при переменных значениях обоих указанных параметров.

Параметры унифицированных ступеней, используемые сегодня при разработке новых холодильных центробежных компрессоров, показаны на рис. 1. Как видно из рис. 1, диапазон расходных характеристик значительно расширен как в область больших, так и в область малых коэффициентов расхода, определяющих производительность.

Создание базы данных по ступеням и программного комп-

лекса для получения характеристик холодильных центробежных компрессоров и холодильных машин на нерасчетных режимах работы позволило перейти к формированию банка данных, содержащего характеристики (в том числе регулировочные) двухступенчатых секций и компрессоров. В настоящее время банк регулировочных характеристик охватывает 48 вариантов ступеней и 156 вариантов компрессоров со стандартными проточными частями.

Выполненный комплекс исследований обеспечил также возможность сопоставления различных методов регулирования холодильных машин с центробежными компрессорами.

Результаты исследований эффективности регулирования холодопроизводительности поворотом лопаток входного регулирующего аппарата, поворотом лопаток диффузора и изменением частоты вращения ротора компрессора (рис. 2) свидетельствуют о том, что при снижении холодопроизводительности (в случае постоянной температуры охлаждающей среды, подаваемой на конденсатор) наиболее эффективен комбинированный метод регулирования изменением частоты вращения ротора и угла установки лопаток диффузора.

Наличие банка данных и программного комплекса значительно сокращает время получения регулировочных характеристик холодильного центробежного компрессора и холодильной машины, позволяя решать задачи в реальном масштабе времени, т. е. в процессе переговоров с заказчиком.

Самостоятельное значение имеют работы по созданию САПР холодильных машин с центробежными компрессорами, для проведения которых потребовалось переоснащение материальной базы более современными персональными компьютерами, а также специальное программное обеспечение, необходимое для решения задач, связанных с классификацией, хранением, составлением, поиском и просмотром конструкторской документации, включающей чертежи, текст и спецификацию. Современное оснащение САПР сокращает сроки разработки технической документации на новые холодильные машины до 1–1,5 мес.

Развитие научно-технической базы создания холодильных машин с центробежными компрессорами позволило выполнить на современном уровне ряд работ.

По заданию РАО «Газпром» осуществлены доводка и пуск турбоагрегатов ТП5-16/1 на станции охлаждения газа (СОГ) Ямбургской компрессорной станции, а также модернизация СОГ-6 Пуровской компрессорной станции.

В связи с изменением условий работы СОГ на Ямбургской компрессорной станции (в первую очередь по нагрузкам и температурам охлаждения газа) был проведен комплекс расчетных исследований по выбору оптимального варианта доукомплектации станций теплообменными аппаратами и турбоагрегата-

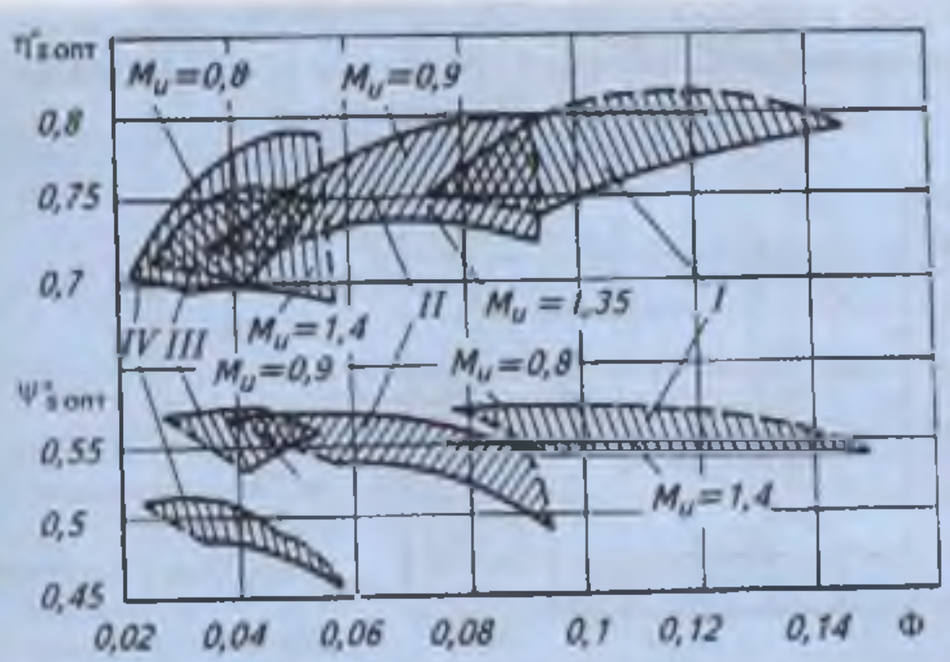


Рис. 1. Поле оптимальных параметров ступеней для холодильных центробежных компрессоров (Ф – коэффициент расхода; $\eta^*_{S\,опт}$ – изоэнтропный КПД по полным параметрам; $\psi^*_{S\,опт}$ – изоэнтропный коэффициент удельной работы по полным параметрам; M_u – условное число Маха):
I – ступень с пространственным рабочим колесом; II – ступень с рабочим колесом 3Д; III, IV – ступени с рабочим колесом и выходным углом лопаток $\beta_{2л}$, равным соответственно 22 и 32°

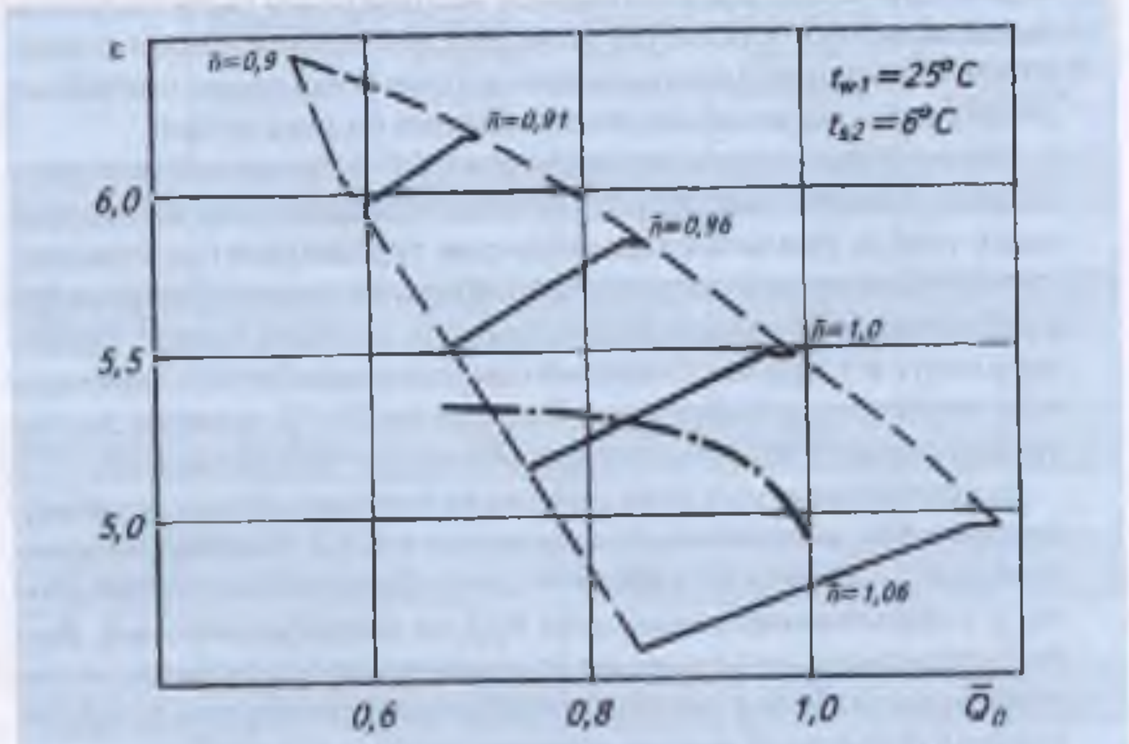


Рис.2. Сравнение методов регулирования параметров двухступенчатого холодильного центробежного компрессора в составе холодильной машины:
$\bar{Q}_0$ – относительная холодопроизводительность (по отношению к номинальной); ε – холодильный коэффициент; $\bar{n}$ – относительная частота вращения ротора (по отношению к номинальной); t_{w1} – температура охлаждающей среды на входе в конденсатор; t_{S2} – температура хладоносителя на выходе из испарителя,
——— – регулирование поворотом лопаток диффузора при постоянной частоте вращения ротора; –·– – регулирование с помощью входного регулирующего аппарата (ВРА); – – – – граница диапазона регулирования

ми. СОГ включает несколько турбоагрегатов (с приводом от газотурбинных двигателей НК12-СТ), работающих на общий коллектор. В связи с использованием воздушного охлаждения конденсатора режим работы СОГ определяется температурой окружающей среды, которая претерпевает значительные изменения в процессе эксплуатации. Задачу по выбору в этих условиях оптимального варианта доукомплектации станции решали с применением созданных программных комплексов и ме-

Рис. 3. Макетный образец одноступенчатого центробежного компрессора (D_2 = 100 мм) на испытательном стенде

тодик. Для возможных вариантов эксплуатации были получены характеристики турбоагрегатов, рассмотрение которых совместно с характеристиками конденсаторов обеспечило получение рационального решения по доукомплектации станций.

Аналогичную задачу решали и для СОГ-6 Пуровской компрессорной станции. Анализ результатов исследований, выполненных с учетом реальных характеристик турбоагрегатов, показал, что при правильной организации работы на существующем оборудовании холодопроизводительность станции можно увеличить почти в 1,5 раза, обеспечив при этом ее работоспособность при температуре окружающей среды до 30 °С, а также значительно снизить затраты и сократить сроки модернизации.

В современных условиях одно из важнейших направлений исследований, выполняемых совместно с ОАО "Казанькомпрессормаш", – замена в существующем оборудовании запрещенного к применению хладагента R12 на озонобезопасный. Выбору рационального решения по проведению модернизации холодильных машин с центробежными компрессорами предшествовал серьезный анализ влияния свойств хладагентов на параметры холодильных машин. Исследования позволили рекомендовать к применению озонобезопасный хладагент R134a при минимальных переделках холодильной машины, связанных только с изменением передаточного отношения мультипликатора и проточной части компрессора. Стоимость модернизации машин составляет в этом случае около 30 % стоимости машины и выполняется за 5–6 мес. При этом существенно повышаются энергетические показатели холодильных машин благодаря индивидуальному решению задачи и полностью восстанавливается ресурс. Так, при модернизации ХТМФ-248 Новоуральского комбината мощность, потребляемая компрессором, снижена на 25 % при сохранении холодопроизводительности, что подтверждено испытаниями холодильной машины.

В настоящее время отделом накоплен большой опыт в данном направлении: переведены на озонобезопасный хладагент более двадцати холодильных машин типов ХТМФ и ТХМВ, в том числе с одновременным повышением холодопроизводительности при сохранении приводного электродвигателя.

Наличие научно-технической базы во многом способствовало успешному решению задач в новых направлениях, к которым относятся исследования возможности расширения рациональных областей применения центробежных компрессоров в сторону малых холодопроизводительностей, а также создания эффективных бинарных энергетических установок, использующих теплоту геотермальных источников.

Как показали исследования, можно создать конкурентоспособный по энергетическим показателям центробежный компрессор холодопроизводительностью от 20 кВт в режиме кондиционирования. В специальных случаях такие компрессоры целесообразно применять при более низкой (до 5...8 кВт) холодопроизводительности. Проработка конструктивных решений с использованием последних достижений в смежных отраслях позволила спроектировать типоразмерные ряды центробежных компрессоров холодопроизводительностью от 20 до 60 кВт и от 100 до 630 кВт, отличительная особенность которых – наличие встроенного регулируемого высокочастотного электродвигателя и газодинамических подшипников, работающих на хладагенте. В настоящее время изготовлен и проходит испытания макетный образец одноступенчатого компрессора на газодинамических опорах (рис. 3). Диаметр рабочего колеса компрессора 100 мм, мощность электродвигателя 11 кВт при частоте вращения 34000 об/мин.

В области создания бинарных энергетических установок проработаны конкретные решения применительно к параметрам Верхнемутновского геотермального поля Камчатки. Использование бинарных энергетических установок, работающих на низкопотенциальной теплоте геотермального пара или воды, в дополнение к паровой турбине дает возможность значительно увеличить выработку электроэнергии.

Таким образом, развитие научно-технической базы холодильных машин с центробежными компрессорами дает возможность в кратчайшие сроки на высоком техническом уровне решать задачи, связанные с созданием новой техники, доводкой и модернизацией холодильного оборудования и освоением новых областей его применения.

НОВЫЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ ВИНТОВЫХ И СПИРАЛЬНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Д.Г.КРИНИЦКИЙ,
Канд. техн. наук
Н.Г.БУРДАНОВ
Отдел роторных и поршневых компрессоров

Наряду с конструированием холодильных компрессоров сотрудники отдела роторных и поршневых компрессоров ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг" совместно с ОАО "Пензкомпрессормаш" проводят активную работу по модернизации воздушных компрессорных станций с винтовыми компрессорами. За последние три года был создан ряд воздушных винтовых компрессоров производительностью от 4 до 40 м3/мин и избыточным давлением нагнетания 0,7...0,9 МПа. В этих компрессорах использован новый профиль зубьев роторов, спроектированный в ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг" с учетом современных тенденций.

Форма профиля оригинальна и не имеет аналогов. Особое внимание было уделено маслосистеме компрессоров: выбору места впрыска, определению оптимальных значений расхода и температуры подаваемого масла.

Технические характеристики воздушных компрессорных станций с винтовыми компрессорами, а также воздушных винтовых компрессоров приведены в таблице. Результаты испытаний серийного образца воздушного компрессора компрессорной станции 1ВВ-40/9 иллюстрируются рис. 1.

Из ряда компрессорных станций наибольший интерес представляют передвижная воздушная компрессорная

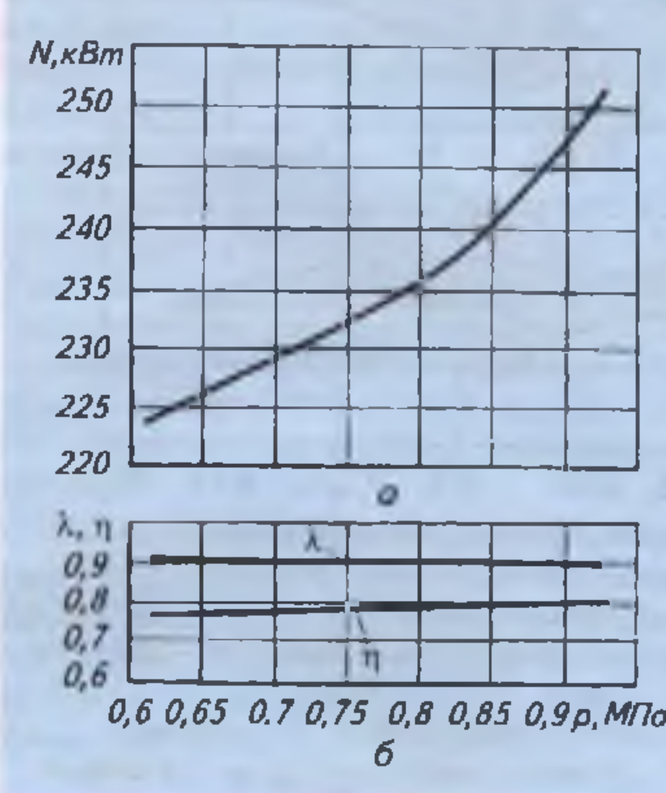


Рис. 1. Зависимость потребляемой эффективной мощности N (а), коэффициента подачи λ и эффективного адиабатного КПД η (б) винтового компрессора компрессорной станции 1ВВ-40/9 от давления нагнетания p (абсолютное)

станция ПВ-4/7, полностью разработанная отделом роторных и поршневых компрессоров ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг", а также компрессор ВКВ-7/10, предназначенный для сжатия атмосферного воздуха, попутного нефтяного газа и выхлопных газов дизельных двигателей. Отличительной чертой компрессора ВКВ-7/10 является то, что для уплотнения зазоров в компрессоре и снижения температуры нагнетания используется пресная техническая или соленая вода, что позволяет получить сжатый газ без примесей масла.

Отделом роторных и поршневых компрессоров были продолжены также работы по созданию холодильных винтовых компрессорных агрегатов общепромышленного и специального назначения холодопроизводительностью 25...120 кВт и компрессорно-конденсаторных агрегатов на их базе для комплектации холодильных камер общепромышленного назначения. Технические характеристики холодильных винтовых агрегатов приведены в таблице.

Характерные особенности компрессорных агрегатов А25-2-3 и А25-2-5 – сальниковое горизонтальное исполнение компрессора, возможность работы и на фреоне, и на аммиаке, отсутствие масляного насоса и золотникового регулятора производительности, разгруженный пуск компрессора. Масло охлаждается жидким хладагентом, отбираемым после конденсатора. В агрегате А25-2-5 использована экономайзерная схема, позволяющая значительно увеличить холодильный коэффициент.

Марка	Наружный диаметр винтов**, мм	Относительная длина винтов	Производительность, м³/мин	Мощность электродвигателя, кВт	Число зубьев зацепления винтов**
Воздушные компрессорные станции					
1ВВ-40/9	300/286	1,30	40	250	4/6
1ВВ-34/9	270/255	1,55	34	200	4/6
1ВВ-34/9	270/255	1,50	34	200	4/6
1ВВ-30/9	240/230	1,92	30	200	4/6
1ВВ-27/9	270/255	1,25	27	200	4/6
1ВВ-20/9	240/230	1,31	20	132	4/6
1ВВ-9/9	170/161	1,68	8,3	55	4/6
ВКВ-7/10	170/161	1,68	10	55	4/6
ПВ-4/7*	170/161	1,25	4	33	
Холодильные винтовые агрегаты					
АВ25-2-2	90/85,9	1,1	1	15	5/7
АВ25-7-2	90/85,9	1,1	1	15	5/7
А25-2-3	90/85,9	1,1	1	15	5/7
А25-2-5	90/85,9	1,1	1	15	5/7
22А50-2-3С	115/108	1,0	2	30	5/7
А120-2-1С	141/133	1,24	4,66	45	4/6

*Передвижная компрессорная станция с дизельным двигателем.
**В числителе для ведущего ротора, в знаменателе – для ведомого.

В компрессорно-конденсаторных агрегатах АВ25-2-2 и АВ25-7-2, созданных на базе компрессорных агрегатов типа А25, применен конденсатор воздушного охлаждения.

Компрессорные агрегаты 22А50-2-3С, А120-2-1С бессальниковые, со встроенным электродвигателем на нагнетании компрессора, масляным насосом, золотниковым регулятором производительности и водяным маслоохладителем. Агрегаты полностью автоматизированы.

В 1999 г. отделом роторных и поршневых компрессоров проведены испытания макетного образца герметичного спирального компрессора СК16 (рис.2). Объемная производительность компрессора 0,58 м3/мин, мощность электродвигателя 7,5 кВт. Холодопроизводительность составляет 27 кВт при температуре кипения 0 °С и конденсации 35 °С. Для снижения температуры нагнетания в полость сжатия компрессора по капиллярной трубке подается жидкий хладагент, что позволяет расширить диапазон работы компрессора до температуры конденсации 50 °С. На базе компрессора СК16 спроектирован тепловой насос КТН20 теплопроизводительностью 20 кВт, предназначенный для отопления и горячего водоснабжения индивидуальных коттеджей. При работе на R134a температура горячей воды достигает 65 °С. Источником теплоты низкого потенциала может служить вода из озера, скважины или грунта.

В настоящее время отдел ведет работы по созданию герметичного винтового компрессора на R134a с воздушным охлаждением конденсатора. Холодопроизводительность компрессора 32 кВт при температуре кипения 6 °С и конденсации 45 °С (максимальная температура конденсации 65 °С).

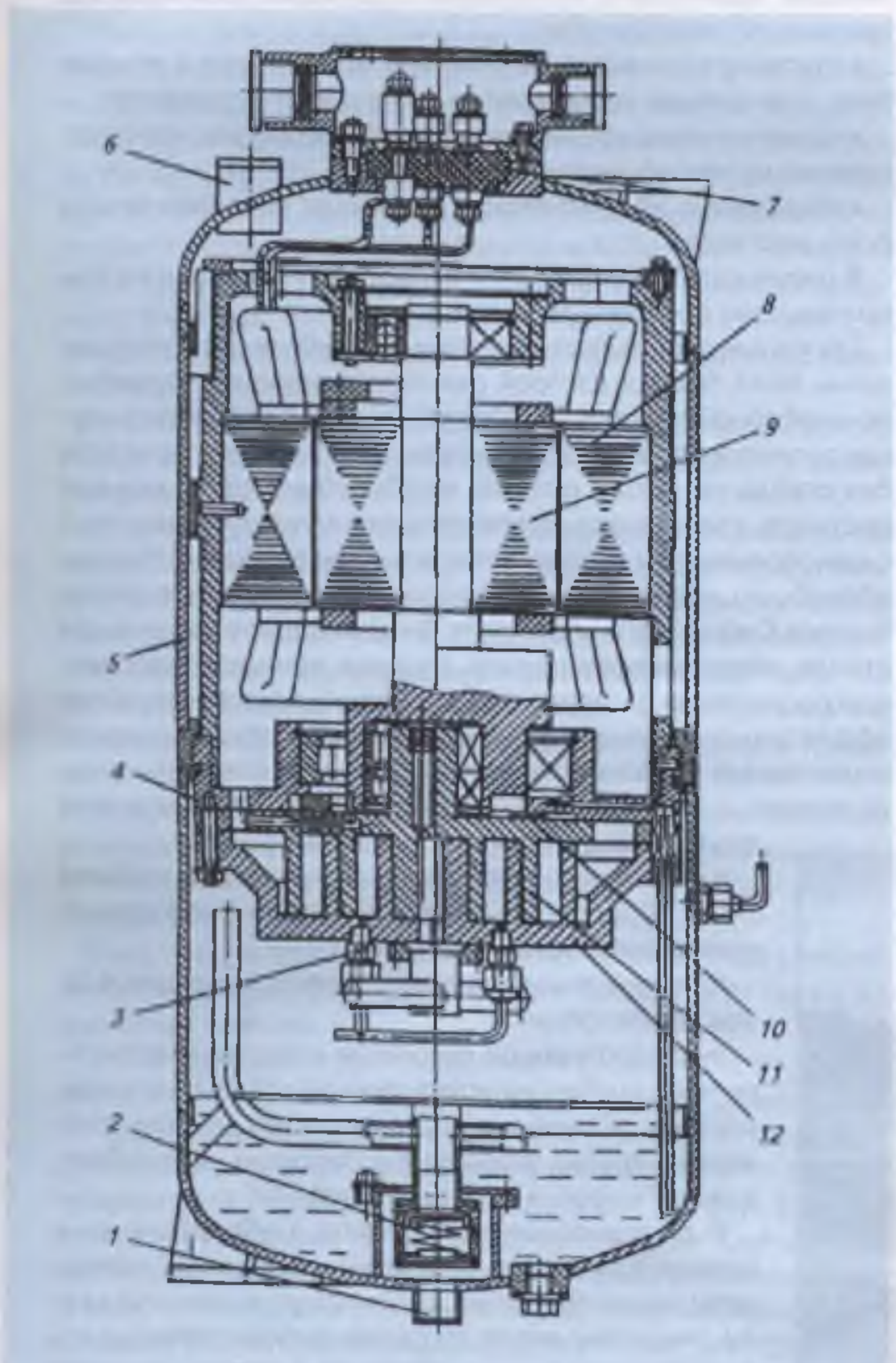


Рис. 2. Спиральный компрессор СК16:
1 – нагнетательный патрубок; 2 – обратный клапан; 3 – коллектор впрыска хладагента; 4 – пяхтавка; 5 – корпус; 6 – всасывающий патрубок; 7 – клемминк; 8 – статор электродвигателя; 9 – ротор; 10 – муфта Ольдгейма; 11 – подвижная спираль; 12 – неподвижная спираль

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АБСОРБЦИОННЫХ БРОМИСТОЛИТИЕВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ МАШИН И ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

Канд. техн. наук **Н.Г.ШМУЙЛОВ**
Лаборатория теплоиспользующих холодильных машин

Более 40 лет абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины успешно применяют в мировой практике для получения охлажденной воды (7 °С). В нашей стране начало внедрению машин этого типа было положено работами кафедры холодильных машин Ленинградского технологического института холодильной промышленности (ныне Санкт-Петербургский государственный университет низкотемпературных и пищевых технологий), где под руководством проф. *Л.М.Розенфельда* был спроектирован опытно-промышленный образец абсорбционной бромистолитиевой холодильной машины проектной производительностью 3 МВт. Испытания данного образца в качестве холодильной машины и теплового насоса, проведенные ЛТИХПом и ВНИИхолодмашем в 1964–1966 гг. на промышленном стенде Черниговского завода искусственного волокна в широком диапазоне температур источников тепла и режимов работы заложили основу для производства машин этого типа в нашей стране.

ВНИИхолодмашем совместно с Институтом теплофизики Сибирского отделения АН, где под руководством проф. *Л.М.Розенфельда* и доц. *М.С.Карнауха* был создан отдел низкотемпературной энергетики, была предложена обширная программа работ, направленных на исследование, проектирование и организацию серийного производства ряда абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин. В результате осуществления этой программы ВНИИхолодмашем и Пензенским заводом химического машиностроения "Пензхиммаш" было освоено серийное производство ряда машин – АБХА-1000, АБХА-2500 и АБХА-5000 холодопроизводительностью соответственно 1100, 3000 и 5800 кВт. Данный ряд машин предназначен для выработки холода при использовании горячей воды при температуре 90...120 °С или пара давлением 0,15 МПа с тепловым коэффициентом 0,7.

Рис. 1. Холодильная станция Белоцерковского завода шин и РАИ

На базе этого ряда разработаны и освоены машины АБХМВ-3000 с двухступенчатой регенерацией раствора для применения греющего пара давлением 0,6 МПа с тепловым коэффициентом 1,1, а также вариант теплового насоса АБХМ3000Т, преобразующего как термотрансформатор теплоту высокого потенциала – пара давлением 0,6 МПа – в теплоту среднего потенциала – горячую воду 70 °С с коэффициентом преобразования 1,7.

Отечественные конструкции машин содержат защищенные авторскими свидетельствами оригинальные решения, выгодно отличающие их от зарубежных аналогов. К этим решениям относятся, например:

- многослойное кипение раствора в генераторе , позволяющее эффективно использовать греющие источники более низкой температуры;
- ступенчатое изменение температуры кипения в испарителе, снижающее необратимые потери в этом процессе;
- применение адиабатно-изобарной абсорбции, что существенно интенсифицирует процесс;
- повышение эффективности защиты от коррозии со стороны раствора.

В результате использования этих решений был значительно повышен технический уровень машин.

Особо следует выделить создание наиболее крупной машины АБХА-5000, в которой реализуется принцип адиабатно-изобарной абсорбции. Абсорбция паров хладагента осуществляется предварительно переохлажденным раствором без отвода теплоты в отличие от абсорбции паров пленкой раствора, стекающего по поверхности теплообменных труб с одновременным отводом теплоты. Адиабатно-изобарную абсорбцию исследовали на созданном в Институте теплофизики Сибирского отделения АН уникальном модельном стенде, позволяющем изучать процесс при мелкодисперсном распылении раствора. Исследование показало высокую эффективность адиабатно-изобарной абсорбции, выявило характерные зависимости и определило перспективы практического использования этого процесса. Преимущества адиабатно-изобарной абсорбции:

- ➢ исключение гидравлических потерь в трубном пучке абсорбера, что дает выигрыш в холодопроизводительности (10–15 %);
- ➢ уменьшение влияния неконденсирующихся газов на абсорбцию;
- ➢ существенное снижение коррозии теплообменных трубок из углеродистой стали в теплообменнике абсорбера благодаря тому, что теплообменная трубка затоплена в растворе, а не расположена в парожидкостной фазе.

В доперестроечный период в абсорбционных бромистолитиевых холодильных машинах применяли теплообменные трубки из углеродистой стали, защищаемые от коррозии ингибиторами, в отличие от зарубежных образцов с медными и медно-никелевыми трубками. Использование трубок из углеродистой стали в период жесткой экономии дефицитных материалов открыло широкую перспективу для внедрения абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин в различные отрас-

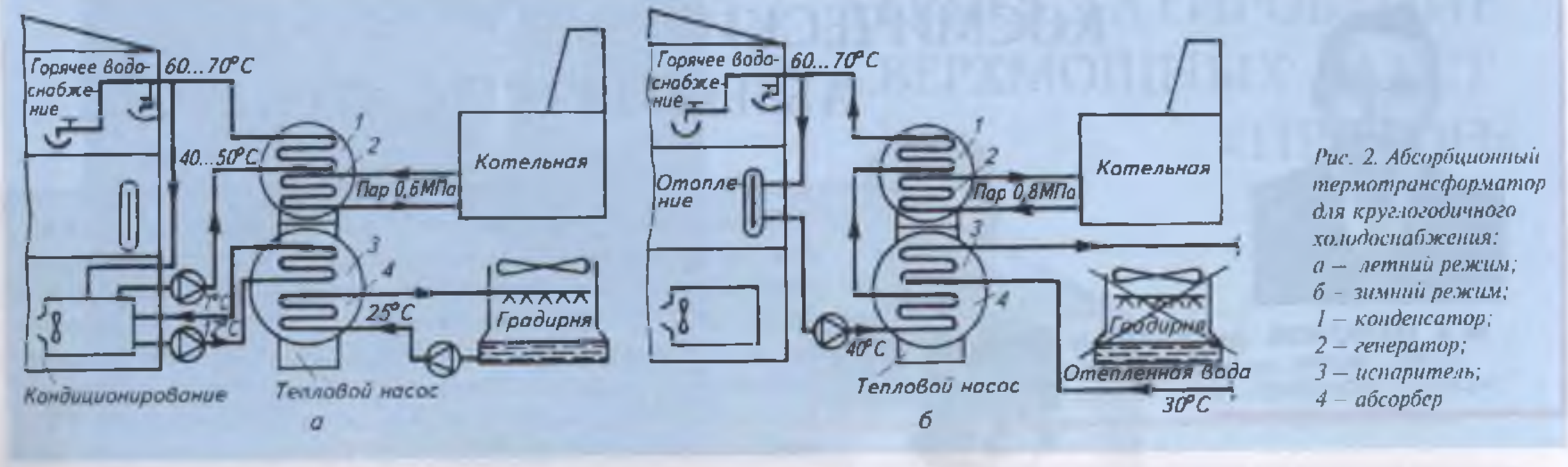


Рис. 2. Абсорбционный термотрансформатор для круглогодичного холодоснабжения:
а – летний режим;
б – зимний режим;
1 – конденсатор;
2 – генератор;
3 – испаритель;
4 – абсорбер

ли народного хозяйства. Некоторое снижение срока службы машин (до 8–10 лет) в связи с коррозией компенсировалось более низкими капитальными затратами.

Внедрение абсорбционных бромистолитиевых машин ориентировалось на развивающиеся отрасли, в которых условия тепло- и водообеспечения соответствовали предъявляемым требованиям и где применение таких машин экономически целесообразно.

Наибольшее распространение абсорбционные бромистолитиевые машины получили в нефтехимической промышленности, главным образом на предприятиях шинных и резинотехнических изделий. Эти предприятия активно развивались особенно в 70–80-е годы и были крупными потребителями как теплоты ТЭЦ, так и охлажденной воды, расходуемой на нужды технологии. Из 150 машин типа АБХА-2500, выпущенных в тот период, около 40 % работало в составе холодильных станций на таких предприятиях, как Омский шинный, Белоцерковский завод шин и РАИ, Белорусский шинный, Нижнекамский шинный и др.

На рис. 1 показана холодильная станция Белоцерковского завода шин и РАИ с машинами АБХА-2500 общей холодопроизводительностью 15 МВт.

Использование теплоты ТЭЦ для работы абсорбционных машин на этих предприятиях в неотопительный период способствовало рациональному применению тепловых отборов и экономии топлива при комбинированной выработке электроэнергии. Так, одна машина АБХА-2500, кроме того, что она высвобождала за сезон 3 млн кВт·ч электроэнергии, позволяла получить экономию около 500 т условного топлива.

Это обстоятельство послужило основанием для введения льготного тарифа на теплоту, отпускаемую ТЭЦ для выработки холода на базе абсорбционных бромистолитиевых машин. Скидка составляла около 25 % действующего тарифа.

В настоящее время использование теплоты ТЭЦ в неотопительный период для работы таких машин дает такую же экономию топлива.

В последующие годы с развитием предприятий электронной и радиопромышленности абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины получили широкое распространение в системах кондиционирования воздуха данных предприятий, находящихся в Ленинграде, Минске, Ташкенте и других городах. На объектах химической промышленности такие машины использовали главным образом теплоту вторичных энергоресурсов (заводы стекловолокна в Полоцке и Гусь-Хрустальном, завод "Карболит" в г. Орехово-Зуево и т. д.). Из других характерных отраслей, где холодоснабжение осуществлялось с помощью абсорбционных бромистолитиевых машин, следует выделить предприятия энергетики (Смоленская АЭС, Игналинская АЭС), легкой промышленности (Шахтинский хлопчатобумажный комбинат, Тираспольский хлопчатобумажный комбинат и др.).

Всего за период до 90-х годов было выпущено около 500 абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин и их модификаций.

С начала 90-х годов ОАО "ВНИИхолодмаш-Холдинг" совместно с ОАО "Пензхиммаш" создало новое поколение абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин и их модификаций для работы в режимах теплового насоса. Внедрение на основе 30-летнего опыта новых конструктивных и технологических решений, применение коррозиестойких материалов для теплообменных поверхностей позволило создать машины повышенной надежности, значительно меньшей массы и габаритных размеров, удвоить срок службы. Наряду с наиболее широко применяемыми образцами АБХМ-1000 и АБХМ-3000 по заявкам заказчиков могут быть изготовлены и поставлены в течение 8–10 мес другие типоразмеры машин холодопроизводительностью от 300 до 6000 кВт.

В настоящее время абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины нового поколения внедряются на предприятиях металлургии и нефтехимии для работы в режиме холодильной машины или теплового насоса.

Абсорбционная бромистолитиевая холодильная машина как термотрансформатор, используя в качестве хладагента воду, является наиболее экологически чистым, взрывопожаробезопасным оборудованием. Потребителями теплоты, вырабатываемой абсорбционными тепловыми насосами, могут быть любые системы отопления и горячего водоснабжения жилых комплексов (без ограничения) и промышленные производства. Вариант схемы работы абсорбционного термотрансформатора для круглогодичного холодотеплоснабжения представлен на рис. 2.

Созданию и внедрению абсорбционных бромистолитиевых холодильных машин способствовали многие крупные ученые и талантливые инженеры. Значительное внимание этой проблеме уделяли проф. *А.В.Быков*, проф. *И.М.Калнинь*, *И.К.Савицкий*. Большой вклад внесен бывшим начальником проектного отдела *Т.В.Гоголиной*, а также сотрудниками отдела теплоиспользующих машин *Г.И.Сынковой*, *Ю.А.Вольных* и многими другими.

Разработки и исследования абсорбционных машин осуществлялись в содружестве с кафедрой холодильных машин СПбГУНиПТ. Результаты работ, выполненных под руководством проф. *А.В.Бараненко* и проф. *Л.С.Тимофеевского* по исследованию действительных процессов в машинах, подбору новых рабочих веществ, созданию эффективных поверхностно-активных веществ и ингибиторов коррозии, выбору наиболее эффективных схемных и конструктивных решений аппаратов машин, были внедрены на практике.

Много труда вложили в организацию серийного производства машин технический директор ОАО "Пензхиммаш" *Б.С.Зац*, а также начальники КБ завода *Г.В.Голубинский* и *Н.С.Шаблий*.

КОСМИЧЕСКИЕ АББРЕВИАТУРЫ ХОЛОДА

М.А. МАРКАНОВ
Отдел систем термостатирования

*Главный конструктор проекта **Н.И.Ильина** работает в институте со дня его основания, пройдя путь от молодого специалиста до начальника отдела, которым руководила более 35 лет. Эта обаятельная женщина благодаря своим высоким профессиональным и человеческим качествам имеет огромный авторитет среди многочисленных заказчиков, производителей систем, монтажников и эксплуатационников. Разработанные под ее руководством более 40 различных систем термостатирования, стационарных и подвижных, воздушных и жидкостных, для космических ракет и стартовых комплексов практически не имеют отказов и работают по 20 и более лет. И сегодня Н.И.Ильина полна новаторских идей, энергична и своим энтузиазмом вдохновляет всех сотрудников отдела.*

Одно из крупных подразделений ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» – отдел систем термостатирования (ранее отдел вакуумных установок, отдел холодильных установок специального назначения), деятельность которого в течение нескольких десятилетий связана с космической техникой.

В конце 50-х годов институту была поручена разработка установок термостатирования, применяемых в наземных комплексах подготовки космических аппаратов. Для первых космических ракет проектировались термочехлы, предохранявшие стартовое оборудование от переохлаждения в холодные зимы и одновременно защищавшие от пыли и атмосферных осадков. Развитие ракетно-космической техники обусловило рост потребности в более совершенных системах термостатирования для наземных комплексов космодромов «Байконур», «Капустин Яр» и «Плесецк». Создание комплексов было возложено на отдел холодильных установок специального назначения ВНИИхолодмаша, ставшего головным по данному направлению. В те годы в отделе, руководимом *Н.И.Ильиной*, сложился коллектив высококлассных специалистов, выпускников МВТУ им. Н.Э.Баумана, среди которых были *В.С.Микулина*, *В.И. Скачков*, *Э.В.Шумова* и многие другие.

В 1962 г. по техническому заданию конструкторского бюро общего машиностроения, руководимого *В.П.Барминым*, началась разработка воздушной системы обеспечения температурного режима (ВСОТР) для космодрома «Байконур». Эта холодильно-нагревательная установка с индексом 8Г332 предназначалась для подачи в объект 6000 м³/ч воздуха при температуре от –10 до +50 °С и автоматического поддержания любого режима в данном диапазоне при изменении температуры окружающего воздуха от –40 до +50 °С.

В ВСОТР применялось наиболее эффективное и надежное для своего времени холодильное оборудование на базе поршневых холодильных компрессоров Читинского машиностроительного завода, а сама система поставлялась заводом «Красный Факел», впоследствии ставшим экспериментальной производственной базой ВНИИхолодмаша.

ВСОТР обеспечивал три режима. Атмосферный воздух при температуре выше требуемой для подачи в объект прокачивается через фильтр вентилятором, освобождаясь от механической пыли, и поступает в воздухоохладители, где охлаждается до заданной температуры точки росы, осушается путем осаждения избыточной влаги, а затем проходит в электронагреватели для подогрева до заданной температуры.

При температуре окружающей среды ниже требуемой ВСОТР работает в режиме нагрева, подавая в объект очищенный воздух. При этом холодильные машины не включаются. При температуре окружающего воздуха, совпадающей с требуемой в объекте, ВСОТР работает в режиме вентиляции, когда не задействованы холодильные машины и электронагреватели.

Управление работой ВСОТР в период подготовки объекта к пуску осуществляется системой автоматического управления, созданной в специализированном отделе института под непосредственным техническим руководством *В.С.Щербакова* при участии *Е.С.Питонова*, *И.Г.Белова* и многих других.

Соединение с ракетой воздуховодов, проложенных по колоннам и фермам агрегатов обслуживания стартового комплекса, первоначально осуществлялось вручную. По мере совершенствования стартового комплекса в целях повышения безопасности боевого расчета были разработаны узлы стыковки, позволившие осуществлять данный процесс без участия человека, ходом колонн агрегатов обслуживания.

С развитием космических программ ужесточались требования к качеству подаваемого в ракету воздуха по чистоте, влажности, температуре и точности поддержания заданных параметров. В соответствии с этими требованиями совершенствовалась и ВСОТР.

ВСОТР обеспечила успешные запуски нескольких поколений отечественных космических аппаратов, таких как «Космос», «Союз», «Прогресс».

ТЕРМОСТАТИРОВАНИЕ СВЕРХМОЩНЫХ РАКЕТ «ПРОТОН»

И.Г.ГЛАДКИЙ
Отдел сервисного обслуживания холодильных установок

В 1962 г. было положено начало проектированию ракетного комплекса ракеты-носителя тяжелого класса УР-500, позже получившей название «Протон», а также стартового и технического комплексов для нее. Первоначально ракета разрабатывалась не только как космическая, но и как мощная боевая баллистическая ракета в двухступенчатом варианте. Однако задание было вскоре изменено и ракета «Протон» была создана исключительно как носитель космических аппаратов в трехступенчатом варианте. Одновременно была разработана, изготовлена и смонтирована первая система 8Г212 для термостатирования компонентов топлива.

Первой научно-исследовательской станцией, успешно выведенной 16 июля 1965 г. в космическое пространство при помощи ракеты-носителя «Протон» (8К82), был тяжелый спутник «Протон-1», предназначенный для многостороннего изучения космического пространства.

Вслед за ним последовали запуски нескольких аналогичных ИСЗ: 2 ноября 1965 г. – «Протона-2»; 6 июля 1966 г. – «Протона-3». 10 марта 1967 г. был произведен первый пуск «Протона» в двухступенчатом варианте с доработанного стартового комплекса РН УР-500К, обеспечивший вывод на орбиту космического корабля «Космос-146».

Под новую мощную ракету-носитель «Протон» на космодроме потребовалось создать уникальные стартовый и технический комплексы. В проектировании холодильных центров активное участие принимал отдел, руководимый *Н.И.Ильиной*. Все работы по подготовке ракет к пуску на старте производились с участием специалистов ВНИИхолодмаша, обеспечивавших работоспособность систем термостатирования. Значительная часть оборудования системы термостатирования размещена на подвижном агрегате и обеспечивает стыковку холодильного центра с подвижным агрегатом и стыковку системы термостатирования с разгонным блоком.

Стартовые комплексы, разработанные конструкторским бюро общего назначения под руководством академика *В.П.Бармина*, в процессе освоения неоднократно дорабатывались, а исходя из новых требований ВНИИхолодмашем дорабатывались и системы термостатирования.

Все основные процессы подготовки к пуску, в том числе пристыковка коммуникаций, заправка компонентами топлива, газоснабжение, термостатирование, газовый контроль, слив компонентов топлива в случае несостоявшегося пуска, осуществлялись на стартовом

Кроме ВСОТР отделом велась разработка жидкостной системы обеспечения температурного режима (ЖСОТР), получившей индекс 17Г35, которая предназначалась для подачи в объект жидкого хладоносителя при температуре – 5...+50 °С. Управление работой ЖСОТР автоматическое на всех этапах подготовки объекта к пуску.

С целью повышения надежности системы практически все оборудование дублировано. Трубопроводы, соединяющие составные части ЖСОТР, выполнены из коррозионностойкой стали. Многие технологические операции, обеспечивающие подготовку к пуску, осуществляются автоматически по команде из центрального командного пункта, расположенного на безопасном расстоянии от стартового комплекса.

Для ЖСОТР потребовалось создание специальной холодильной машины на базе многоцилиндрового компрессора холодопроизводительностью 25 кВт в стандартном режиме со встроенным электродвигателем.

Схемные решения машины позволяют подавать различные хладоносители в четырех температурных диапазонах +5...–25 °С. Это дает возможность использовать ее не только для стационарной ЖСОТР, но и в ряде других систем, созданных ВНИИхолодмашем для различных космических стартовых комплексов, в том числе по программе «Энергия-Буран».

В кратком обзоре невозможно перечислить все разработки систем термостатирования, для которых тепловые расчеты и схемы выполняли *И.А.Щербакова, В.И.Комарова, И.Б.Левицкий*. Агрегаты различной сложности, аппараты и нестандартное оборудование конструировали *А.И.Попоудин, В.П.Третьяков*. Проектные решения принимались *Л.А.Ровинской, В.В.Баскаковой, И.А.Голодковой*. В испытаниях, в том числе и на объектах, принимали участие *А.П.Безуглый, В.А.Громов, Д.Н.Муравьев, В.В.Савельев* и многие другие.

Именно благодаря им созданы всевозможные системы и агрегаты термостатирования, вобравшие в себя самые последние достижения холодильной техники и смежных областей. ВСОТР и ЖСОТР после проведения в 1996–1999 гг. необходимой модернизации и сегодня обеспечивают запуски всех космических аппаратов, стартующих с российских космодромов.

Миколаївська державна
ОБЛАСНА НАУКОВА БІБЛІОТЕКА
ім. О. Гмирьова

комплексе в автоматическом режиме или дистанционно, без непосредственного участия людей на старте.

В 1974 г. был произведен первый запуск спутника «Космос-637» на стационарную околоземную орбиту, который обеспечивали уже три системы термостатирования:

- компонентов топлива ракеты (окислителя и горючего) – 8Г212;
- аппаратуры разгонного блока – 11Г323;
- космического аппарата – 11Г332.

Время проведения всех стартовых операций по подготовке ракеты-носителя «Протон» к запуску на стартовом комплексе составило 5–6 сут, в течение которых системы термостатирования обеспечивали требуемые температурные режимы по качественным и количественным параметрам.

В 1978 г. на космодроме «Байконур» был введен в эксплуатацию второй стартовый комплекс с двумя пусковыми установками для запусков ракеты-носителя «Протон». Системы термостатирования комплекса были разработаны при непосредственном участии ВНИИхолодмаша и изготовлены на московском заводе «Компрессор».

Создание нового стартового комплекса было обусловлено прежде всего необходимостью освоения и использования геостационарной орбиты Земли для развития космической связи и непосредственного телевизионного вещания из космоса, а также требованиями повышения обороноспособности страны.

По состоянию на 1999 г. с этих двух стартовых комплексов осуществлено более 260 успешных запусков ракеты-носителя «Протон» с космическими аппаратами различного назначения – долговременными орбитальными станциями «Салют» и «Мир», «Квант», «Квант-2», «Кристалл», «Спектр», спутниками телевидения, связи, а также космическими аппаратами для исследования дальнего космоса – Луны, Марса, Венеры.

Требования к системе 11Г323 по термостатированию потребителей

Параметры	Потребители		
	Панамсат-5, Азиасат-3, Астра-2А	Иридиум	
		Общее термостатирование	Термостатирование АБ
Рабочее тело	Воздух	Воздух	Воздух
Параметры воздуха: температура, °С погрешность расход, м³/ч	0...40 ±2 5000...15000	10...30 ±2 10000	10,5 ±2 600 кг/ч
Время прекращения термостатирования перед пуском, мин	90	90	90
Время восстановления термостатирования после отмены пуска, мин	120	120	120
Относительная влажность воздуха при 10 °С на входе в КГЧ, %	Не более 50	50	30...50
Максимально допустимое количество механических загрязнений в воздухе на входе в КГЧ: размером 0,5 мкм, шт/л размером 5 мкм, шт/л	3000 20	3000 20	3000 20
Число БРС подачи воздуха, шт.	1	1	1
Отметка площади обслуживания БРС, мм	38300	38300	43850

С середины 90-х годов с этих стартовых комплексов начались коммерческие запуски, обеспечивающие выполнение различных технических программ разных стран. Под коммерческие запуски в зависимости от требований заказчика системы термостатирования «Протон» постоянно дорабатывались. Значительные доработки были проведены под программу «Иридиум», в частности, была предусмотрена автономная система термостатирования 11Г323 подачи охлажденного воздуха (см. таблицу).

Более чем 30-летняя эксплуатация этих комплексов подтвердила правильность принятых конструкторских решений и долговечность их работы. Все эти годы системы термостатирования успешно обеспечивали работоспособность стартов.

По мнению отечественных и зарубежных специалистов, ракета-носитель «Протон» и наземное оборудование до настоящего времени являются одними из самых надежных в мире. Это подтвердилось и двумя запусками, осуществленными в начале июля 2000 г. Особое место занимает успешный запуск космического корабля «Заря» 12 июля 2000 г.

ПРОДУКЦИЯ МОСКОВСКОГО ЗАВОДА "КОМПРЕССОР"*

Канд. техн. наук **М.А.СИЛЬМАН**

КОМПРЕССОРНО-КОНДЕНСАТОРНЫЕ АГРЕГАТЫ

Компрессорно-конденсаторные агрегаты предназначены для работы в качестве генераторов холода в составе холодильных установок с системами непосредственного охлаждения.

Заводом серийно выпускаются аммиачные компрессорно-конденсаторные агрегаты трех типоразмеров: 2АК110-7-2, 3АК110-7-2 и 21АК280-7-3, характеристики которых приведены в табл. 1, а компоновочный чертеж – на рис.1.

Все агрегаты оснащаются системами автоматического управления, регулирования, защиты и сигнализации.

Поскольку компрессорно-конденсаторный агрегат представляет собой компрессионную холодильную машину, из состава которой исключен испаритель, номенклатура таких агрегатов не ограничивается тремя указанными выше марками. Потребитель имеет возможность выбрать и заказать любую из выпускаемых заводом компрессионных холодильных машин (как аммиачных, так и фреоновых) *без испарителя* и получить, таким образом, компрессорно-конденсаторный агрегат с требуемыми показателями по холодопроизводительности, температурному режиму, марке хладагента (R717 или R22) и др.

Оборудование, входящее в состав компрессорно-конденсаторных агрегатов, удовлетворяет действующим нормативным документам. Все выпускаемые заводом компрессорно-конденсаторные агрегаты сертифицированы в системе ГОСТ Р Сертификационным Центром НП "СЦ НАСТХОЛ". Сертификат соответствия № РОСС.RU.АЯ45.В00896 от 29.01.99.

* Продолжение. Начало см. ХТ № 7 и 8, 2000.

Таблица 1

Технические характеристики компрессорно-конденсаторных агрегатов

Показатель	Марка агрегата (компрессора)		
	2АК110-7-2 (2П110)	3АК110-7-2 (2П110)	21АК280-7-3 (ВХ280)
Номинальный режим:			
холодопроизводительность Q_0, кВт	138	92	295
температура кипения t_0, °С	–15	–15	–15
температура охлаждающей воды перед конденсатором t_{w1}, °С	25	25	25
Расход охлаждающей воды, м³/ч	26	17	50
Мощность электродвигателя, кВт	55	37	132
Частота вращения, с⁻¹ (об/мин)	25(1500)	16,6(1000)	50(3000)
Регулирование	Д		П40
Габаритные размеры, мм:			
длина L	3300		3560
ширина B	1100		1400
высота H	1800		2300
Масса, кг	2750		4100

Обозначения: Д – двухпозиционное (пуском-остановом).
П40 – плавное 100...40 %.

ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ

Заводом выпускаются тепловые насосы двух типоразмеров: НТ280-4-9-08 и НТ410-4-9-08 на базе винтовых компрессоров соответственно ВХ280 и ВХ410. Они предназначены для получения горячей воды (в конденсаторе) за счет теплоты, отбираемой в испарителе от низкопотенциального источника (теплоносителя).

В качестве хладагента используется R142b, представляющий собой нетоксичное, взрывобезопасное вещество.

Для этих тепловых насосов принято такое же двухагрегатное компоновочное решение, как и для комплексных холодильных машин (см. ХТ № 8/2000). Они состоят из компрессорного и испарительно-конденсаторного агрегатов (рис. 2).

Каждый тепловой насос оснащен системой управления, обеспечивающей его автоматический пуск-останов, все виды защит от аварийных ситуаций, контроль основных параметров и сигнализацию при отклонении их от заданных значений, а также автоматическое регулирование теплопроизводительности.

Технические характеристики выпускаемых тепловых насосов приведены в табл. 2. Диапазон работы насосов по температуре теплоносителя на входе в испаритель t_{s1} = 20...50 °С, а по температуре воды на выходе из конденсатора t_{w2} = 50...70 °С.

На рис.3 показаны графики зависимости теплопроизводительности Q_1, холодопроизводительности Q_0 и потребляемой мощности N_e от температур теплоносителя на входе в

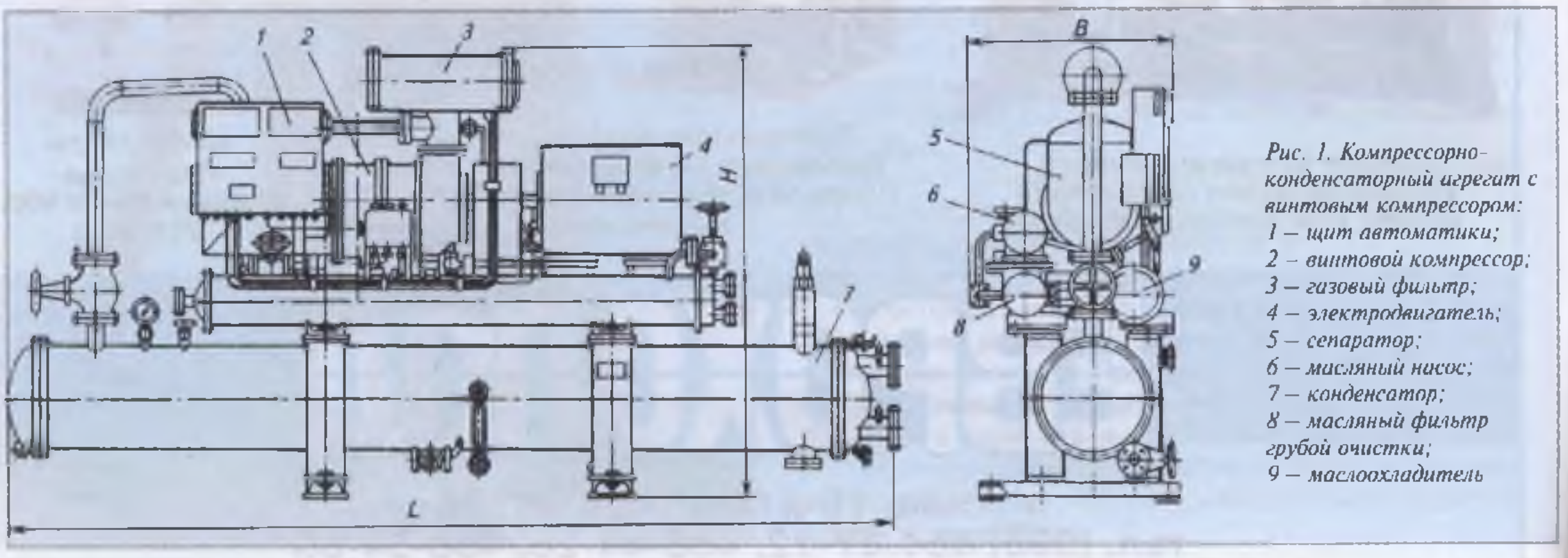


Рис. 1. Компрессорно-конденсаторный агрегат с винтовым компрессором:
1 – щит автоматики;
2 – винтовой компрессор;
3 – газовый фильтр;
4 – электродвигатель;
5 – сепаратор;
6 – масляный насос;
7 – конденсатор;
8 – масляный фильтр грубой очистки;
9 – маслоохладитель

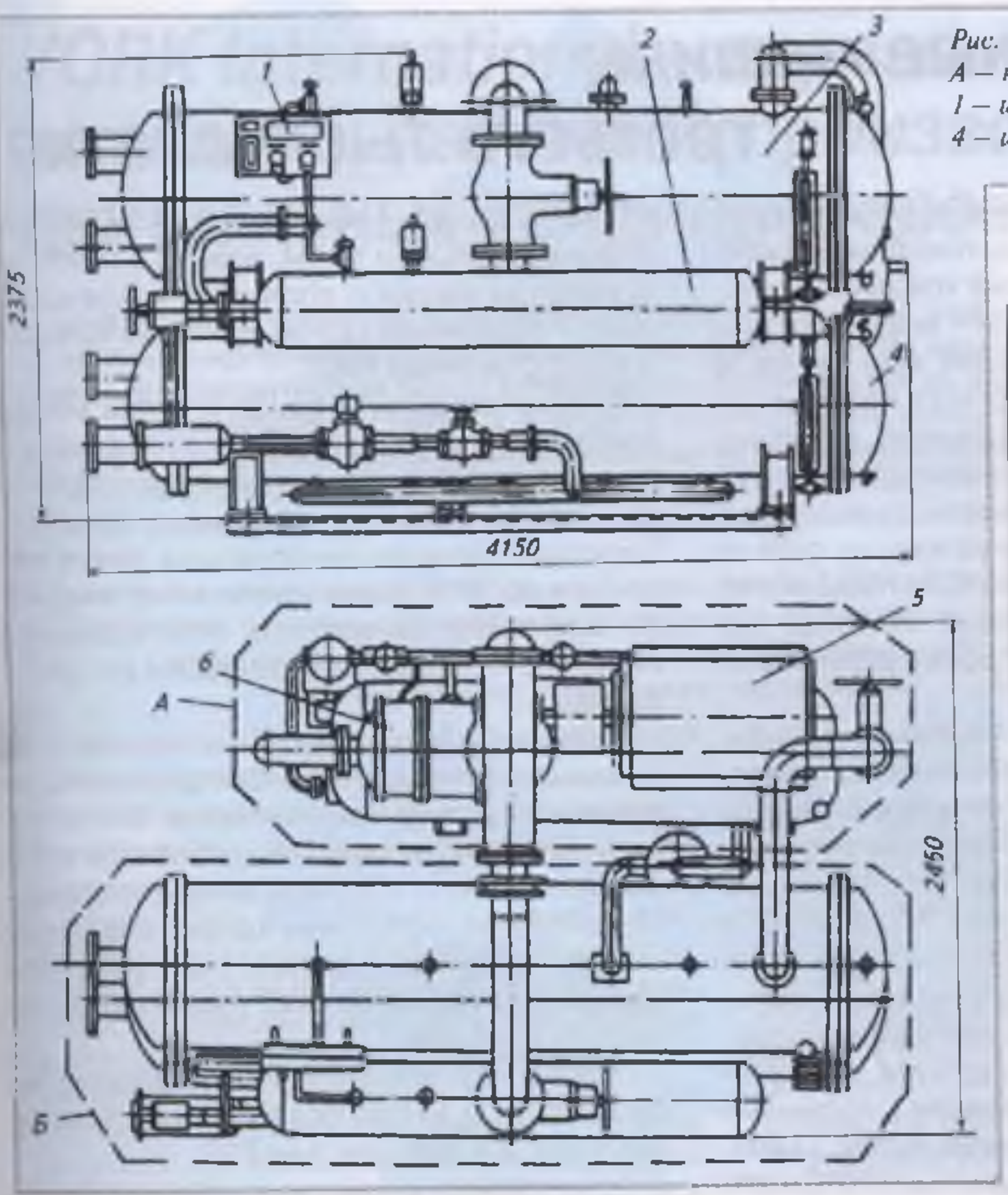


Рис. 2. Тепловой насос НТ410-4-9-08:
А – компрессорный агрегат; Б – испарительно-конденсаторный агрегат;
1 – щит автоматики; 2 – теплообменник; 3 – конденсатор;
4 – испаритель; 5 – электродвигатель; 6 – винтовой компрессор

Таблица 2

Технические характеристики тепловых насосов

Показатель	Марка теплового насоса	
	НТ280-4-9-08	НТ410-4-9-08
Номинальный режим:		
теплопроизводительность, $Q_т$, кВт	370	520
холодопроизводительность Q_0, кВт	310	440
температура теплоносителя на входе в испаритель t_{s1}, °С	35	35
температура воды на выходе из конденсатора t_{w2}, °С	52	52
потребляемая мощность $N_э$, кВт	80	112
Расход теплоносителя через испаритель, м³/ч	60	85
Расход воды через конденсатор, м³/ч	70	100
Мощность электродвигателя, кВт	132	200
Частота вращения, с⁻¹ (об/мин)	50 (3000)	
Регулирование	П40	
Габаритные размеры, мм:		
длина L	3615	4150
ширина B	2300	2450
высота H	2040	2375
Масса, кг	6750	9145

Обозначение: П40 – плавное 100...40 %.

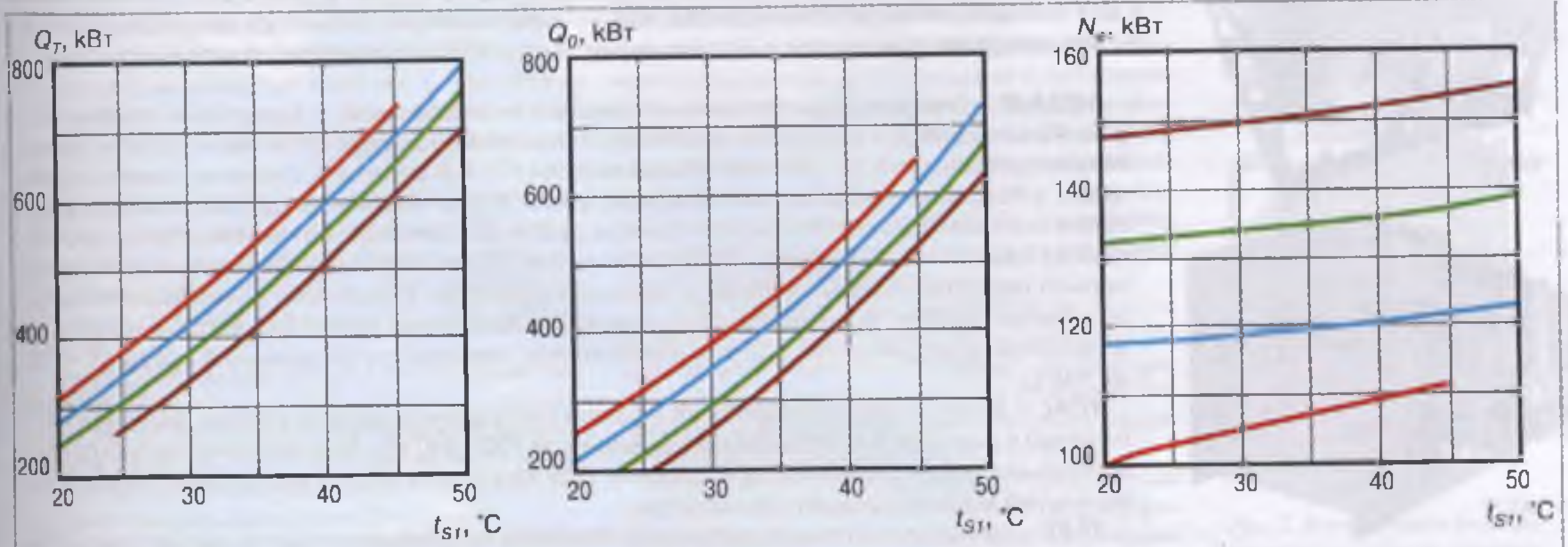


Рис. 3. Зависимость теплопроизводительности $Q_т$, холодопроизводительности Q_0 и потребляемой мощности $N_э$ теплового насоса НТ410-4-9-08 от температуры теплоносителя на входе в испаритель t_{s1} и температуры нагретой воды на выходе из конденсатора t_{w2}:
— $t_{w2} = 50$ °С; — $t_{w2} = 55$ °С; — $t_{w2} = 60$ °С; — $t_{w2} = 65$ °С

испаритель t_{s1} и нагретой воды на выходе из конденсатора t_{w2} насоса НТ410-4-9-08. Для ориентировочного определения $Q_т$, Q_0 и $N_э$ теплового насоса НТ280-4-9-08 следует соответствующие значения этих параметров для насоса НТ410-4-9-08, полученные из графиков (см. рис.3), умножить на 0,7.

При желанию заказчика тепловые насосы могут быть выполнены на базе любых освоенных производством компрессоров. Для других условий эксплуатации (в частности, для иных источников низкопотенциальной теплоты) завод может разработать такие насосы по согласованному техническому заданию и поставить их потребителю.

Тепловые насосы НТ280-4-9-08 и НТ410-4-9-08 сертифицированы в системе ГОСТ Р. Сертификат соответствия № РОСС.RU.АЯ45.В00903 от 29.01.99.

Для получения более подробной информации по конкретным видам и типоразмерам выпускаемой продукции следует обращаться непосредственно на завод.

Адрес: 111024, Москва, 2-я ул. Энтузиастов, д. 5.
Заместитель директора по производству – тел. 273-5630, факс 273-1179.
Отдел сбыта – тел.273-5741, тел./факс 273-3730.
Группа маркетинга – тел. 273-3373, факс 273 3730.
Конструкторский отдел – тел.: 273-3313, 273-5817, тел./факс 273-5197.
Отдел сервисного обслуживания – тел./факс 273-1448.

(Продолжение следует)

YORK®

Холодильные машины третьего тысячелетия

YCAA-B

YCAL

YASX

YCAS F

YCWS

YK

Корпорация YORK International встречает третье тысячелетие новым подходом к работе на рынке производителей холодильных машин. Суть этого подхода – максимальное удовлетворение требований заказчиков за счет в первую очередь широкого ассортимента производимого оборудования, его высочайшего качества, надежности и эффективности. Продолжая производство холодильных машин, отлично зарекомендовавших себя на рынке, таких как поршневые YCAJ/YDAJ, YCAM, винтовые – YS, абсорбционные – YIA, YPC, корпорация с 2000 г. начала производство новой продукции.

Отличительной особенностью ассортимента оборудования YORK является разнообразие типов холодильных машин, предлагаемых заказчикам для конкретной заданной холодопроизводительности. К примеру, для холодопроизводительности 240 кВт YORK International может предложить 3 типа холодильных машин с воздушными конденсаторами – YCAL со спиральными компрессорами, YCAS'F – с винтовыми и YCAM – с поршневыми, а также 5 типов машин с водяными конденсаторами – поршневые YCWM, LCHM, винтовые YCWS и абсорбционные YMPC и YIA; а для холодопроизводительности 500 кВт – 4 типа холодильных машин с воздушными конденсаторами – винтовые YCAS'F и YASX, поршневые YCAJ и YCAM, а также 5 типов холодильных машин с водяными конденсаторами – поршневые LCHM, винтовые YCWS, YS и абсорбционные YIA.

Каждый из производимых типов машин имеет свои отличительные особенности, дающие ему преимущество перед остальными – как то: низкий уровень шума, малые габаритные размеры, высочайшая эффективность и др. Благодаря этому заказчики имеют возможность выбрать оборудование, идеально соответствующее всем их требованиям.

Большинство холодильных машин YORK оснащается стандартным ISN (Сеть интегрированных систем) контроллером. Это позволяет объединить управление работой холодильной машины с единой автоматизированной системой управления здания, а также согласовать и оптимизировать работу нескольких машин, установленных параллельно или последовательно.

Практически все холодильные машины выпускаются как на озонобезопасных хладагентах R407c и R134a, так и на R22.

Остановимся на некоторых новых холодильных машинах, производство которых корпорация YORK International начала в этом году.

YCAA-B – двухконтурная холодильная машина/тепловой насос с воздушным конденсатором. Производится 8 моделей в диапазоне холодопроизводительности 45...170 кВт и теплопроизводительности 50...200 кВт. Малые модели YCAA-B оснащены герметичными поршневыми, а большие – спиральными компрессорами. В комплекте с холодильной машиной как опция поставляется выполненный в едином дизайне с ней гидравлический модуль, состоящий из буферного накопительного бака емкостью 300 или 500 л, стандартной или высоконапорной насосной группы, фильтра и запорной арматуры. Основными преимуществами холодильной машины YCAA-B являются низкий уровень шума, малые габаритные размеры и возможность работы в стандартном варианте при температуре окружающей среды от –18°C до +46°C.

YCAL – двухконтурная холодильная машина с воздушным конденсатором. Выпускается 7 моделей в диапазоне холодопроизводительности 130...240 кВт. Машины комплектуются герметичными спиральными компрессорами. Для этого типа машин характерны низкий уровень шума и малые габаритные размеры.

YASX – суперкомпактная двухконтурная винтовая холодильная машина с воздушным конденсатором. Производится 8 моделей в диапазоне холодопроизводительности 250...505 кВт на базе винтовых полугерметичных компрессоров. Отличительная особенность этого типа машин – уникальные малые габаритные размеры, что дает неоспоримое преимущество перед аналогичной продукцией других фирм-производителей. Например, модель холодопроизводительностью 500 кВт имеет габаритные размеры (длина х ширина) 3081 х 2381 мм.

YCAS'F – винтовая холодильная машина с воздушным конденсатором. Оснащена винтовыми полугерметичными компрессорами. Выпускается 18 моделей на R407C и 17 моделей на R22 в диапазоне холодопроизводительности 240...1200 кВт. YCAS'F имеет самый высокий в отрасли для машин этого класса холодильный коэффициент.

YCWS – водоохлаждаемая холодильная машина. Производится 5 моделей в диапазоне холодопроизводительности 300...600 кВт. В составе каждой модели два полугерметичных винтовых компрессора с плавным регулированием холодопроизводительности от 10 до 100 %.

YK – водоохлаждаемая центробежная холодильная машина с открытоприводным центробежным компрессором. Плавное регулирование холодопроизводительности в диапазоне от 10 до 100% осуществляется с помощью турбомодулятора – специального электронного блока управления приводом компрессора и механизма поворота лопаток входного направляющего аппарата. Применение турбомодулятора обеспечивает небывалую эффективность при работе машины с неполной нагрузкой, при этом холодильный коэффициент может достигать значения 17,5, что позволяет заказчикам экономить огромное количество электроэнергии.

YORK International 121170, Москва, Поклонная, 14.
Тел.: (095) 232-68-07. Факс: (095) 232-66-61. E-mail: sales@york.com.ru

YORK International – первая иностранная компания, начавшая производство в России центральных кондиционеров

В конце августа 2000 г. корпорация YORK International открыла в Зеленограде (Москва) завод по производству центральных кондиционеров. На первоначальном этапе сборка их будет производиться из 100 % импортных комплектующих по лицензии завода центральных кондиционеров "YORK" в Италии. В последующие несколько лет согласно программе развития производства предполагается переход на комплектующие российского производства. Установки центрального кондиционирования воздуха YORK соответствуют самому высокому стандарту качества и могут быть использованы в любой конфигурации для самых различных целей.

Уникальная компьютерная программа позволяет выполнить оптимальный подбор основных элементов, отвечающих конкретным условиям применения, при минимальной стоимости, учесть специальные требования и условия работы установки, а также получить всю необходимую техническую информацию и сертифицированные графики.

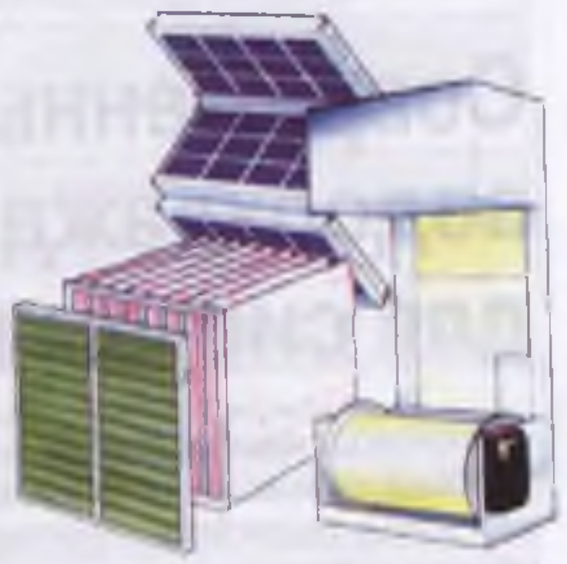


Рис. 1. Фильтр типа «HEPA»

Установки кондиционирования воздуха выпускаются с широким набором комплектующих элементов в полностью герметичном теплоизолированном корпусе, что обеспечивает отличные акустические характеристики.

Рама корпуса изготовлена из легкого, коррозионностойкого сплава алюминия. Панели стандартного исполнения толщиной 30 или 60 мм с двойным наружным покрытием из оцинкованной стали наполнены теплоизоляцией из полиуретановой пены. По желанию заказчика могут быть поставлены стальные окрашенные или пластифицированные панели, панели из нержавеющей стали или из алюминиевого сплава. С помощью дверей или полностью съемных люков обеспечивается свободный доступ к элементам, требующим проведения регулярного технического обслуживания и проверки. При необходимости любая панель может быть легко демонтирована.

Для удобства транспортировки установка может быть разделена на несколько секций, которые впоследствии будут смонтированы на объекте. Герметичность установки обеспечивают уплотнения по всему периметру контакта каждой секции.

Конструкция фильтровальных секций обеспечивает простоту извлечения фильтрующих элементов и рассчитана на любой тип первичных или вторичных фильтров. Могут быть поставлены гофрированные панельные, мешочные, рулонные или абсолютные фильтры типа «HEPA» (рис. 1).

Камера орошения (рис. 2) в стандартном исполнении представляет собой систему нейлоновых труб с самоочищающимися регулируемыми насадками-соплами. В состав системы входят: центробежный насос, запорные вентили, поплавковый вентиль на входе воды и алюминиевый дренажный поддон с переливом. Могут быть также поставлены системы увлажнения воздуха поверхностного типа с парогенератором или с подачей пара от внешнего источника.

Теплообменники для нагрева и охлаждения воздуха подбирают с помощью компьютерной программы, что обеспечивает оптимальную эффективность их работы при низких потерях давления воздуха и воды. Теплообменники размещаются в теплообменной секции на направляющих стойках или шаровых подшипниках, облегчающих его извлечение. Все теплообменники оборудованы воздушными и дренажными патрубками и испытаны на герметичность при давлении 30 бар.

В зависимости от режимных параметров установка оборудуется вентиляторами с лопастями, загнутыми вперед или назад. Все лопасти и шкивы отбалансированы в статических и динамических условиях. Вентилятор и электродвигатель смонтированы на общем основании с виброизолирующими прокладками (рис. 3). На выхлопе вентилятора и на выходе воздуха из установки предусмотрены гибкие вставки.

Кроме центробежных вентиляторов двустороннего всасывания может быть применен так называемый "вентилятор-пробка", создающий после себя камеру статического давления, что позволяет присоединять к вентиляторной секции приточные воздуховоды с любой стороны.

Установки комплектуются электродвигателями в стандартном, пожаробезопасном, водонепроницаемом или другом специальном исполнении.

Для организации возврата тепла (рекуперации) предусматриваются перекрестноточные пластинчатые теплообменники, тепловые колеса или теплоутилизаторы с промежуточным теплоносителем.

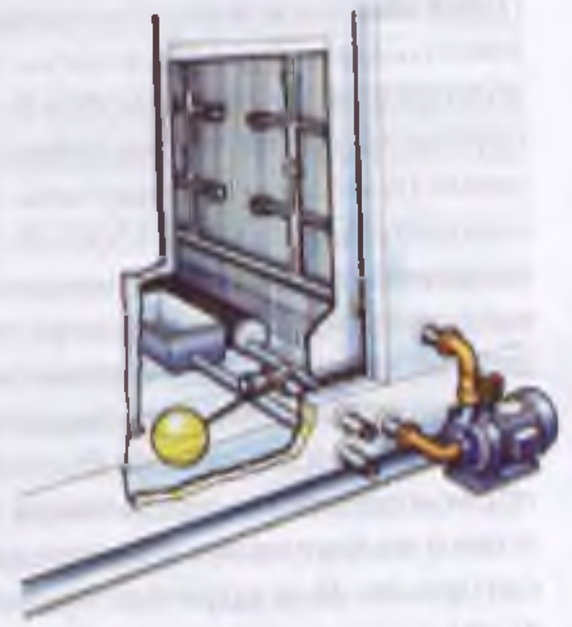


Рис. 2. Фрагмент камеры орошения

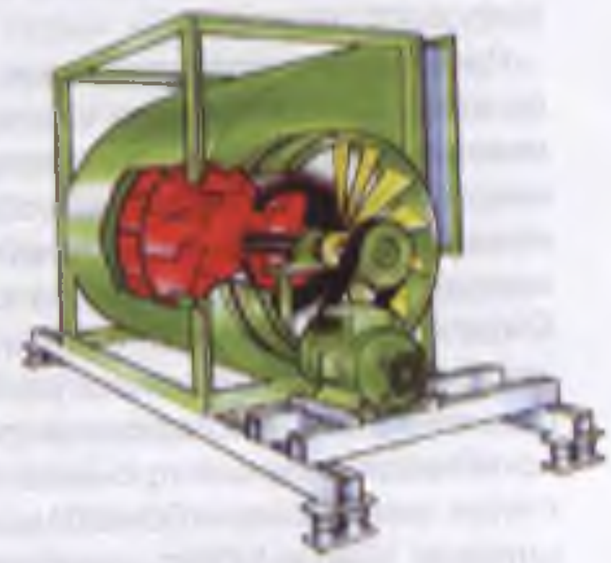
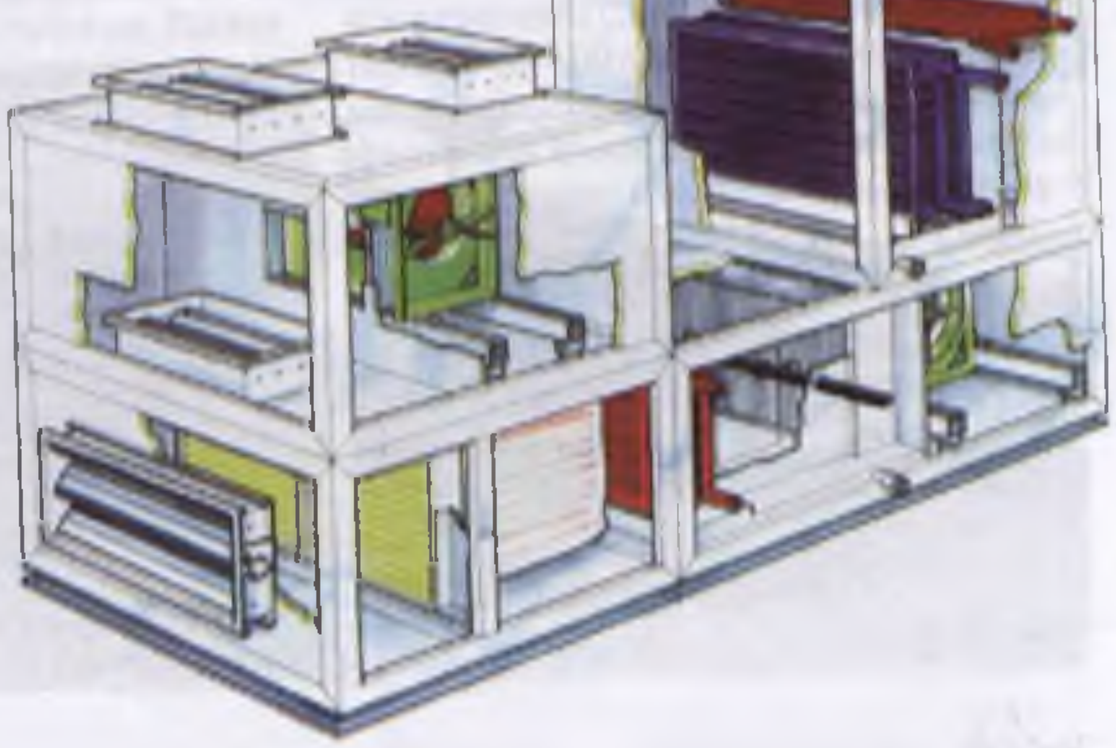


Рис. 3. Вентилятор и электродвигатель на общем основании



YORK International 121170, Москва, Поклонная, 14.
Тел.: (095) 232-68-07. Факс: (095) 232-66-61. E-mail: sales@york.com.ru

ТЕРМОИНЖЕНИРИНГ
СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА, ВЕНТИЛЯЦИИ И ОТОПЛЕНИЯ

Современные тенденции совершенствования водоохлаждающих холодильных машин (чиллеров) для систем кондиционирования воздуха

Производственная программа ведущих мировых производителей водоохлаждающих холодильных машин (чиллеров), применяемых в системах кондиционирования воздуха, как правило, состоит из двух групп оборудования: группы чиллеров бытового назначения (диапазон стандартной холодопроизводительности 5...150 кВт) и группы чиллеров промышленного назначения (диапазон стандартной холодопроизводительности 35...1500 кВт). Диапазоны холодопроизводительности приведены оценочно: в зависимости от производителя граничные значения могут либо увеличиваться, либо уменьшаться.

Чиллеры (рис. 1) как бытового, так и промышленного назначения поставляются с воздушными и водяными конденсаторами. Все крупные производители выпускают чиллеры, работающие или только в режиме холодильной машины, или в режиме холодильной машины и теплового насоса.

Рассмотрим предлагаемые решения по совершенствованию чиллеров промышленного назначения с воздушными конденсаторами на примере оборудования одного из ведущих европейских производителей – итальянской компании Climaveneta, входящей в группу компаний De Longhi. Climaveneta уделяет особое внимание качеству своей продукции: производственный процесс соответствует требованиям ISO 9001 и сертифицирован ICIM и EQNet, наиболее популярные серии прошли сертификацию EUROVENT. Используются комплектующие только ведущих фирм, например электрокомпоненты Siemens, поршневые компрессоры Bristol, винтовые компрессора Hitachi.

Комплекс технических решений по совершенствованию чиллеров направлен на повышение эффективности работы и снижение энергопотребления; снижение уровня шума; расширение модельного ряда, обеспечивающее большую универсальность оборудования; разработку эффективных систем микропроцессорного управления.

Для повышения эффективности работы чиллеров и снижения энергопотребления компанией Climaveneta разработан ряд технических решений по интенсификации теплообмена в теплообменных аппаратах чиллеров.

Первое из этих решений – применение асимметричного профиля размещения пучков труб в кожухотрубных испарителях (рис. 2). Количество труб в верхней и нижней частях аппарата неодинаково, что способствует интенсификации теплообмена. Так как в нижней части находится жидкий хладагент, а в верхней – образующийся по мере развития процесса кипения парообразный хладагент, объем которого на порядок больше, чем жидкого, асимметричный профиль приводит к увеличению скорости движения хладагента, а также большей турбулизации его потока.

Второе решение – использование специального профиля внутренней поверхности труб испарителей (рис. 3), что также способствует интенсификации теплообмена между кипящим внутри труб хладагентом и водой в межтрубном пространстве. Количественно проиллюстрировать, насколько интенсифицируется теплообмен, можно по изменению значения коэффициента теплопередачи.

На рис. 4 представлены графики зависимости коэффициента теплопередачи от удельного расхода хладагента для труб со специальным профилем внутренней поверхности и с гладкой внутренней поверхностью. Как видно из графиков, повышение коэффициента теплопередачи для труб со специальным профилем по сравнению с гладкими трубами составляет более 100 %. Это позволило существенно увеличить значения холодильного коэффициента и в конечном итоге снизить энергопотребление чиллеров, в которых используются испарители со специальным профилем внутренней поверхности труб.

Все модели чиллеров производства компании Climaveneta с воздушными конденсаторами выпускаются в четырех исполнениях: B (стандартное), HT (высокотемпературное), LN (низкошумное) и SL (сверхнизкошумное).

Для снижения уровня шума были выбраны модели чиллеров исполнений LN и SL , в которых реализованы следующие технические решения: установлены вентиляторы с пониженной скоростью вращения; увеличена площадь теплопередающей поверхности конденсатора для обеспечения отвода необходимой теплоты конденсации; утолщен слой звукоизоляции корпуса чиллера; смонтирован глушитель на линии нагнетания компрессора; нагнетательный и всасывающий патрубки компрессора соединены с основными частями всасывающего и нагнетательного трубопроводов с помощью гибких вставок; компрессор смонтирован на специальных антивибрационных пружинных подставках (в ряде моделей (FE/WRAT, FE/SRAT) компрессоры монтируют в полностью изолированном

Рис. 1. Чиллер

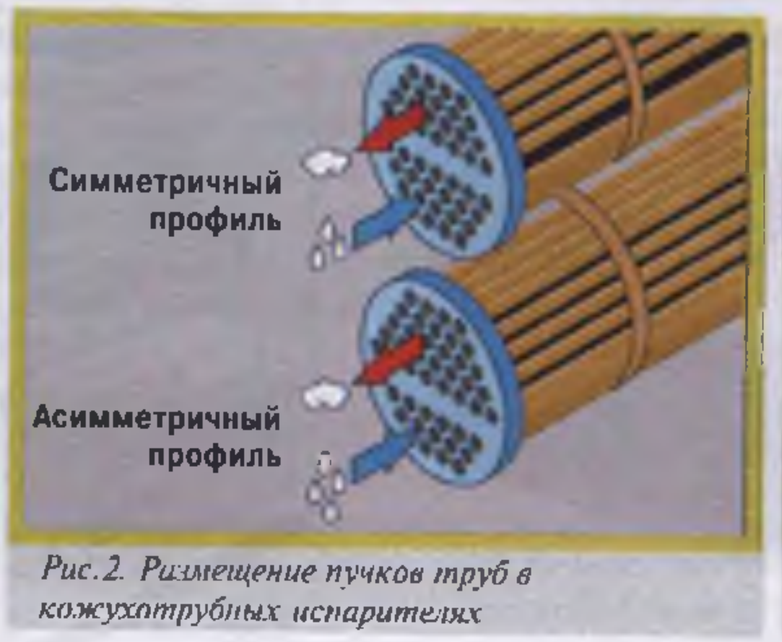


Рис. 2. Размещение пучков труб в кожухотрубных испарителях

Рис. 3. Профиль внутренней поверхности труб испарителей

CVM 300	CVM 3000	Функции микропроцессора	CVM 300	CVM 3000	Функции микропроцессора
x	x	Контроль питающего напряжения/частоты	x	x	Оповещение о суммарном отказе
x	x	Задержка пуска компрессора	x	x	Сигнализация о сбоях в компрессоре/холодильном контуре
x	x	Запуск компрессора на 1 ч и регулирование времени перезапуска	x	x	Сигнализация об общей аварии
x	x	Отслеживание температуры воды на выходе из испарителя		опц.	Функции программируемого таймера
x	x	Останов компрессора осуществляется с помощью процедуры "pump-down"	опц.	опц.	Соединение с контроллером CVM MASTER
x	x	Запуск компрессора осуществляется с помощью процедуры "pump-down"		опц.	Интерфейс для работы с программным обеспечением систем диспетчеризации
x	x	Регулирование скорости вращения вентилятора	опц.	опц.	Подсоединение к системам управления фирмы STAEFA
x	x	Пропорциональное регулирование производительности по температуре воды на входе в испаритель	x	x	Проверка правильности работы интерфейса контроллера
x	x	Плавный пуск компрессора	x	x	Счетчик часов работы компрессора
x	x	Пуск компрессора с использованием пусковой обмотки	x	x	Автоматическая диагностика электрических компонентов
x	x	Внутренние часы в формате год/месяц/день/часы/минуты	x	x	Сигнализация о нарушении связи с внешним устройством
x	x	Система баланса продолжительности работы компрессора		опц.	Режим двойной настройки
x	x	Индикация последних аварийных ситуаций	опц.	опц.	Цифровой интерфейс с дистанционным управлением систем BMS DDC
x	x	Индикация значений температуры и давления	x	x	Пульт ДУ
опц.	опц.	Дистанционное ВКЛ./ВЫКЛ. с помощью внешнего выключателя	x	x	Работа с клавиатурой или без нее
			x	x	Электромагнитная совместимость

отсеке]. Все это позволило снизить уровень шума в чиллерах исполнений LN и SL по сравнению с чиллерами стандартного исполнения B на 6...17 дБ (A) в зависимости от модели.

Все модели чиллеров промышленного назначения с воздушными конденсаторами можно разбить на две группы: с осевыми вентиляторами (WRAT, FE-WRAT, WRAT-FC, WRAN, WRAQ, SRAT, FE-SRAT, SRAN, ERAT, FE-ERAT, ESRAT) и с центробежными вентиляторами (WRA, WRN, WRQ).

Чиллеры с осевыми вентиляторами монтируют вне помещения, чиллеры с центробежными вентиляторами можно устанавливать как вне, так и внутри помещения. В чиллерах, в обозначение которых входит буква «W», используют от одного до восьми поршневых бессальниковых компрессоров. В чиллерах с буквой «S» в обозначении устанавливают от одного до восьми винтовых бессальниковых компрессоров. Буква «E» в обозначении модели означает, что чиллер работает на альтернативном озонобезопасном хладагенте R134a, все остальные модели – на переходном хладагенте R22. Кроме того, почти все эти модели могут работать на озонобезопасном хладагенте R407C. Модели, обозначение которых оканчивается на букву «T» или на «A», могут работать в режиме «только холод», модели с обозначением, оканчивающимся на букву «N» или «H», могут работать как в режиме холодильной машины, так и в режиме теплового насоса. В зависимости от времени года с помощью последних можно получать холодную или горячую воду.

Модели, работающие в режиме «только холод» и «тепло+холод», выпускаются в исполнениях «D» и «R». В чиллерах исполнения «D» с частичной утилизацией теплоты (от английского слова desuperheater) после компрессора перед конденсатором устанавливают дополнительный водяной теплообменник для отвода теплоты перегрева (приблизительно 25 % от всей выделяемой при работе чиллера теплоты), что позволяет получать одновременно с холодной водой и горячую воду, которую можно использовать на санитарные нужды здания. Это снижает расход электроэнергии на привод компрессора. В чиллерах исполнения «R» (с полной утилизацией теплоты) также устанавливают дополнительный водяной теплообменник. Кроме того, имеется возможность изменения подачи потока хладагента с помощью управляемого трехходового вентиля вместо воздушного конденсатора в дополнительный водяной теплообменник, который в этом случае выполняет функцию водяного конденсатора. Тогда вся теплота, выделяемая при работе чиллера, поглощается водой, поступающей в дополнительный теплообменник, что позволяет также получить одновременно холодную и горячую воду и существенно повысить коэффициент использования потребляемой энергии.

Очень интересны модели чиллеров с буквой «Q» в обозначении (фирменное название серии «ENERGY-RISER»). Эта серия оборудования позволяет одновременно получать горячую и холодную воду в двух раздельных контурах независимо от температуры наружного воздуха. Данная серия чиллеров используется только с четырехтрубной системой разводки воды. Чиллеры серии «ENERGY-RISER» могут работать в трех режимах: «только холод», «только тепло», «тепло+холод», что существенно расширяет возможности использования оборудования и универсальность его применения.

Все чиллеры производства компании Climaveneta оборудованы микропроцессорными системами управления. Для чиллеров промышленного назначения с воздушными конденсаторами используются системы CVM 300 и CVM 3000. Системой CVM 300 оснащены чиллеры с двумя компрессорами, CVM 3000 – с четырьмя и более. В микропроцессорных системах управления CVM реализованы следующие основные функции (см. таблицу).

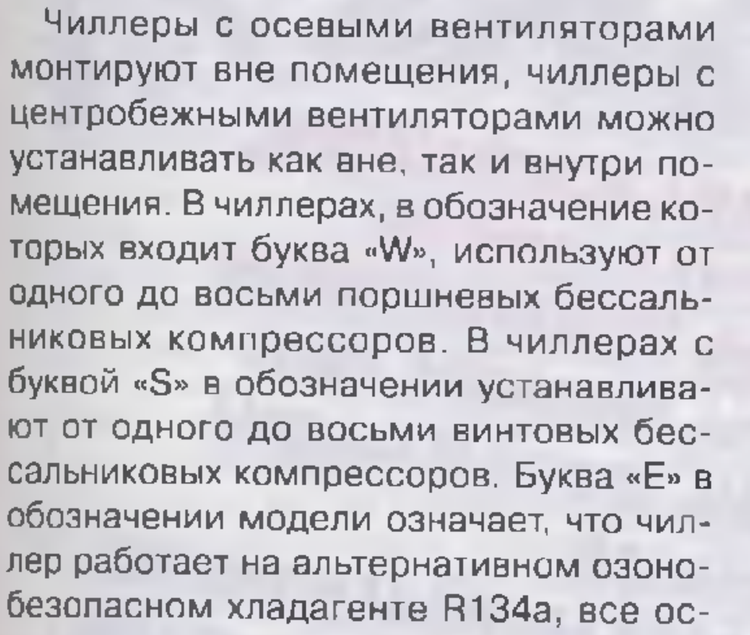


Рис. 4. Зависимость коэффициента теплопередачи от удельного расхода хладагента

По всем вопросам, связанным с подбором, приобретением, монтажом и обслуживанием описанного выше оборудования, обращайтесь в Группу компаний «Термоинжиниринг».

109316, Москва, ул. Талалихина, 33 (здание МГУПБ)
Тел. (095) 956-0748 (многоканальный), 276-2135, 913-8511.
Факс: (095) 913-8062. E-mail: office@thermo.ru

ЭЛЕКТРОСТАР

Dunham-Bush International: холодильное оборудование с герметичными винтовыми компрессорами

На базе герметичных винтовых компрессоров фирмы Hartford compressors (см. "Холодильная техника" № 8, 2000) компания Dunham-Bush International выпускает широкую номенклатуру холодильного оборудования различных назначения и холодопроизводительности.

Основную часть оборудования представляют машины для охлаждения жидких хладоносителей с водяными и воздушными конденсаторами, а также с испарителями различного конструктивного решения (с внутритрубным и межтрубным кипением). Рабочий диапазон работы холодильных машин по температуре хладоносителя 5...10 °С при использовании воды и –10...+10 °С при применении водных растворов этилен- или пропиленгликоля с низкой температурой замерзания. Причем температура замерзания хладоносителя должна быть на 11 °С ниже, чем его температура на выходе. Для машины наружного размещения разность между температурой замерзания хладоносителя и минимальной температурой окружающего воздуха должна быть не менее 8 °С. Базовое исполнение машины предусматривает применение R22, но по требованию заказчика может быть поставлено оборудование с R134a или R407C.

Холодильные машины с водяными конденсаторами. Диапазон холодопроизводительности этих машин от 160 до1750 кВт (табл. 1). Они комплектуются кожухотрубными конденсаторами с медными наружнооребренными трубами диаметром 19 мм и съемными водяными крышками, которые можно менять местами (подвод воды осуществляется с любой стороны). Расчетное давление в межтрубном пространстве 2,1 МПа (фреоновая полость), в водяной полости – 1,0 МПа. Конструкция аппарата позволяет выполнять механическую чистку этой полости.

Холодильные машины серии WCDX с испарителями внутритрубного кипения выпускаются в диапазоне холодопроизводительности 160...500 кВт (при температуре воды на выходе из испарителя 7 °С и температуре воды на входе в конденсатор 27 °С). Испарители в этих машинах кожухотрубные с медными внутриоребренными трубами диаметром 12,5 мм или 19 мм. Пластмасовые перегородки трубного пучка обеспечивают необходимую скорость потока хладоносителя. Конструкция их исключает возможность его перетечек между трубным пучком и корпусом аппарата. Расчетное давление во фреоновой полости (трубы, крышки) 1,72 МПа, в межтрубном пространстве – 1,0 МПа.

Ряд машин состоит из 8 типоразмеров, выполненных на базе герметичных винтовых компрессоров типа MSC с ротором диаметром 110 мм. Холодильные машины работают в основном по традиционной схеме – с питанием испарителя через терморегулирующий вентиль (рис. 1). Но, поскольку герметичные компрессоры, применяемые в холодильном оборудовании, выпускаемом Dunham-Bush International, не имеют масляных насосов (смазка механизма движения и уплотнение зазора происходят за счет разности давлений нагнетания и всасывания) и специальных маслоохладителей, схемой предусматривается охлаждение компрессора впрыском части жидкого хладагента, отбираемого от основного потока. Количество подаваемой жидкости может регулироваться дросселем постоянного сечения или терморегулирующим вентилем. Другая часть жидкого хладагента дросселируется для переохлаждения основного потока. Образовавшиеся пары хладагента направляются в полость компрессора с промежуточным давлением (система "экономайзер").

В машине могут быть использованы один или два компрессора. Во втором случае каждый компрессор обслуживает независимый фреоновый контур, что повышает надежность и обеспечивает экономичное регулирование холодопроизводительности. В таких машинах два конденсатора, а в испарителе два фреоновых трубных пучка, имеющих общую полость хладоносителя. Компоновка машины серии WCDX с двумя компрессорами представлена на рис. 2.

Холодильные машины серии WCFX с испарителями межтрубного кипения выпускаются в диапазоне холодопроизводительности 300...1750 кВт. В этих машинах применены кожухотрубные испарители с медными наружнооребренными трубами. Ряд машин состоит из 17 типоразмеров, выполненных на базе герметичных компрессоров типа MSC с ротором диаметром 127 мм. Они могут поставляться с одним, двумя или тремя компрессорами одинаковой или различной холодопроизводительности. Фреоновый контур общий. Принципиальная схема машины серии WCFX с тремя компрессорами показана на рис. 3. Особенность этой схемы заключается в системе питания испарителя. Необходимый уровень хладагента в испарителе поддерживается по-

Таблица 1

Основные технические характеристики холодильных машин с водяными конденсаторами

Серия машины	Типоразмер	Холодопроизводительность, кВт	Потребляемая мощность, кВт	Число компрессоров	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
					Длина	Ширина	Высота	
WCDX	60	162	34,3	1	2591	965	1778	1770
	75	200	41,5					1820
	100	244	48,7		2642			1900
	120	324	68,6	2	3302	1321		2500
	135	362	75,8		4191			2670
	140	399	83,0					2700
	150	444	90,2					2750
	180	488	97,4					2800
WCFX	10	309	67,8	1	3012	876	1776	1472
	12	379	84,4				1827	1701
	15	474	107		3060		2016	2069
	18	562	129				1991	2394
	20	632	133	2	4188	1013	1972	3033
	22	695	151			1064	2023	3070
	24	758	169		4201			3244
	27	853	189			1170	2187	3728
	30	948	209		4214	1222		4284
	33	1053	230					4400
	36	1141	252					4654
	39	1228	273	3	4238	1280	2238	5330
	42	1334	293				2288	5669
	45	1422	313		4251	1387	2593	6164
	58	1580	335					6533
	51	1615	356			1478		6709
	54	1755	378					6880

Примечание. Холодопроизводительность и потребляемая мощность даны при температуре хладоносителя на выходе из машины 7 °С и температуре охлаждающей воды на входе 27 °С.

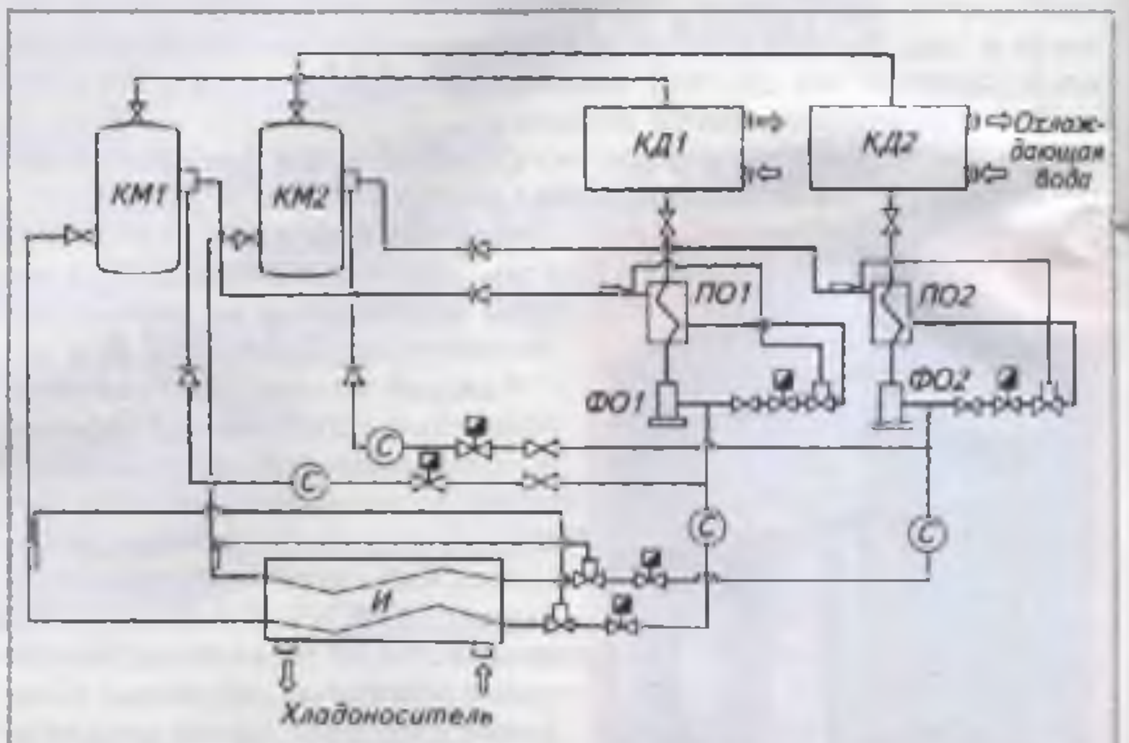


Рис. 1. Схема холодильной машины типа WCDX с двумя компрессорами: КМ1, КМ2 – компрессоры; КД1, КД2 – конденсаторы; ПО1, ПО2 – переохладители; И – испаритель; ФО1, ФО2 – фильтры-осушители; ⓒ – смотровые стекла; ⋈ – обратные клапаны; – соленоидные вентили; – терморегулирующие вентили; ⋈ – запорные вентили

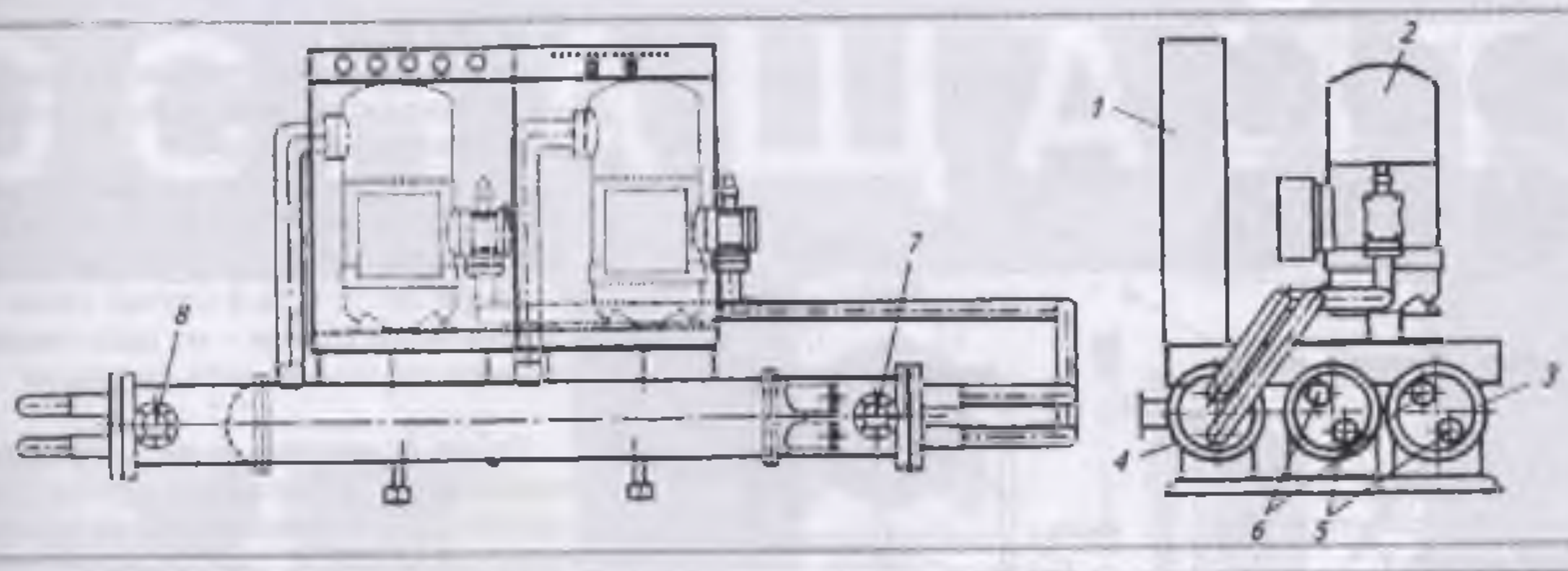


Рис. 2. Компоновка холодильной машины типа WCDX с двумя компрессорами:
1 – панель управления; 2 – компрессор; 3 – конденсатор; 4 – испаритель;
5 – патрубок входа воды в конденсатор; 6 – патрубок выхода воды из конденсатора; 7, 8 – патрубки входа и выхода хладоносителя соответственно

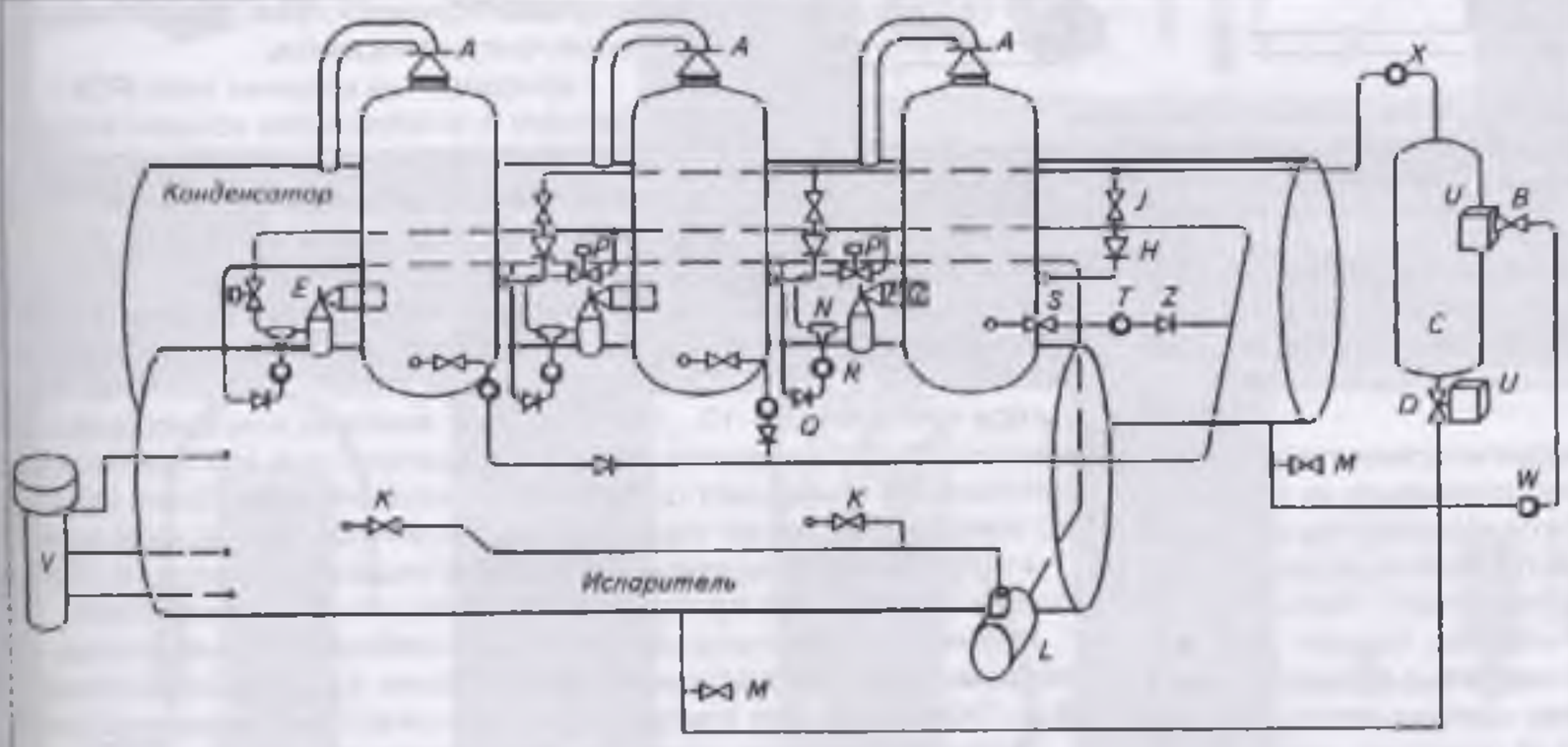


Рис. 3. Схема холодильной машины типа WCFX с тремя компрессорами:
A – обратные клапаны на нагнетании; B – заслонка I дросселирования; C – вспомогательный сосуд промежуточного давления; D – заслонка II дросселирования; E – всасывающий вентиль; F – обратный клапан на всасывании; G – газовый фильтр; H – обратный клапан на линии промподсоса; J – запорный вентиль на линии промподсоса; K – вентиль на линии возврата масла; L – фильтр-осушитель; M – запорный вентиль; N – инжектор возврата масла; P – соленоидный вентиль; Q – обратный клапан на линии возврата масла; R – смотровое стекло; S – вентиль на масляной уравнительной линии; T – смотровое стекло на масляной уравнительной линии; U – привод дроссельных заслонок; V – регулятор уровня; W – смотровое стекло на линии жидкого хладагента; X – смотровое стекло на линии промподсоса; Z – обратный клапан на масляной уравнительной линии

плавковым регулятором *V*, причем дросселирование хладагента происходит в два этапа при помощи двух заслонок с электрическим приводом, синхронно работающих по команде поплавкового регулятора. После первого дросселирования парожидкостная смесь попадает в вспомогательный сосуд *C*, откуда пар хладагента направляется в полость промежуточного давления компрессора, а жидкий хладагент – на второе дросселирование. Предусмотрена специальная линия для возврата масла из испарителя в компрессор. В обечайке испарителя на высоте несколько ниже расчетного уровня хладагента предусмотрен ряд отверстий, через которые с помощью инжектора *N* небольшое количество хладагента, обогащенного маслом, направляется во всасывающий трубопровод. В машинах с несколькими компрессорами хладагент высокого давления подается в инжектор *N* через уравнительную линию с обратным клапаном *Z*. При нормальной работе уровень масла в компрессорах находится несколько ниже отверстия уравнительной линии. Если происходит перераспределение масла между компрессорами, то излишки его из переполненного компрессора по той же уравнительной линии попадают в те компрессоры, где уровень масла ниже. Соленоидные вентили *P*, открывающиеся одновременно с пуском соответствующего компрессора, обеспечивают подачу масла в работающие компрессоры. В большинстве случаев эта система решает две проблемы: возврат масла в компрессор и охлаждение его. Но при высоких температурах конденсации (более 46 °С) машина дополнительно комплектуется системой впрыска жидкого хладагента в компрессор аналогично машинам серии WCDX в случае, если температура нагнетания превышает установленный предел.

Возможна поставка аналогичного холодильного оборудования большей производительности, чем указано в табл. 1. В этих случаях заказчику предлагаются комплексы, собранные из удвоенного числа элементов машин WCFX 30; 33 или 36 (5 вариантов поставки, обеспечивающих холодопроизводительность от 1700 до 2250 кВт).

Холодильные машины с воздушными конденсаторами. Диапазон холодопроизводительности этих машин 150...1940 кВт (табл. 2). Воздушные конденсаторы изготовлены из медных труб диаметром 9,5 или 12,7 мм и пластинчатых гофрированных алюминиевых ребер, закрепленных методом дорнирования. Расположение труб в пучке шахматное. Батареи конденсатора испытывают на заводе-изготовителе под давлением 3,1 МПа. Конденсаторный блок состоит из отдельных секций, собранных в V-конфигурацию с размещением осевых вентиляторов в верхней части. Вентиляторы имеют непосредственный

Таблица 2

Основные технические характеристики холодильных машин с воздушными конденсаторами

Серия машины	Типоразмер	Холодопроизводительность, кВт	Потребляемая мощность, кВт	Число компрессоров	Число и диаметр вентиляторов, мм	Габаритные размеры, мм			Масса, кг
						Длина	Ширина	Высота	
ACDX	40-5	150	50	1	4×660	2743	2134	1676	2200
	50-5	185	60,5		6×660	3404			2745
	60-5	212	71,5						2950
	80-5	300	100	2	8×660	4267		1824	3900
	100-5	370	119		6×800	4674	2235	2184	4310
	120-5	424	143		8×800	5334			5170
	150-5	555	178	3	9×800	7061		2438	6800
	180-5	636	211						7145
ACFX	85-5	294	81	1	6×800	4953			3890
	105-5	362	101						4345
	130-5	462	116		8×800	5893			5200
	155-5	555	139		8×860				5485
	170-5	611	163	2	12×800	8192			7085
	190-5	679	183						7280
	210-5	754	203						8055
	240-5	855	218		14×800	9271			8795
	270-5	968	233		16×800	10211			9925
	300-5	1060	256		8×800 8×860				10160
	320-5	1157	280		16×860				10630
	360-5	1287	332	3	6×800 12×860	12014			12575
	385-5	1387	347		18×860				13050
	410-5	1479	370					2997	14400
	435-5	1571	394						15210
	465-5	1663	417						15700
	485-5	1723	436	4					17090
	505-5	1823	450						17560
	535-5	1937	466						17950

Примечание. Холодопроизводительность и потребляемая мощность даны при температуре хладоносителя на выходе из машины 7 °С и температуре охлаждающего воздуха 30 °С.

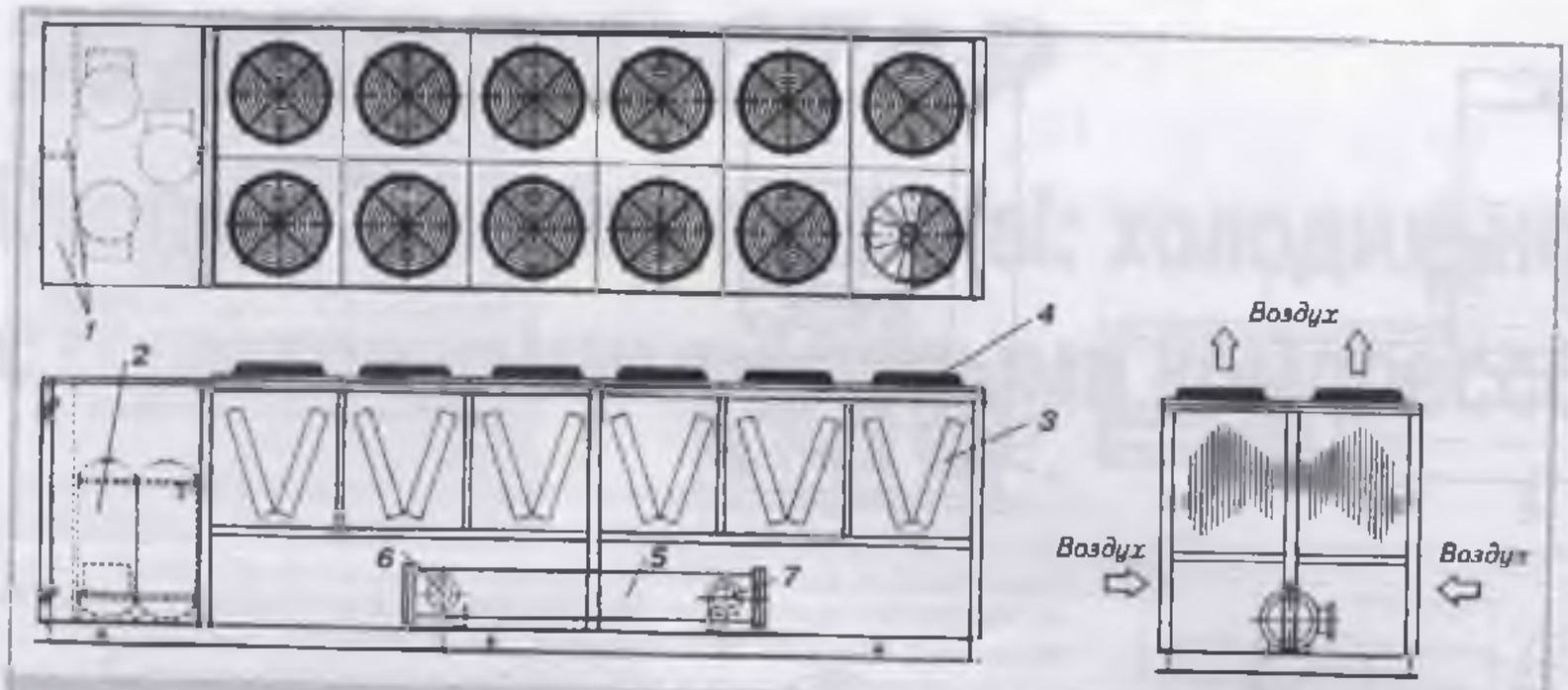


Рис. 4. Компоновка холодильной машины типа ACDX с тремя компрессорами:
1 – блок управления; 2 – компрессор; 3 – конденсатор; 4 – вентилятор; 5 – испаритель;
6, 7 – патрубки входа и выхода хладоносителя соответственно

привод от электродвигателя влагоморозостойкого исполнения. Применение штампованных диффузоров позволяет обеспечить минимальный равномерный зазор между крыльчаткой и цилиндрической частью диффузора, что гарантирует отличные аэродинамические и акустические показатели.

Холодильные машины с воздушными конденсаторами предназначены для наружного размещения. Стандартное исполнение их обеспечивает работоспособность при температуре атмосферного воздуха от 7 до 46 °С. Но имеются и варианты исполнения (с увеличенными поверхностью конденсатора и расходом воздуха через него), способные работать при более высоких температурах. Напротив, вариант исполнения LAC (Low Ambient Control) с переменной скоростью вращения вентиляторов (плавное регулирование изменением частоты питающей сети) в сочетании с периодическим отключением их позволяет работать при температуре атмосферного воздуха до –18 °С. Вариант исполнения ELAC, предусматривающий дополнительно к варианту LAC применение электронного (Е) терморегулирующего вентиля, обеспечивает работоспособность и при – 29 °С. В машинах с воздушными конденсаторами применяются различные типы испарителей, аналогичные по конструкции испарителям для машин с водяными конденсаторами.

Машины серии ACDX с испарителями внутритрубного кипения выпускаются в диапазоне холодопроизводительности 150...635 кВт (8 типоразмеров). Они выполнены на базе герметичных компрессоров типа MSC с ротором диаметром 110 мм. В машине может быть от одного до трех компрессоров. Каждый компрессор работает на свой фреоновый контур. Компоновка машины серии ACDX с тремя конденсаторами показана на рис. 4.

Машины серии ACFX с испарителями межтрубного кипения имеют холодопроизводительность от 300 до 1940 кВт (19 типоразмеров). Они выполнены на базе герметичных компрессоров типа MSC с ротором диаметром 127 мм. Число компрессоров в машине может быть от одного до четырех. В машинах с тремя компрессорами общий контур хладагента, с двумя и четырьмя компрессорами – два отдельных контура.

Схемы машин с воздушными конденсаторами для охлаждения жидких хладоносителей не имеют принципиальных отличий от машин с водяными конденсаторами, за исключением способа его охлаждения.

* * *

Работа холодильных машин всех серий полностью автоматизирована. Машины управляются микрокомпьютерными блоками, которые осуществляют автоматическое поддержание требуемой температуры хладоносителя, защиту от опасных режимов работы, аварийную сигнализацию, информацию о режиме работы, расшифровку причины аварийной остановки.

Обслуживающий персонал имеет доступ к следующим параметрам:

- температура хладоносителя на выходе из испарителя;
- давление в испарителе (или в испарителях, если машина имеет несколько контуров хладагента);
- давление в конденсаторе (конденсаторах);
- сила тока в цепи каждого компрессора;
- максимально допустимая сила тока;
- процент от полной нагрузки каждого компрессора;
- наработка каждого компрессора;
- число пусков каждого компрессора;
- состояние компрессора (включен/выключен);
- температура охлаждающей среды;
- сигнализация об аварийном режиме;
- расшифровка причин аварийного отключения.

Параметры аварийной защиты, как правило, устанавливаются на заводе-изготовителе и не могут быть изменены без ввода специального пароля. При необходимости это выполняется доверенным лицом компании.

Оператор может получить подсказку о необходимости каких-либо действий, нажав на клавишу «Help».

Как правило, микропроцессорный блок имеет возможность подключения к нему дистанционного блока управления на расстоянии до 15 м, а в случае связи через телефонный модем – на расстоянии, допускаемом телефонной системой.

* * *

Кроме приведенных выше типов машин компанией Dunham-Bush International выпускается широкая гамма холодильного оборудования на базе высоконадежных винтовых компрессоров. Ниже приводится их краткий перечень:

- холодильные машины типа IPCX с водяными и воздушными конденсаторами производительностью от 160 до 2800 кВт при температуре хладоносителя от –40 до +10 °С на базе винтовых компрессоров с открытым приводом;
- холодильные машины WCOX и WCLX с водяными конденсаторами производительностью от 2000 до 10 000 кВт для охлаждения воды при температуре 5...10 °С и водных растворов этилен- или пропиленгликоля при температуре –10...+10 °С на базе винтовых компрессоров с открытым приводом (другие фирмы в машинах столь крупной производительности применяют центробежные компрессоры, более сложные по конструкции, менее надежные и экономичные при эксплуатации);
- теплонасосные модификации (более подробные сведения об этой группе машин будут приведены в следующих номерах журнала).

Кроме того, компания выпускает разнообразную номенклатуру холодильного и теплонасосного оборудования производительностью от 6 до 1500 кВт на базе компрессоров поршневого и спирального типов.

Полный комплекс услуг по разработке технических решений с применением вышеописанного оборудования, его поставку, монтаж или шефмонтаж, пусконаладочные работы, гарантийное и послегарантийное обслуживание предоставляет ЗАО "Электростар", которое является официальным дистрибьютором оборудования компании Dunham-Bush International в России, странах СНГ и Балтии.

ЭЛЕКТРОСТАР

ВЕНТИЛЯЦИЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЕ

Технический консалтинг
Создание технических решений и проектной документации
Поставка оборудования и комплектующих
Монтаж и шеф-монтаж
Пуско-наладочные работы
Гарантийное обслуживание
Функции генподрядчика
Техническая поддержка партнеров

DUNHAM-BUSH
Authorized Distributor

121099, Москва, Новинский бульвар д. 11
Тел.: 252-49-64, 255-48-92, 205-18-30
E-mail: electrostar@mail.msct.ru

Проф., д-р. техн. наук
О.Я.КОКОРИН
МГСУ,
В.В.НЕВСКИЙ,
А.В.РЕВКОВ
ЗАО «Данфосс»

Количественное и качественное регулирование воздухоохладителей в СКВ

The article describes methods of qualitative and quantitative regulation of air coolers in air conditioning systems. It is shown that combination of these methods allows to realize energy saving regimes of unitary-central air conditioning systems operation.

На охлаждение приточного воздуха в системах кондиционирования воздуха (СКВ) затрачивается наибольшее количество энергии, поэтому требуется тщательный анализ режимов охлаждения. Затраты энергии на выработку и потребление холода в СКВ могут быть значительно снижены (до 40%) путем реализации рациональных режимов приготовления приточного воздуха и регулирования процессов охлаждения [1].

Рассмотрим особенности выбора режимов функционирования местно-центральных СКВ, обслуживающих административные помещения в многоэтажном многокомнатном здании. Служебные помещения расположены с южного и северного фасадов здания в г. Москве.

На рис. 1 представлены графики суточных изменений температуры наружного воздуха $t_н$ и интенсивности солнечной радиации $q_{с.р}$ в расчетных условиях теплого периода года; показаны также возможные пределы изменения оптимальной температуры воздуха $t_в$ в обслуживаемой зоне административного помещения [3]. В местно-центральной СКВ центральный приточный агрегат обеспечивает вентиляцию помещения и удаление газов, вредных для здоровья людей. Вредные газы выделяются из строительных и отделочных материалов, мебели и др. Для интенсивного проветривания помещений целесообразно, чтобы приточные агрегаты работали и в ночные часы, когда в помещениях людей нет. Из графика изменения $t_н$, показанного на рис. 1, следует, что в расчетные сутки теплого периода года подача приточного наружного воздуха $\sum L_{п\,н\,мин}$ за период в 16 ч в сутки будет обеспечивать не только вентиляцию, но и охлаждение помещений природным холодом. В ночные часы градиент температур $t_{в\,макс} - t_н$ достигает 6 °С, что позволяет путем подачи наружного воздуха снизить температуру в обслуживаемой зоне помещения до нижнего комфортного уровня $t_{в\,мин}$ = 23 °С и одновременно охладить строительные конструкции и мебель, т.е. аккумулировать в помещении природный холод. Режим ночного проветривания и охлаждения помещений при работе СКВ наименее энергозатратный.

Затраты холода на охлаждение приточного наружного воздуха до $t_{ох}$ = 22 °С за 3 ч работы СКВ изменяются от 0 до 100 % расчетной холодопроизводительности воздухоохладителя приточного агрегата. В случае охлаждения приточного наружного воздуха при постоянном влагосодержании ограничивается выбор начальной температуры воды $t_{н1}$, подаваемой в трубки воздухоохладителя приточного воздуха.

Холодильные машины СКВ обычно вырабатывают охлажденную воду с температурой $t_{хв}$ = 7 °С, что на 7 °С ниже температуры точки росы наружного воздуха, равной для параметров *Б* в климате г. Москвы $t_{р.н}$ = 14 °С [3]. Как показали результаты исследований, подача в воздухоохладитель охлажденной воды с температурой $t_{хв}$ = 7 °С приводит к конденсации влаги, а это не отвечает энергетически рациональному режиму охлаждения при постоянном влагосодержании наружного воздуха. В однорядных воздухоохладителях охлаждение при постоянном влагосодержании может осуществляться при начальной температуре воды, ограниченной условием

$$t_{н1} = t_{р.п} - 4\ °С. \qquad (1)$$

В рассматриваемом случае в воздухоохладитель центрального кондиционера может подаваться вода при температуре $t_{н1}$ =14 – 4 = 10 °С. Требуемая начальная температура холодной воды $t_{н1}$ = 10 °С достигается смешением охлажденной $t_{нх}$ и обратной $t_{нов}$ воды.

На рис. 2 показана схема качественного регулирования режимов охлаждения санитарной нормы приточного воздуха $L_{п\,н\,мин}$ до выбранной температуры $t_{ох\,п\,н}$*. Смешением в трехходовом моторном регулирующем клапане *5* достигается $t_{н1}$ = 10 °С, и выбранный расчетный режим охлаждения отвечает условиям: $t_н$ = 28,5 °С, $t_{ох\,п\,н}$ = 22 °С, $t_{н1}$ = 10 °С и $t_{нов}$ = 14 °С.

Для установившегося режима в воздухоохладителе при постоянном влагосодержании характерно следующее уравнение теплового баланса:

$$L_{п\,н\,мин}\rho_{п\,н}c_в(t_н - t_{ох\,п\,н}) = G_ж c_ж (t_{жоб} - t_{н1}) = kF\Delta t_{ср}. \qquad (2)$$

При качественном регулировании с применением циркуляционного насоса *9* по схеме на рис. 2 расходы охлаждаемого воздуха $L_{п\,н\,мин}$ и охлаждающей воды $G_ж$ остаются постоянными, что определяет неизменность коэффициента теплопередачи *k* в воздухоохладителе *1*. Площадь поверхности воздухоохладителя *F* также сохраняется неизменной. Остаются постоянными теплоемкости воздуха $c_в$ и воды $c_ж$. В процессе охлаждения мало меняется и массовая плотность охлаждаемого воздуха $\rho_{п\,н}$. Следовательно, при суточном изменении температуры наружного воздуха $t_н$ изменение охлаждаемой способности воздухоохладителя достигается автоматическим изменением только температуры холодной воды $t_{н1}$ с помощью клапана *5* с редукторным электроприводом, управляемым электронным регулятором *3* по импульсам датчиков контроля температур охлажденного воздуха *2* и хладоносителя *8*. Это будет обеспечиваться соответствующим изменением соотношения расходов охлажденной и обратной воды.

Благодаря работе циркуляционного насоса 9 расход воды $G_ж$ по трубкам воздухоохладителя *1* будет постоянен и коэффициент теплопередачи *k* будет сохранять высокие расчетные значения. В работе [2] показано, что при сокращении расхода воды через воздухоохладители в диапазоне падения скоростей воды в трубках от 0,4 до 0,1 м/с отмечается резкое снижение коэффициента теплопередачи (практически в 2 раза). Это приводит к тому, что при регулировании воздухоохладителя путем изменения расхода воды (количественное регулирование) время требуемого снижения его холодопроизводительности увеличится, что вызовет возрастание времени работы холодильных машин. Из этого следует вывод, что методы качественного регулирования режимов охлаждения воздуха обеспечивают сниже-

**Данная и последующие схемы регулирования предлагаются с использованием оборудования и приборов фирм «Данфосс» и «Грундфос».*

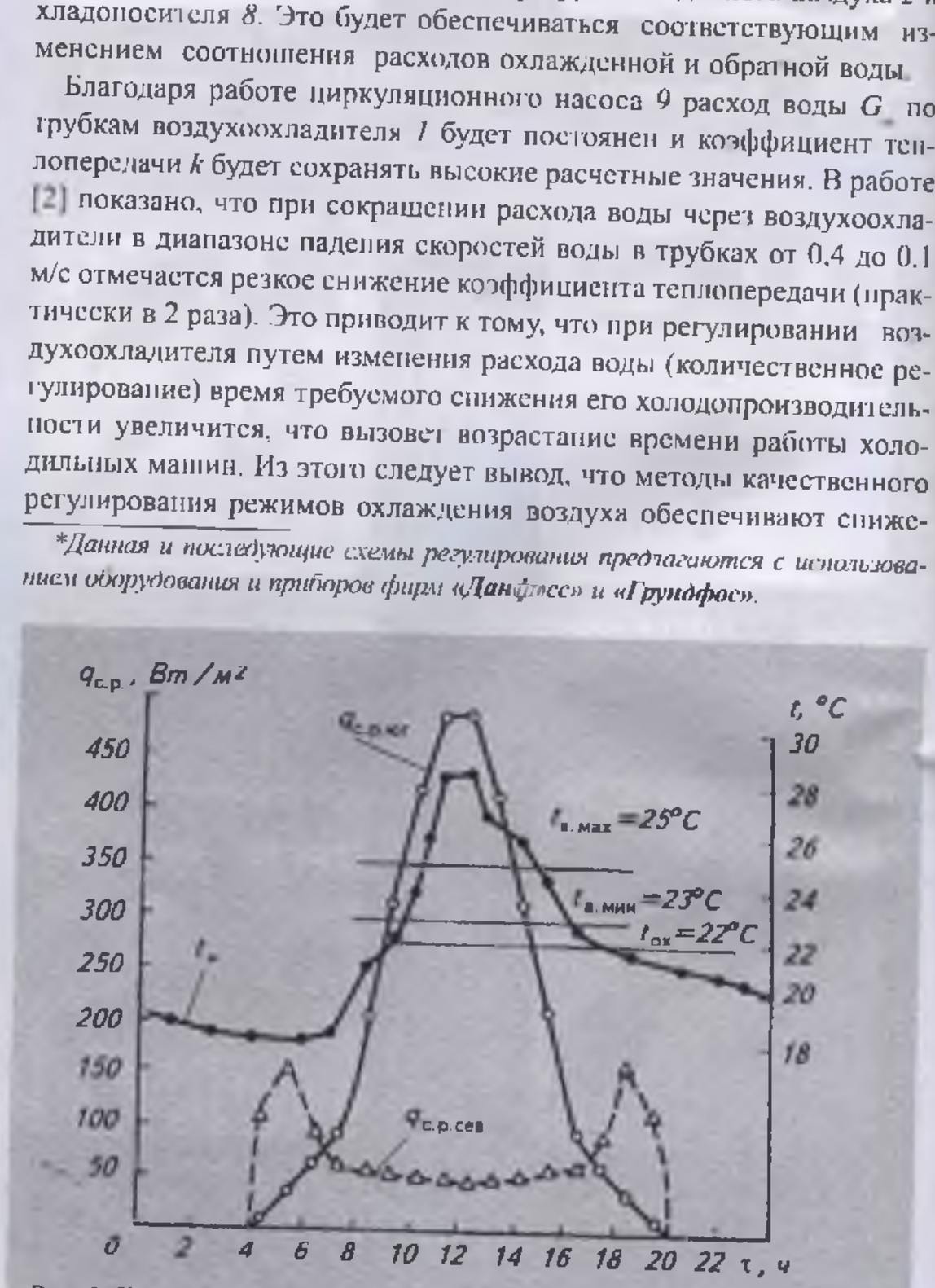


Рис. 1. Характер суточных изменений воздействия наружных климатических условий на ограждающие конструкции помещений южного и северного фасадов здания в г. Москве в теплый период года

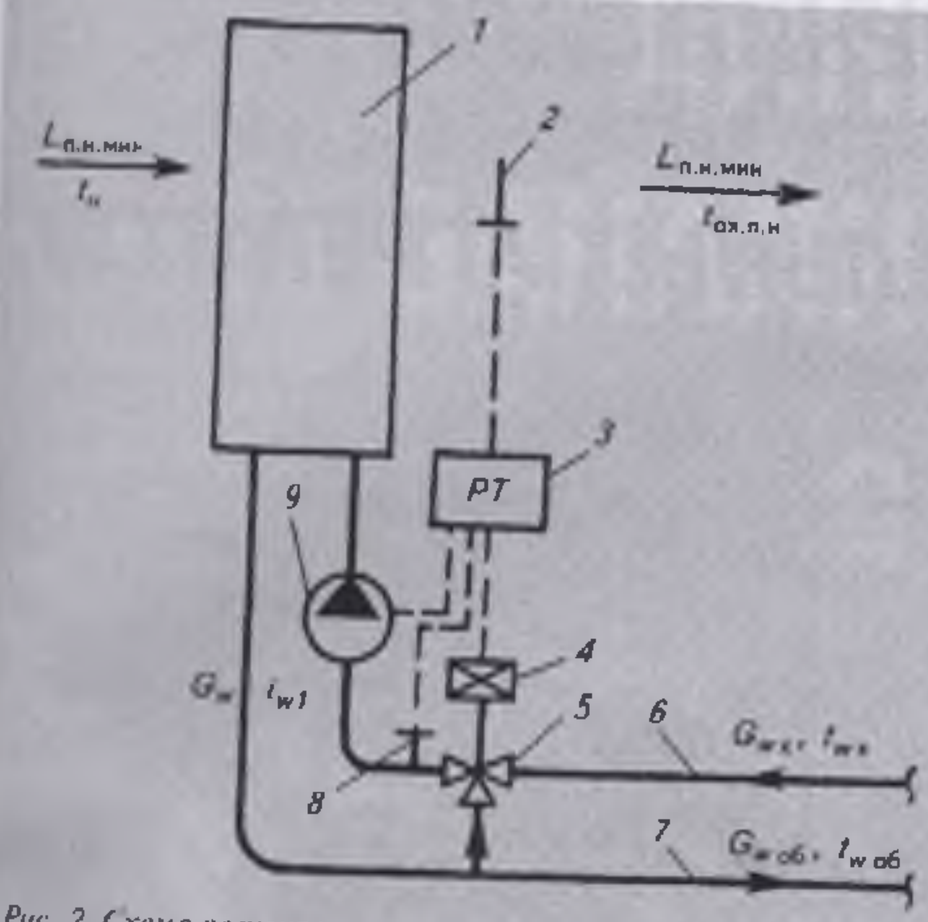


Рис. 2. Схема регулирования режима охлаждения и минимального расхода приточного воздуха:
1 – воздухоохладитель; 2 – датчик контроля температуры охлажденного воздуха; 3 – электронный регулятор температуры ECL comfort 300; 4 – редукторный электропривод типа AMV; 5 – трехходовой седельный регулирующий клапан VR3 или VF3; 6 – трубопровод подачи охлажденной воды от холодильной станции; 7 – обратный трубопровод отепленной воды на холодильную станцию; 8 – датчик контроля минимально допустимой температуры холодной воды t_{w1}; 9 – бесфундаментный циркуляционный насос UPS

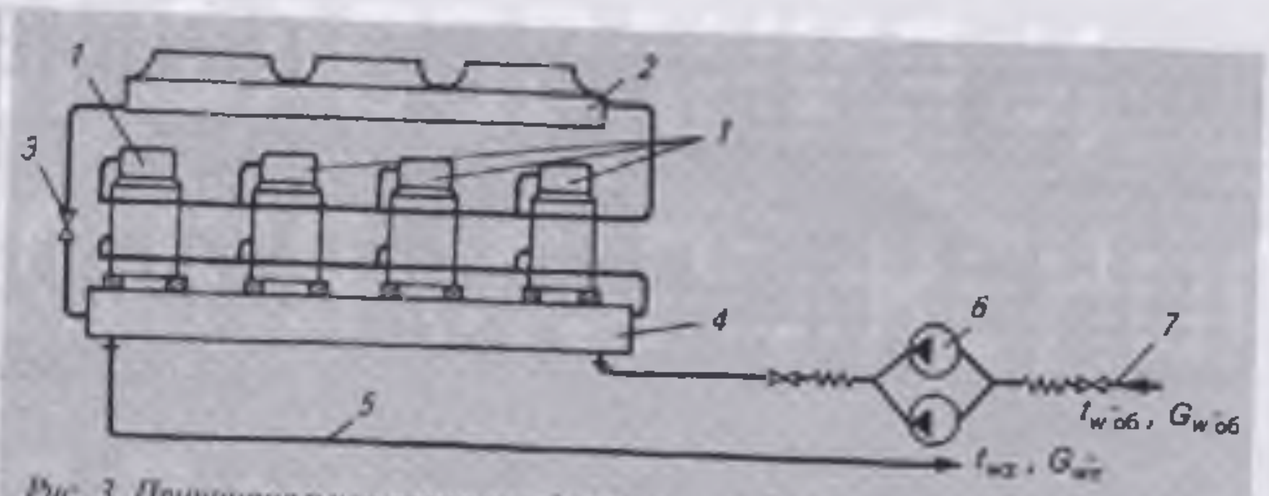


Рис. 3. Принципиальная схема холодильного агрегата S740 из четырех спиральных компрессоров SZ185:
1 – спиральный компрессор SZ185; 2 – общий конденсатор воздушного охлаждения; 3 – терморегулирующий вентиль; 4 – испаритель для охлаждения воды (расход воды $G_{wх}$); 5 – подающий трубопровод охлажденной воды (расход воды $G_{wх}$); 6 – циркуляционный насос UPE (основной и резервный); 7 – обратный трубопровод отепленной воды (расход воды $G_{w\,об}$)

ние времени работы холодильных машин и соответственно сокращение расхода электроэнергии на выработку холода.

В теплый период года в помещениях административных зданий теплоизбытки значительно изменяются по времени суток и в местном воздухоохладителе энергетически целесообразно регулировать интенсивность охлаждения внутреннего воздуха при постоянном влагосодержании. По СНиП [3] в теплый период года оптимальные параметры воздуха (температура и относительная влажность) в обслуживаемой зоне помещения должны быть следующими: $t_в$ = 25 °С и $\varphi_в$ до 60 %. Это отвечает температуре точки росы внутреннего воздуха $t_{рв}$ = 16 °С. Тогда по уравнению (1) минимальная температура холодной воды t_{w1} = 16 – 4 = 12 °С.

Холод для местных и центральных воздухоохладителей вырабатывают с помощью холодильных машин. Фирма **"Данфосс"** производит модульный ряд высококачественных спиральных компрессоров 12 моделей холодопроизводительностью от 15 до 44 кВт при температуре кипения t_0 = 5 °С. На базе этих компрессоров при их параллельной работе на общие конденсатор и испаритель могут быть собраны холодильные агрегаты.

На рис. 3 показана принципиальная схема холодильного агрегата S740 из четырех спиральных компрессоров SZ185. Холодопроизводительность каждого компрессора при использовании озонобезопасного хладагента R407C зависит от температуры кипения, которая может быть выбрана потребителем в диапазоне от +15 до –15 °С. Холодопроизводительность одного компрессора SZ185 при температуре кипения t_0 = 15 °С и конденсации $t_к$ = 40 °С составляет 67925 Вт при потребляемой электродвигателем компрессора 9840 Вт электроэнергии, что определяет энергетический показатель выработки холода – холодильный коэффициент

$\eta_{х.ком} = Q_{х.ком}/N_{эл.ком}$ = 67925/9840 = 6,9.

При температуре кипения t_0 = 15 °С в испарителе холодильного агрегата можно получать холодную воду с $t_{wх}$ = 17 °С, что может быть достаточно для реализации энергетически целесообразного режима охлаждения приточного воздуха до $t_{ох}$ = 22 °С в центральном кондиционере, как это было показано выше, по данным анализа режима работы СКВ (см. рис.1). Для охлаждения воды, используемой в местных воздухоохладителях, при температуре t_{w1} = 12 °С можно применять холодильный агрегат с t_0 = 10 °С. В этом режиме компрессор SZ185 при $t_к$ = 40 °С будет иметь холодильный коэффициент

$\eta_{х.ком}$ = 57011/9870 = 5,78.

В традиционном режиме применения холодильных агрегатов в СКВ принимают t_0 = 5 °С и $t_к$ = 40 °С. Для компрессора SZ185 в традиционном режиме холодильный коэффициент

$\eta_{х.ком}$ = 47395/9870 = 4,8.

Для рассматриваемой местно-центральной СКВ принятые режимы охлаждения в центральном и местных воздухоохладителях могут быть реализованы при t_0 = 10 °С. Следовательно, по сравнению с традиционным режимом охлаждения воды при t_0 = 5 °С будет достигаться следующая экономия электроэнергии:

(5,78 – 4,8)/4,8 • 100 = 20 %.

Применение в холодильном агрегате S740 четырех компрессоров SZ185 позволяет последовательным включением или выключением электродвигателей компрессоров изменять потребление электроэнергии на выработку холода на 25, 50, 75 и даже на 100 %. Использование метода количественного регулирования числа работающих компрессоров – самый простой и надежный метод регулирования холодопроизводительности.

Этот метод реализуется в схеме на рис. 3, где холодопроизводительность агрегата S740 в реальных условиях составляет: 57 • 4 = 228 кВт. При работе трех компрессоров производительность снижается до 171 кВт, а при работе двух компрессоров – до 114 кВт. При работе одного компрессора холодопроизводительность составляет 25 % от расчетной и равна 57 кВт.

Из рис.1 следует, что 100%-ная потребность СКВ в холоде существует только от 12 до 14 ч дня расчетных суток в теплый период года. В утренние и вечерние часы работы офисных помещений потребность СКВ в холоде снижается до 25 %. Применение четырехступенчатого холодильного агрегата S740 позволяет существенно сократить суточные затраты электроэнергии на работу компрессоров. Используются общие конденсатор и испаритель, площадь поверхности которых выбирают исходя из расчетной холодопроизводительности холодильного агрегата. В режимах пониженной холодопроизводительности (например, при 50 %) из четырех будут работать только два компрессора, причем тепловые потоки в конденсаторе и испарителе будут вдвое меньше, чем в расчетном режиме. Это обеспечит снижение температуры конденсации и соответственно улучшит энергетические показатели холодильного агрегата.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кокорин О.Я.* Энергосберегающая технология функционирования систем вентиляции, отопления, кондиционирования (систем ВОК). –М.: Изд. Проспект, 1999.

2. *Кокорин О.Я.* Установки кондиционирования воздуха. –М.: Машиностроение, 1978.

3. *СНиП* 2.04.05–91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. –М.: ГУП ЦПП.1997.

4. *Каталоги* средств автоматизации систем теплохолодоснабжения зданий фирмы «Данфосс».

5. *Каталоги* насосного оборудования фирмы «Грундфос».

FABS
REFRIGERATION

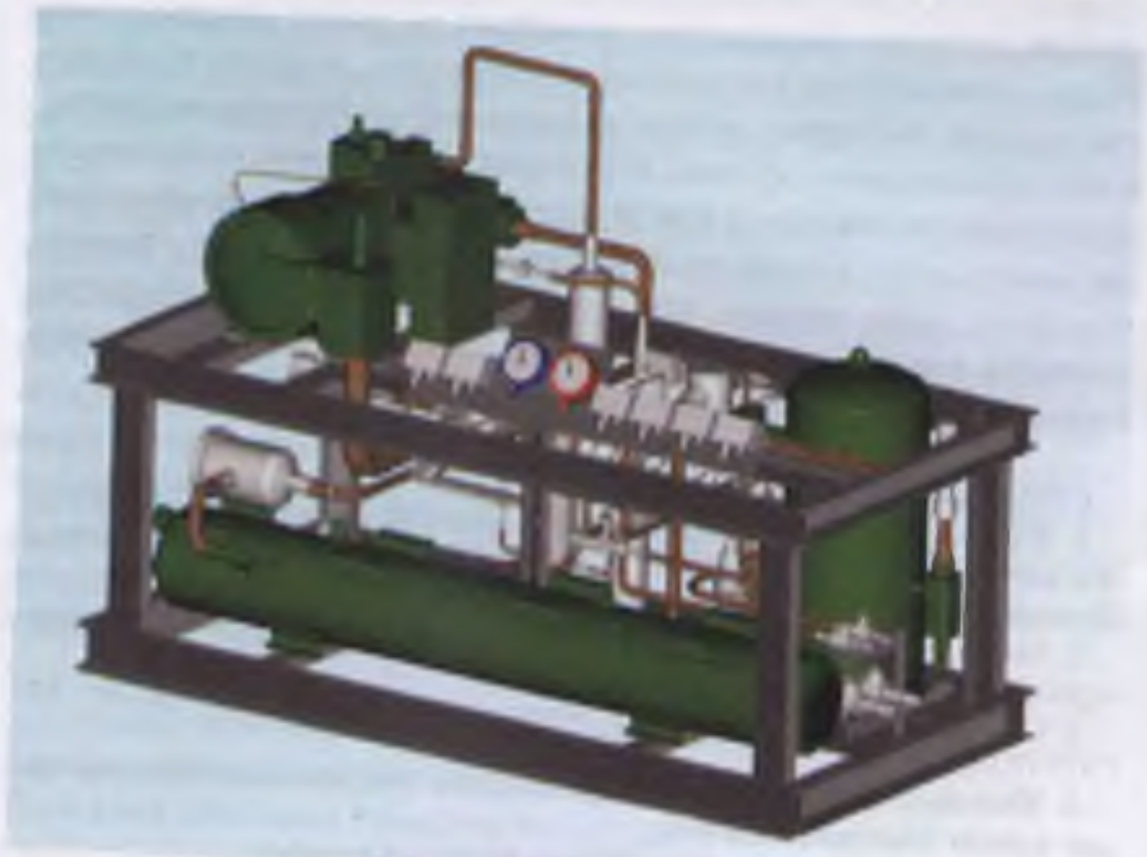
ПРИМЕНЕНИЕ САПР ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ХОЛОДИЛЬНЫХ АГРЕГАТОВ

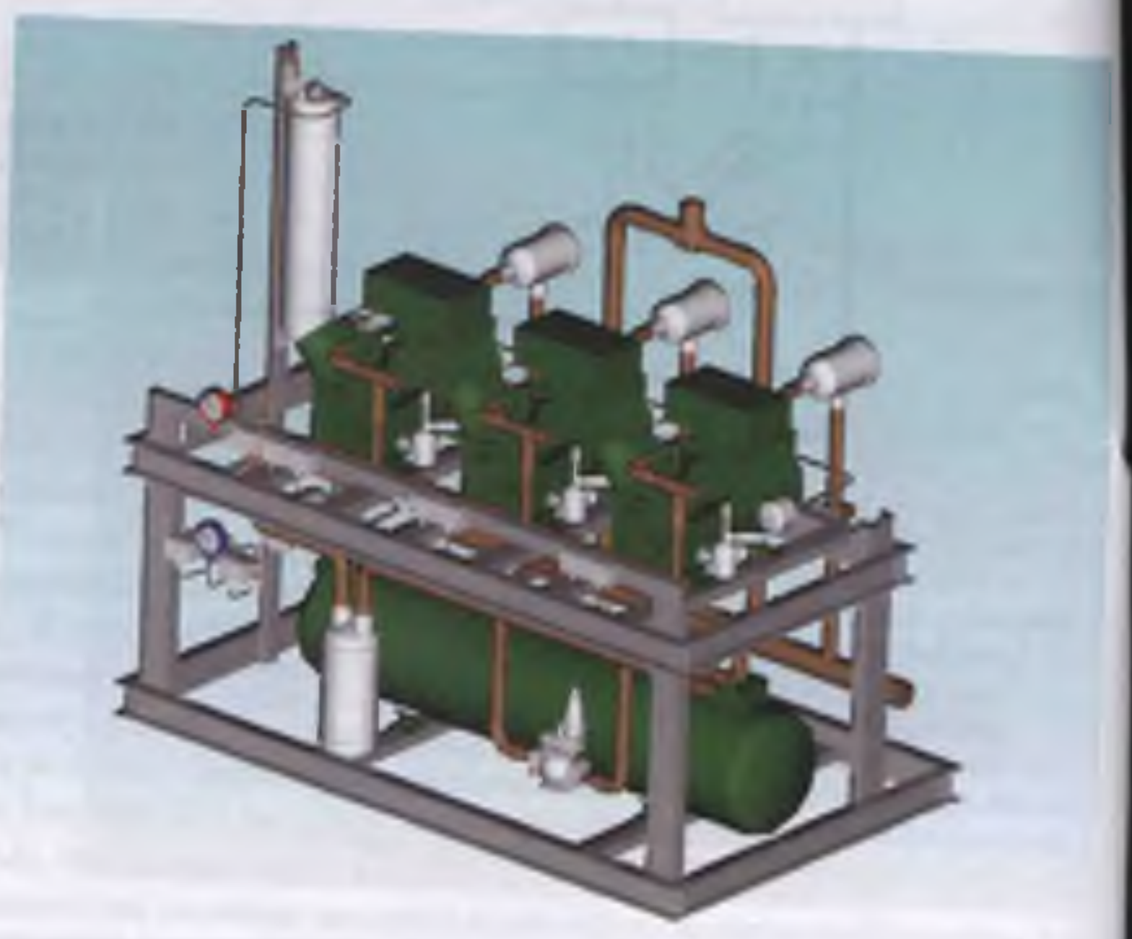
А.Г. ЛАЗАРЕВ, А.Ю.УТКИН

Создание любого механизма или устройства требует проведения проектных работ для выявления количества и вида операций, материальных затрат и т. д. Одним из наиболее важных этапов при проработке проекта является составление конструкторской документации на изделие. До наступления эры компьютеров этот этап занимал большое количество времени и людей. В итоге изделие часто теряло свою актуальность.

Применение компьютерных систем автоматизации проектирования (САПР) коренным образом изменило к лучшему процесс разработки изделий. 2–3 инженера-дизайнера со знанием компьютера теперь способны заменить конструкторское бюро. Средства визуализации позволяют оценить внешний вид изделия до воплощения его в металле. Стоит заметить, какую гибкость обрел сам процесс проектирования: изменить чертеж на экране компьютера можно теперь в десятки раз быстрее, чем при работе с кульманом. Системы автоматизации проектирования нашли широкое применение в промышленности, в том числе в автомобилестроении, авиации, станкостроении и, конечно же, в холодильной отрасли.

До последнего времени на рынке предлагалось промышленное холодильное оборудование с минимальным комплектом документов, содержащих информацию о его компоновке. С увеличением мощности, а соответственно и сложности холодильных машин, повысились требования к точности компоновки входящих в них комплектующих. В связи с этим возросла необходимость в проработке проектов до сборки оборудования.





Применение механической САПР – AutoCAD позволяет провести ряд подготовительных работ и решить вопросы, возникающие на стадии заказа комплектующих, а также помогает быстро выбрать оптимальные компоновочные решения.

При размещении элементов холодильного оборудования на значительном расстоянии друг от друга пространственное моделирование дает возможность определить трассы трубопроводов и электрокабелей по этажам здания, согласовав их прокладку с другими инженерными коммуникациями, разместить оборудование на наиболее пригодных для монтажа производственных площадях, заранее заказать необходимые компоненты. Все это улучшило качество проекта и снизило его стоимость за счет экономии материальных и людских ресурсов, точного подбора номенклатуры комплектующих изделий и перечня технологических операций. При этом сроки проведения монтажных работ сократились в несколько раз.

Применение САПР при проектировании холодильных установок, в частности, для Троицкой бумажной фабрики (см. ХТ № 4/2000), компрессорных блоков (рис. 1, 2) позволило реализовать все вышеперечисленные преимущества.

В настоящее время инженеры компании "ФАБС Рефриджирейшн" используют САПР при проектировании всех видов промышленного холодильного оборудования. Заказчики отмечают высокий уровень его технической проработки не только на бумаге, но и в металле.

ЗАО «ФАБС Рефриджирейшн»
125190, Россия, Москва, Ленинградский пр-т, 80.
Тел.: (095) 737-8252, 158-7569
Факс: (095) 943-9226
E-mail: fabs@comail.ru
Internet: www.fabs.ru

ХОЛОДНОЕ ЗОЛОТО В ЮЖНОАФРИКАНСКИХ РУДНИКАХ

Для обеспечения нормальных условий работы при глубинном бурении необходимо постоянно тщательно охлаждать шахтные стволы. При использовании пластинчатых теплообменников «Альфа Лаваль» затраты на работу насосов, а также расход воды могут быть снижены.

Экономика Южной Африки опирается в основном на горнодобывающую промышленность, доля которой составляет приблизительно 10 % валового национального продукта. Южная Африка имеет крупнейшие в мире запасы золота, хрома, силикатов алюминия, марганца, платины, титана и ванадия. По запасам таких минералов, как вермикулит и цирконий, Южная Африка стоит на втором месте.

ОХЛАЖДЕНИЕ БУРОВЫХ ШАХТ

Когда вновь пробуренная шахта достигает глубины 4 км и более, около 5 лет уходит, как правило, на то, чтобы довести высокую температуру в ней до приемлемого уровня и создать нормальные условия для работы шахтеров.

Представительство фирмы «Альфа Лаваль» в Южной Африке начало поставлять холодильное оборудование на рынок горнодобывающей промышленности в 1984 г., когда Stal-Astra (компания, входившая в то время в фирму «Альфа Лаваль») установила в качестве эксперимента на золотом руднике на глубине 2700 м под землей первые машины 4MW, работающие на R12.

ПТО СНИЖАЮТ ЗАТРАТЫ НА НАСОСНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Сегодня большинство этих холодильных установок находится на поверхности и работает на аммиаке. Вода охлаждается до 0,5 °С и прокачивается через воздухоохладитель, после чего холодный воздух поступает в шахту. Туда же подается вода для охлаждения стенок шахтного ствола. Впоследствии эту отработанную воду необходимо из шахты откачать. Откачка воды из шахтных стволов (500 кг/с с глубины 4000 м) является одной из самых дорогостоящих операций при горной добыче.

Преимущество пластинчатого теплообменника здесь очевидно. Обычный кожухотрубный теплообменник способен охлаждать воду только до 4 °С, в то время как пластинчатый может довести температуру воды до 0,5 °С. Это уменьшает расход воды на охлаждение шахты и существенно снижает затраты на откачку воды.

Alfa Laval

ОАО "Альфа Лаваль Поток"
141070, Королев. ул.Советская,73,
тел.: (095)232-1250.

ФИРМА
«НОРД»
113186, Москва, Севастопольский проспект, 25.
Тел./факс: 127-22-04, 127-46-11, 913-96-85, 913-96-94, 124-10-96. http://nord.cjb.net. E-mail: nord@orc.ru

Компактные конденсаторы с постоянной высокой производительностью

LU-VE CONTARDO

Конденсаторы STN, STFT и STVF фирмы LU-VE CONTARDO (Италия) благодаря уникальной технологии, используемой при их сборке, обладают по сравнению с обычными конденсаторами, изготовленными из медных трубок и алюминиевых ребер, существенными преимуществами.

Приводим отличительные особенности этих конденсаторов.

• **УВЕЛИЧЕННЫЙ ТЕПЛООБМЕН,** достигаемый благодаря "беструбной" технологии изготовления и наличию специальных выступов и каналов в трубках и ребрах, которые вызывают турбуленцию потоков воздуха.

• **УМЕНЬШЕННЫЙ ВНУТРЕННИЙ ОБЪЕМ** циркуляционного контура, что снижает расходы на фреон.

• **ПОВЫШЕННАЯ СТОЙКОСТЬ ПРОТИВ КОРРОЗИИ,** достигаемая в результате нового цикла защиты, что позволяет успешно использовать конденсаторы в самых тяжелых условиях работы. (Конденсаторы серии ST были испытаны в условиях соляного тумана по стандарту ASTM B117 в течение 400 ч.)

• **ПОСТОЯННАЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ** в течение длительного времени, обеспечиваемая специальной конфигурацией трубок для хладагента, которые образованы непосредственно пластинами оребрения.

• **АБСОЛЮТНАЯ ВНУТРЕННЯЯ ЧИСТОТА,** получаемая благодаря эксклюзивному производственному процессу, который предусматривает пайку при 1150 °С хомутов ребер в нейтральной атмосфере. Это особенно важно при использовании фреона 134а.

• **ПОВЫШЕННАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ,** в результате чего исключается возможность повреждения ребер и облегчаются операции по очистке конденсаторов.

• **ОПТИМАЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ ЭЛЕКТРОВЕНТИЛЯТОРОВ В КОНДЕНСАТОРАХ** STVF обеспечивает оптимальную производительность при бесшумной работе.

• **ОЧЕНЬ МАЛЕНЬКИЕ ГАБАРИТЫ** конденсаторов STFT, что позволяет получать очень высокую производительность, особенно при ограниченном пространстве, при этом снижается температура конденсации.

• **ОПТИМАЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ КОМПРЕССОРОВ И КОНДЕНСАТОРОВ.** В некоторых случаях, особенно при ограниченном пространстве для монтажа конденсатора, применение компактного высокоэффективного конденсатора STFT позволяет эффективнее использовать компрессор, а в некоторых случаях дает возможность применить компрессор меньшей производительности.