

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
И ИНФОРМАЦИОННЫЙ

Издается с января 1912 г.
Выходил под названием:
1912 – 1917 – "ХОЛОД"
1923 – 1924 – "Холод"
1925 – 1936 – "ХОЛОД"
1937 – 1940 – "Холод"
с 1941 – "ХОЛОДИЛЬНАЯ ТЕХНИКА"

Учредитель –
Издательство «Холодильная техника»

Холодильная Техника

Kholodilnaya Tekhnika

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ

Минпромнауки РФ
Международной академии холода

Главный редактор
Л.Д.Акимова

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

А.М.Архаров	И.И.Орехов
А.В.Бараненко	И.А.Рогов
Г.А.Белозеров	В.В.Румянцев
Б.М.Бершицкий	В.И.Смыслов
О.В.Большаков	И.Я.Сухомятинов
В.М.Бродянский	О.М.Таганцев
А.В.Быков	Н.В.Товарас
В.А.Выгодин	В.Н.Фадеев
Л.В.Галимова	И.Г.Хисамеев
А.А.Гоголин	О.Б.Цветков
А.К.Грезин	И.Г.Чумак
И.М.Калнинь	А.В.Шаманов
А.А.Мифтахов	

Ответственный секретарь
Е.В.Плуталова

Дизайн и компьютерная верстка
Т.А.Миансарова

Компьютерный набор
Н.А.Ляхова, Н.В.Гераскина
Корректор Т.Т.Талдыкина

Ответственность за достоверность
рекламы несут рекламодатели.
Рукописи не возвращаются.

Адрес редакции:
107045, Москва,
Уланский пер., д. 21, стр. 2, оф. 1
Тел./факс: (095) 207-2396

E-mail: holodteh@ropnet.ru

http://www.holodteh.ru

Подписано в печать 20.11.2003.
Формат 60x88¹/₈. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 6,5.

Отпечатано в ООО «АфиксСистема»



© Холодильная техника, 2003

МЕРЕ:

IN ISSUE:

БИТЦЕР
Винтовым компрессорам фирмы
«Битцер» 20 лет

2 BITZER
Bitzer screw compressors
are 20 years old

НАУКА И ТЕХНИКА

Кириллов Н.Г. Холодильные машины Стирлинга – патентные исследования и научно-технический прогноз тенденций развития до 2010 г.

6 SCIENCE AND TECHNIQUE
Kirillov N.G. Stirling refrigerating machines – patent investigations and scientific and technical forecast of trends of development for the period up to 2010

ГЕА ГРАССО
Грассо Рефрижерейшн, ООО:
холодильные установки, оригинальные запчасти и фирменный сервис для оборудования фирмы Грассо

12 GEA GRASSO
Grasso Refrigeration, ООО:
refrigerating installations, original spare parts and the firm's service for Grasso company equipment

Улитенко А.И., Прадед В.В., Пушкин В.А.
Автономная система охлаждения мощных ионных лазеров

14 Ulitenko A.I., Praded V.V., Pushkin V.A.
Self-contained refrigerating system for powerful ion lasers

КРИОТЕК
Кузнецов И.А. Перспективы развития технологии хладагентов

18 CRYOTECH
Kuznetsov I.A. Prospects for development of refrigerants technology

ФАБС
Ахметзянов М.Т. Холодоснабжение Петелинской птицефабрики

22 FABS
Akhmetzynov M.T. Refrigeration supply of poultry farm in Petelino

ЙОРК
York – поставщик готовых технических решений

26 YORK
York – is a supplier of ready technical solutions

СТАНДАРТИЗАЦИЯ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Продукция, прошедшая сертификацию в НП «СЦ НАСТХОЛ» в октябре 2003 г. и получившая разрешение Госгортехнадзора России на право применения во взрывопожароопасных производствах

34 STANDARDIZATION AND CERTIFICATION
Products having passed certification at NP «STs NASTHOL» in October of 2003 and obtained the permit of Gosgortekhnadzor of Russia for the right to be used at explosion-fire-hazard production processes

ДЛЯ ПРАКТИКОВ

Кузнецов Б.А., Гончарова Г.Ю., Леппянен Х. «Ледоварение»: физика процесса и практика

36 ASSISTANCE TO PRACTICAL WORKERS
Kuznetsov B.A., Goncharova G.Yu., Leppyanen H. «Ice cooking» – physics of the process and practice

ХРОНИКА

Союзхолодпром станет Российским

40 MISCELLANY
Soyuzkholodprom will become the Russian

Мингажева Т.П. Семинар по проблемам искусственных катков

42 Mingazheva T.P. Seminar on problems of artificial skating rinks

ИКК-2003 глазами российских специалистов

44 IKK-2003 in opinion of Russian specialists

В МЕЖДУНАРОДНОМ ИНСТИТУТЕ ХОЛОДА

Из Бюллетеня МИХ

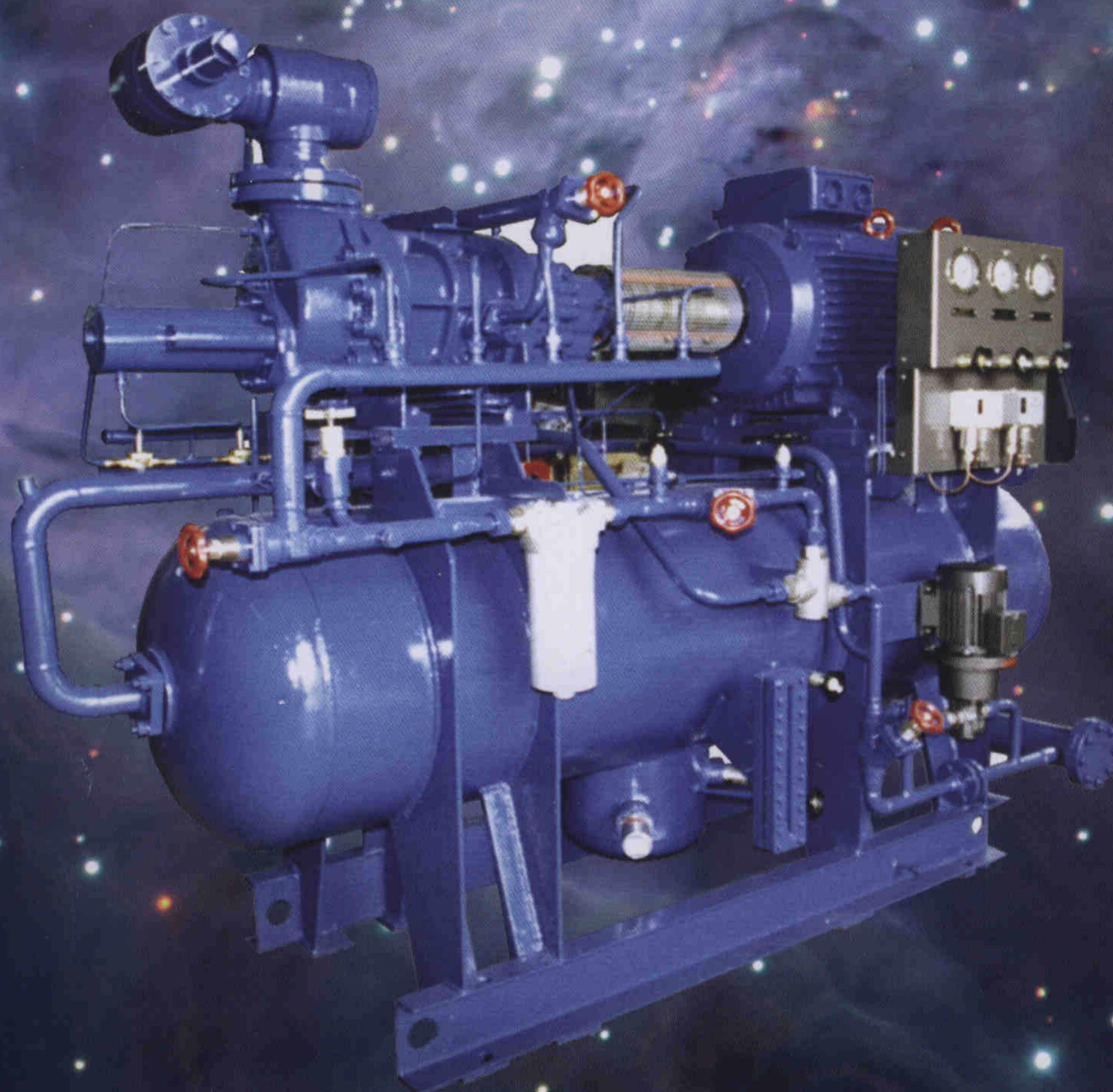
49 AT INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION

From Bulletin of IIR
БІБЛІОТЕКА
ім. О. Гмирьова
34001, м. Миколаїв,
вул. Московська, 9



НПФ ХИМХОЛОДСЕРВИС

**ПРЕДЛАГАЕТ АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ
ВИНТОВЫЕ КОМПРЕССОРНЫЕ АГРЕГАТЫ
СОБСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ
КОМПРЕССОРОВ AERZEN (ГЕРМАНИЯ)**



Марка компрессора	$Vh, \text{ м}^3/\text{ч}$	NH_3				R22			
		$t_0 = -15^\circ\text{C}$ $t_k = 35^\circ\text{C}$		$t_0 = -35^\circ\text{C}$ $t_k = 35^\circ\text{C}$ с экономайзером		$t_0 = -15^\circ\text{C}$ $t_k = 35^\circ\text{C}$		$t_0 = -35^\circ\text{C}$ $t_k = 35^\circ\text{C}$ с экономайзером	
		$Q_0, \text{ кВт}$	$N_0, \text{ кВт}$	$Q_0, \text{ кВт}$	$N_0, \text{ кВт}$	$Q_0, \text{ кВт}$	$N_0, \text{ кВт}$	$Q_0, \text{ кВт}$	$N_0, \text{ кВт}$
046 Н	233	110,2	38,9	53,7	32,7	104,9	40,7	60,9	37,3
046 N	355	167,6	58,6	81,5	49,2	159,8	61,2	92,9	56,2
146 Н	444	221,9	76,1	107,4	63,0	211,6	79,8	122,7	71,6
146 N	678	337,2	114,8	162,2	94,4	321,8	120,1	186,6	108,0
246 Н	911	454,3	153,0	218,2	124,8	434,3	160,4	251,7	143,0
246 N	1378	690,0	231,0	331,4	189,0	659,0	242,0	382,4	216,0
346 Н	1830	907,0	295,0	432,2	235,0	866,0	311,0	498,0	269,0
346 N	2754	1389,0	446,0	660,0	355,0	1325,0	469,0	759,0	404,0

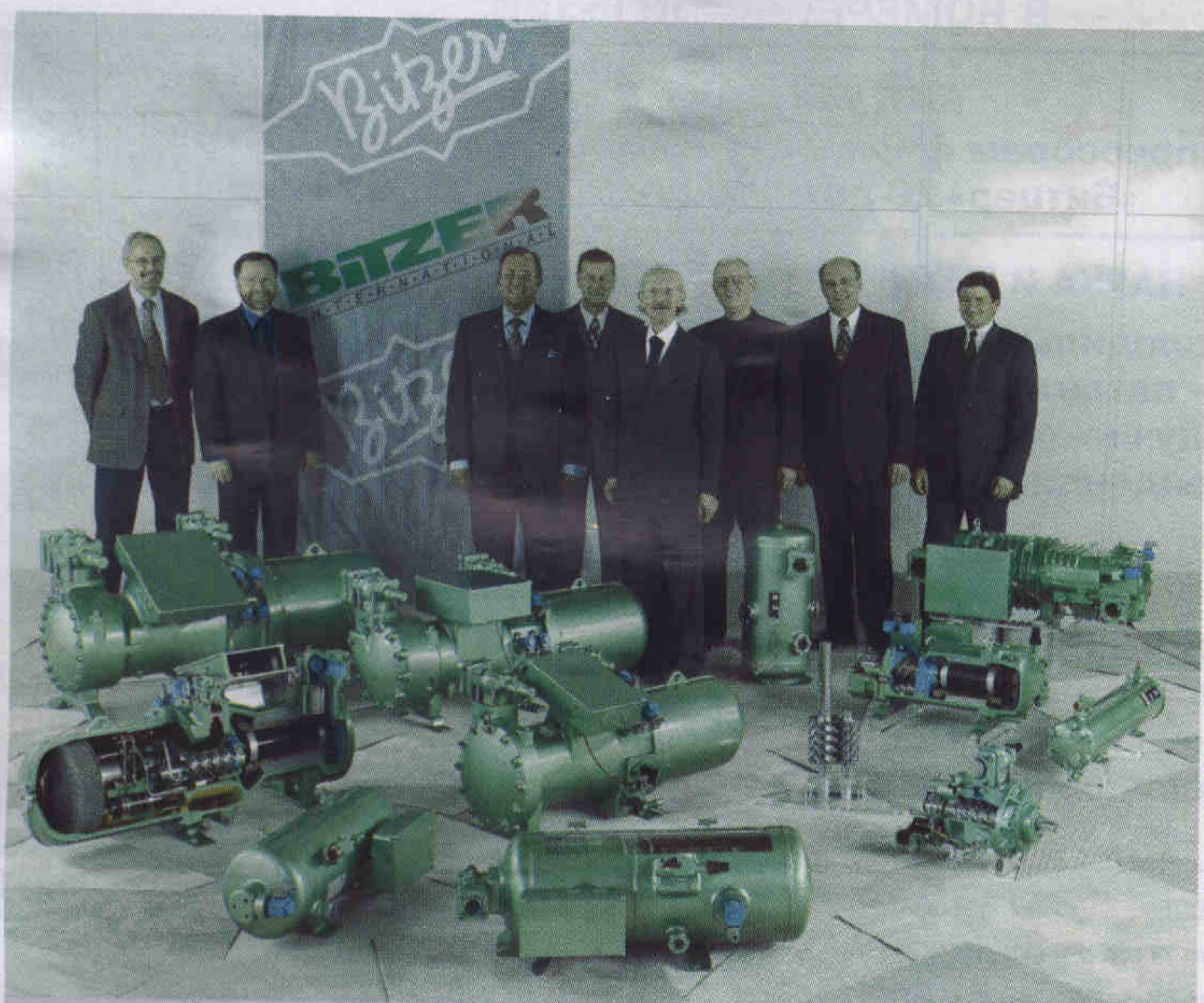
Примечания: 1. Перегрев 5°C , переохлаждение 0°C . 2. Потери давления на всасывании, выраженные в температурном эквиваленте: 1°C для NH_3 и 2°C для R22. 3. Одноступенчатое дросселирование для режима $-35^\circ\text{C}/35^\circ\text{C}$.

ООО «НПФ ХИМХОЛОДСЕРВИС»

127422, г. Москва, ул. Костякова, 12. Тел. (095) 210-93-10, 210-45-11, 976-48-04

BITZER

Винтовыми компрессорами



Юбилейное фото на выставке, посвященной 20-летию серийного производства винтовых компрессоров компании «Битцер» (слева направо): Вольфганг Зандкоттер (директор по общим разработкам), Рольф Дитрих (главный инженер винтовых компрессоров), Ханс П. Мойзер (вице-президент компании), Клаус Хосснер (начальник испытательной лаборатории), сенатор г-н Петер Шауфлер (управляющий директор, владелец компании Bitzer Kuhlmaschinenbau GmbH), Берт Штензель (бывший руководитель технологического отдела и специалист по прогнозированию в области производства винтовых компрессоров), Герман Ренц (директор научно-технического отдела) и Уве Зеeman (главный специалист по международному маркетингу винтовых компрессоров)

20 лет назад фирма «Битцер» основала новое направление – производство винтовых компрессоров для холодильных систем и систем кондиционирования воздуха.

История успехов и достижений компании Bitzer Kulmaschinenbau GmbH началась с серийного производства винтовых компрессоров типа OST7061 на сборочном заводе в Зиндельфингене 26 января 1983 г. Тогда годовой выпуск продукции составлял всего около 500 компрессоров. К концу 2003 г. он должен возрасти примерно до 13 600 компрессоров. Выпуск этой серии в 1983 г. и ее успешная эксплуатация позволили опровергнуть утверждение о нецелесообразности применения винтовых компрессоров с объемной производительностью меньше 300 м³/ч.

С ЧЕГО ВСЕ НАЧИНАЛОСЬ

Вспоминает Берт Штензель, в ту пору главный инженер и разработчик винтовых компрессоров в компании «Битцер»: «Приступив в 1975 г. к пересмотру стратегии компании, мы задумались над тем, как и с какой продукцией могли бы улучшить свое положение на рынке. Первоначальная идея изготовления испарительных воздухоохладителей, маслоохладителей или водоохлаждающих установок была отвергнута. Наша компания зарекомендовала себя именно как изготовитель узлов систем, и поэтому мы решили в полной мере использовать эту нашу известность на рынке компрессоров для холодильных установок. Это была та единственная продукция, которую мы знали достаточно хорошо».

Однако проблема заключалась в том, что к этому моменту все наиболее важные ниши на рынке были уже заняты. Кроме компании «Битцер» на мировом рынке работали другие известные фирмы, серийно производящие полугерметичные и даже герметичные поршневые компрессоры. Казалось, дальнейшее продвижение на рынок в такой установившейся отрасли было возможно только путем формирования определенной ценовой политики. Однако это никак не соответствовало деловому стилю компании «Битцер», и по согласованию с ее владельцем Петером Шауфлером была разработана новая стратегия, предусматривающая два направления развития:

- разработка и производство высококачественной продукции, сравнимой или даже взаимозаменяемой с продукцией конкурирующих фирм, такой, как полугерметичные поршневые компрессоры «Поколение 2» и выпускаемые в настоящее время поршневые компрессоры се-

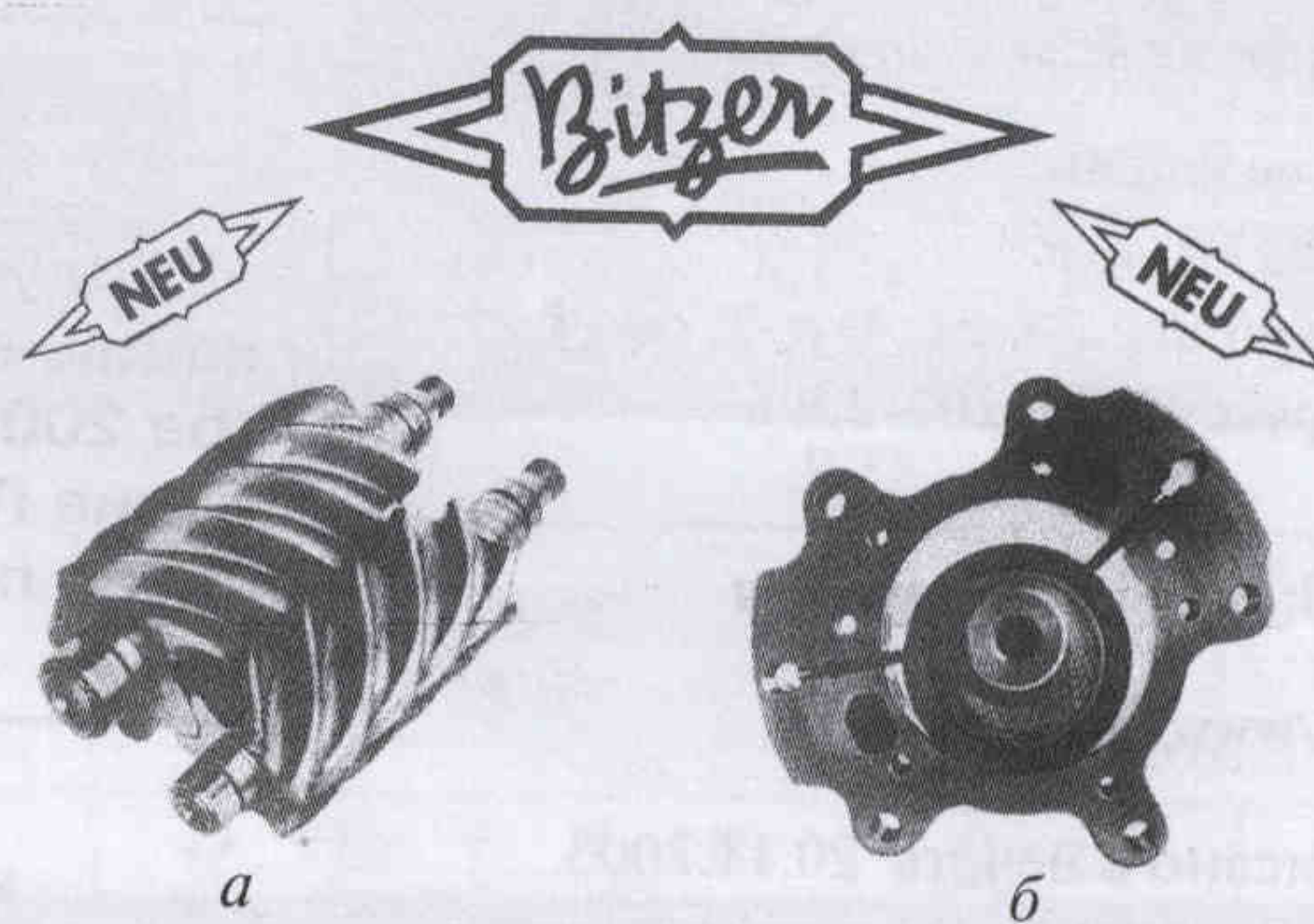
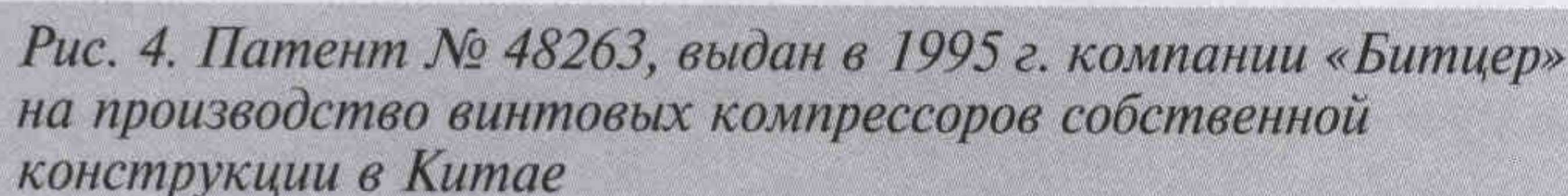


Рис. 1. Холодильные компрессоры:
а — винтовой компрессор потребляемой мощностью 30...
60 кВт; б — компрессор с катящимся ротором
потребляемой мощностью 2...4 кВт.

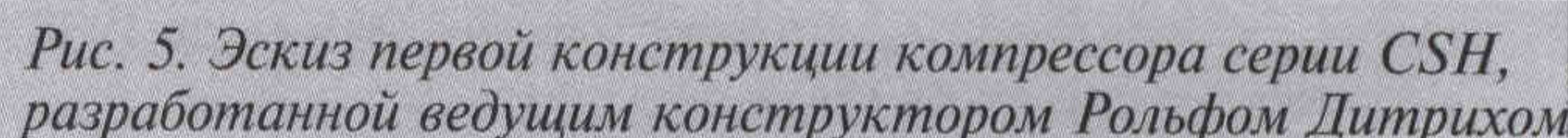
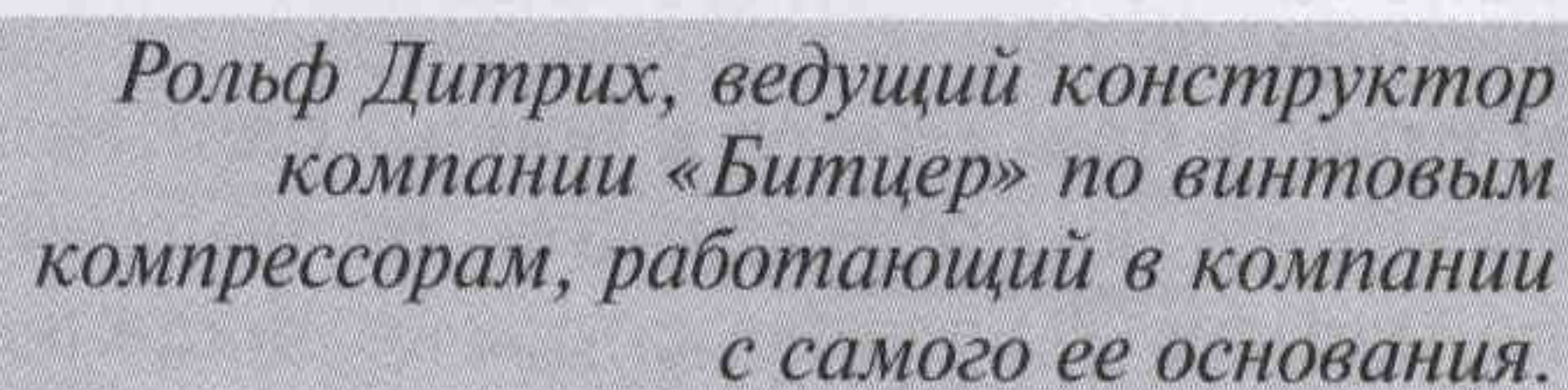
Уже в начале декабря 1981 г. в информационном листке ССИ (Германия) появилась реклама новых винтовых компрессоров, а также новых роторных компрессоров производства компании «Битцер»

В настоящее время собственная технология компании «Битцер» по изготовлению винтовых компрессоров, которая известна во всем мире, запатентована за пределами Германии и даже Европы. Например, в Китае она зарегистрирована патентом № 48263 от 14 июля 1995 г. (рис. 4), а в США – патентом № US 6364645 В1 от 2 апреля 2002 г.



- 1984 г. – первая демонстрация работы винтового компрессора с преобразователем частоты на стенде компании «Битцер» во время выставки IKK в Нюрнберге. Много позднее было признано, что фактически это было первое применение преобразователя частоты в данной области.

- 1999 г. – внедрение новой серии компактных винтовых компрессоров CSH75 (рис. 5) объемной производительностью



- 2002 г. – введение на продукции надписи «Сделано компанией «Битцер» вместо надписи «Сделано в Германии». Этот показатель стандартного качества изготовления, применяющийся в г. Зиндельфинген в Германии, гарантирует высокое качество также и продукции дочерних предприятий компании в Европе, Америке и Азии. Единые стандарты качества компании действуют по всему миру. Каждый винтовой компрессор проходит на заводе «ходовые» испытания с замером 70 рабочих характеристик, которые регистрируются в протоколах выпускных испытаний.

В холодильной технике наблюдается устойчивая тенденция к применению многокомпрессорных центральных вместо больших единичных компрессоров (рис. 6), что, с одной стороны, увеличивает надежность системы, а с другой – повышает ее эффективность при частичных нагрузках. В связи с этим компанией ожидается дальнейший рост

В будущем компания собирается построить научно-исследовательский и опытно-конструкторский центр площадью 2500 м², который будет непосредственно соединен с производством в Роттенбург-Эргенцингене.

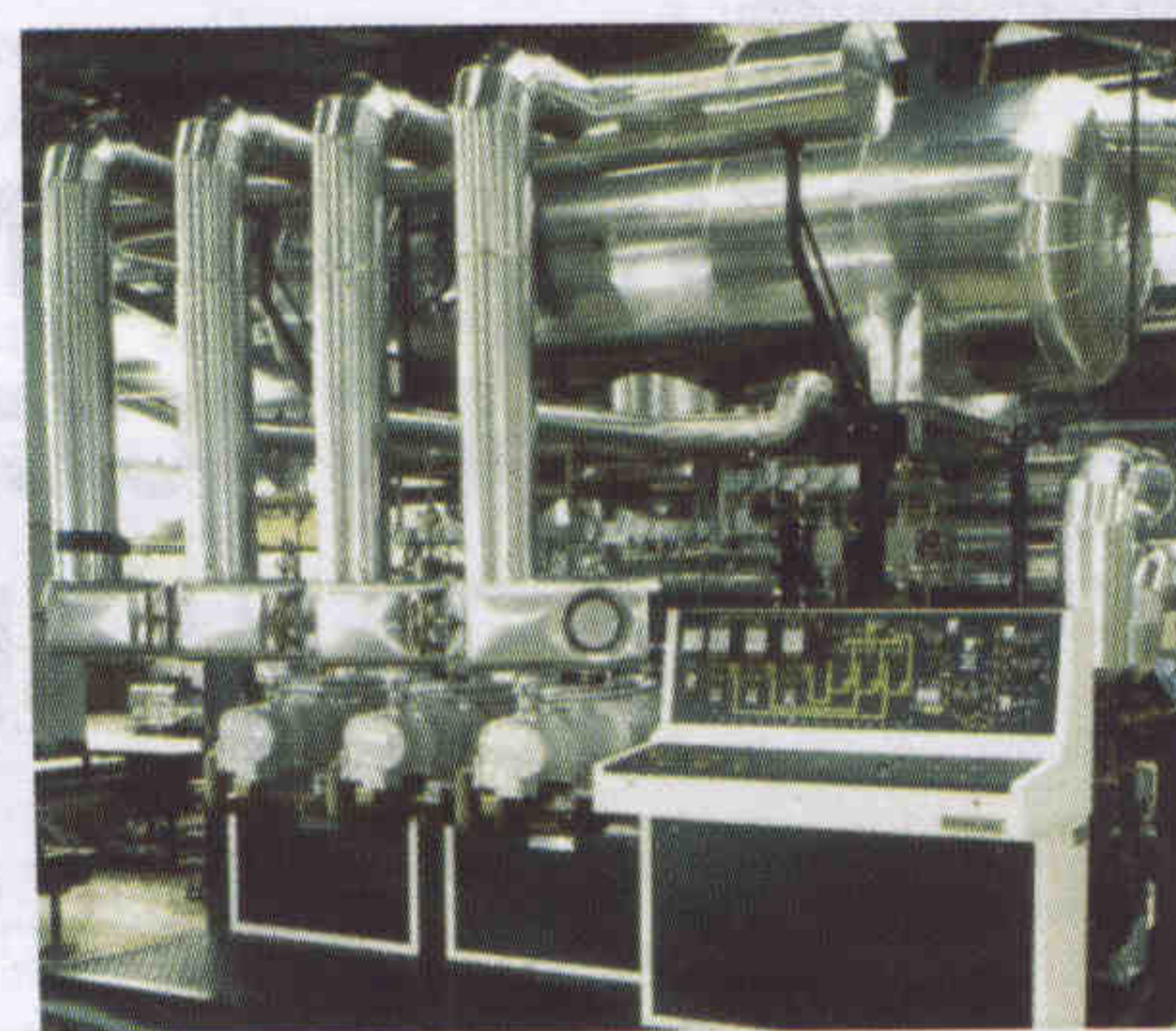


Рис. 6. Централь для установки быстрого замораживания с тремя компрессорами типа HSN7061-40/80, работающими на R502

УДК 621.56:59

ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ СТИРЛИНГА – ПАТЕНТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ДО 2010 г.

Канд. техн. наук **Н.Г. КИРИЛЛОВ**

Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского

Principles of patent search carried out in the field of Stirling machines are considered. Countries and companies carrying out the most intensive work in this direction of technique since 1976 have been determined. The dynamics of taking out patents on Stirling machines on the whole and on certain directions of design improvement has been evaluated. According to the obtained results a forecast determining the promising directions of research in the field of Stirling machines up to 2010 year has been drawn up.

В конце прошлого века в России из-за социально-экономического кризиса исследования по созданию машин Стирлинга были практически свернуты, а многие научно-исследовательские и проектно-конструкторские организации, работавшие в данной области, распались. В результате наметилась явная тенденция отставания отечественной науки и промышленности в создании энергопреобразующих систем с применением машин Стирлинга. Для изучения современных достижений в данной области и определения основных тенденций дальнейшего развития необходимы проведение патентных исследований и разработка научно-технического прогноза до 2010 г.

Патентные исследования в области машин Стирлинга

При проведении патентных исследований глубина (ретроспективность) поиска информации определялась в зависимости от долгосрочности последующего научно-технического патентного прогноза, выбранного прогностического метода и той характеристики массива, по ко-

торой оценивались тенденции развития исследуемой области. Для среднесрочных прогнозов (к которым относятся прогнозы на основе патентной информации) ретроспективность, как правило, устанавливается равной 5—10 годам. Однако, учитывая, что патентная информация в национальные патентные фонды поступает из некоторых стран с опозданием на 3—4 года, а информация по акцептованным заявкам Японии, составляющая около 30 % всей информации по машинам Стирлинга, публикуется в среднем через 6—7 лет с момента подачи заявки, нижняя граница временного интервала поиска была ограничена 1976 г.

На основе разработанного регламента был проведен поиск патентной информации и выявлен информационный массив из 1366 заявок на изобретения, по-

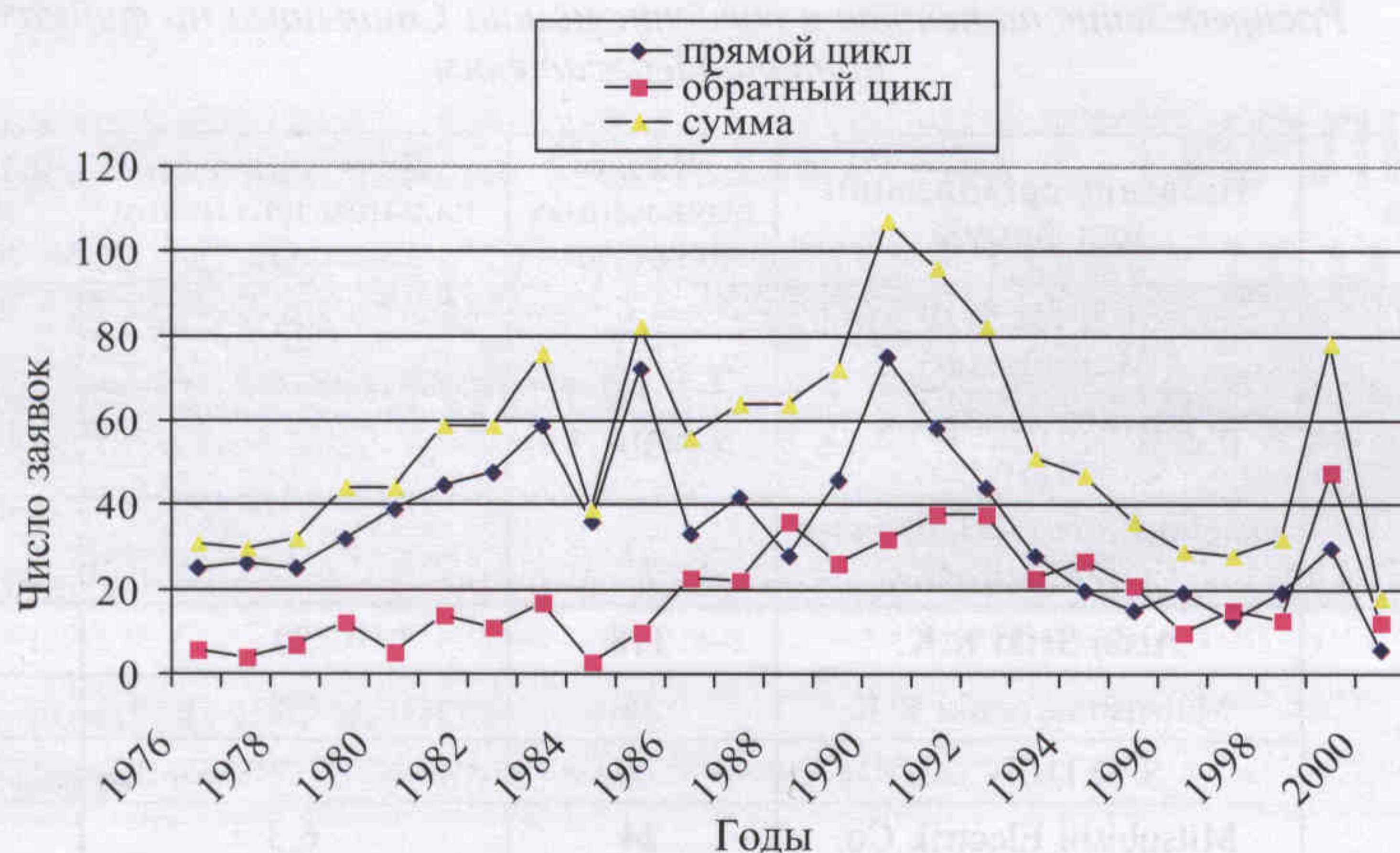
данных 116 фирмами. Были определены страны, в которых наиболее интенсивно ведутся исследования в области проектирования и создания машин Стирлинга, а также основные направления этой работы (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что лидирующее положение занимают три страны: Россия, имеющая 30 % общего количества патентных документов, Япония и США (соответственно 28 и 20 %). Направления исследования машин Стирлинга в разных странах существенно различаются. Так, в России в основном ведется работа по созданию криогенных систем, в США и Японии преобладает направление по совершенствованию микрокриогенных систем, двигателей и холодильных машин Стирлинга для умеренного холода, в Германии исследуются двигатели Стирлинга и энергетические установки на основе совмещенного цикла Стирлинг-Стирлинг (машины Вюлемье-Такониса).

Таблица 1

Распределение патентов в области машин Стирлинга по странам мира

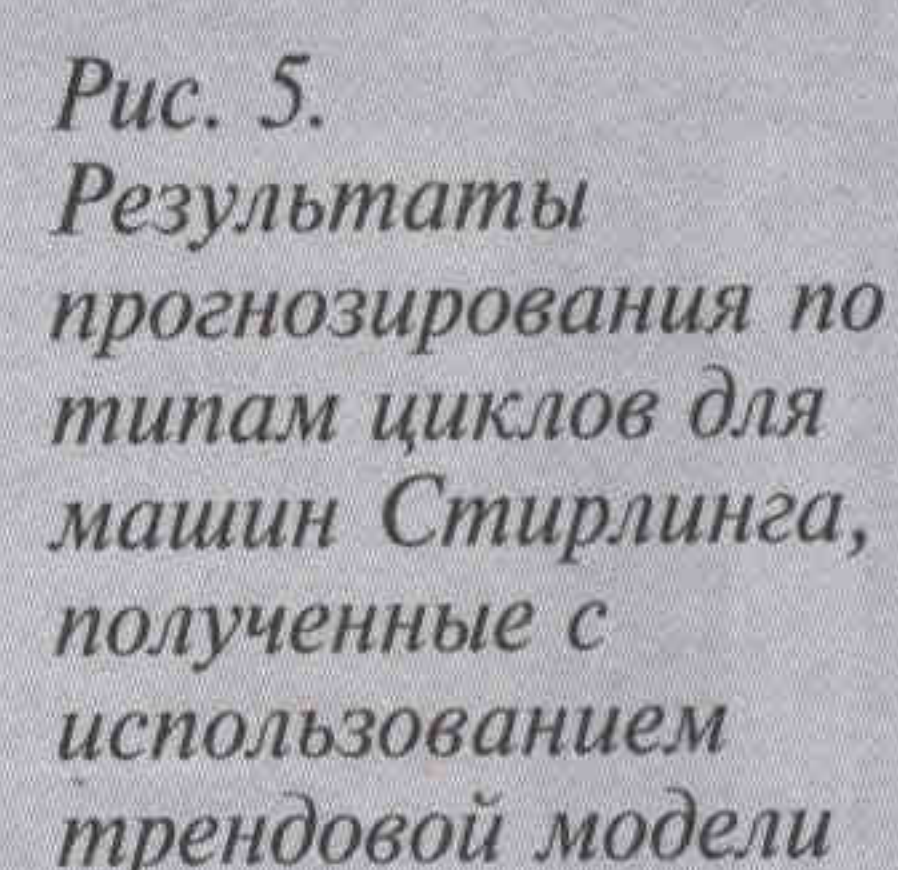
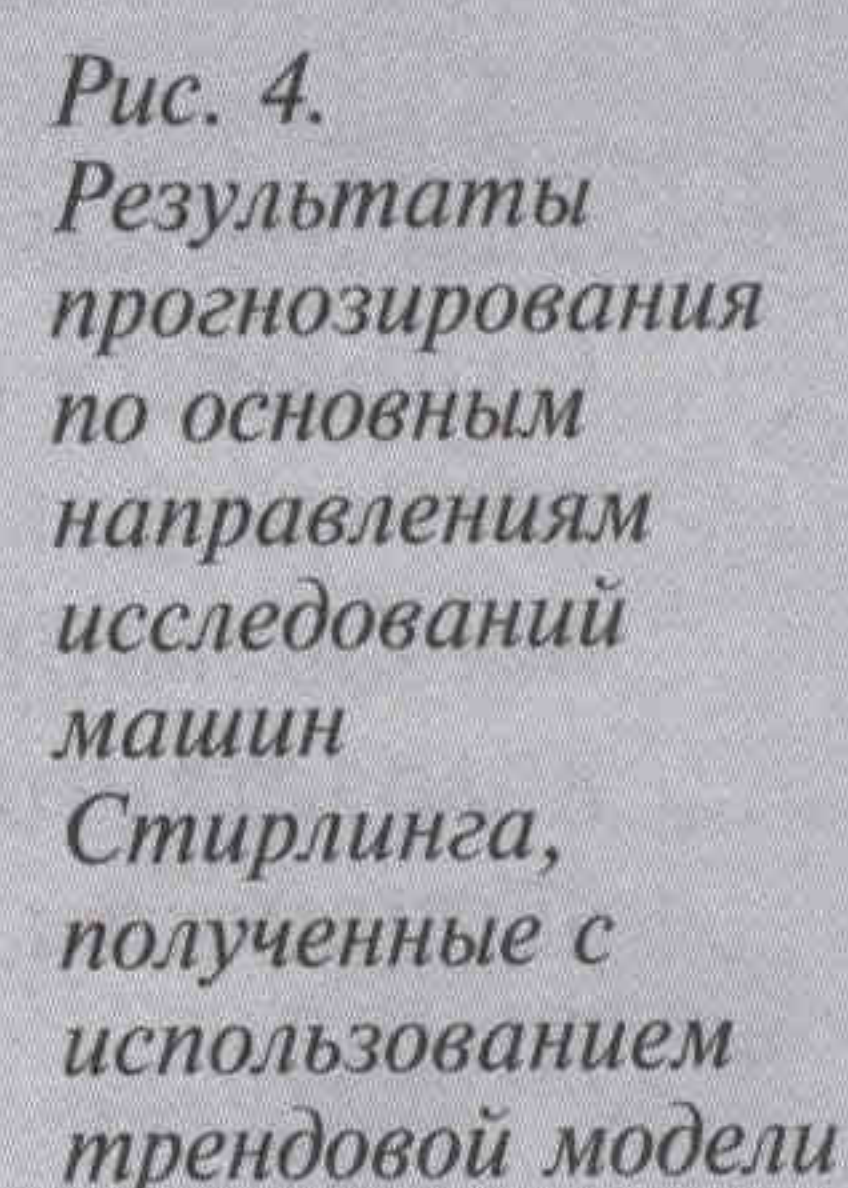
Страна	Общее количество заявок	Теплообменники	Поршневая группа	Уплотнения	Привод	Системы управления и регулирования	Системы на основе машин Стирлинга	Доля в мировом патентном массиве, %
Россия	411	78	36	7	98	30	162	30
Япония	381	104	34	36	101	51	55	28
США	270	54	31	15	86	36	48	20
Германия	140	46	16	3	46	11	18	10
Прочие страны	164	24	10	12	50	24	44	12



Работа начинается с анализа результатов, полученных методами экстраполяции, согласно которому динамический информационный ряд за предшествующий времени прогноза период аппроксимируется некоторой функцией, отражающей характер его изменения во времени. Затем все установленные в прошлом и настоящем закономерности переносятся на будущее, в предположении, что установленные темп и характер развития объекта сохраняются неизмен-

- представленный на рис. 4 прогноз по направлениям совершенствования машин Стирлинга показывает, что наметилась тенденция к снижению темпов роста изобретательской активности в области теплооб-

Наиболее интенсивно развивается направление по созданию энергопреобразующих систем на основе машин Стирлинга. Это позволяет сделать очень важный вывод: в настоящее время решены практически все вопросы с конструированием основных элементов машин Стирлинга, и разработчики приступили непосредственно к созданию холо-

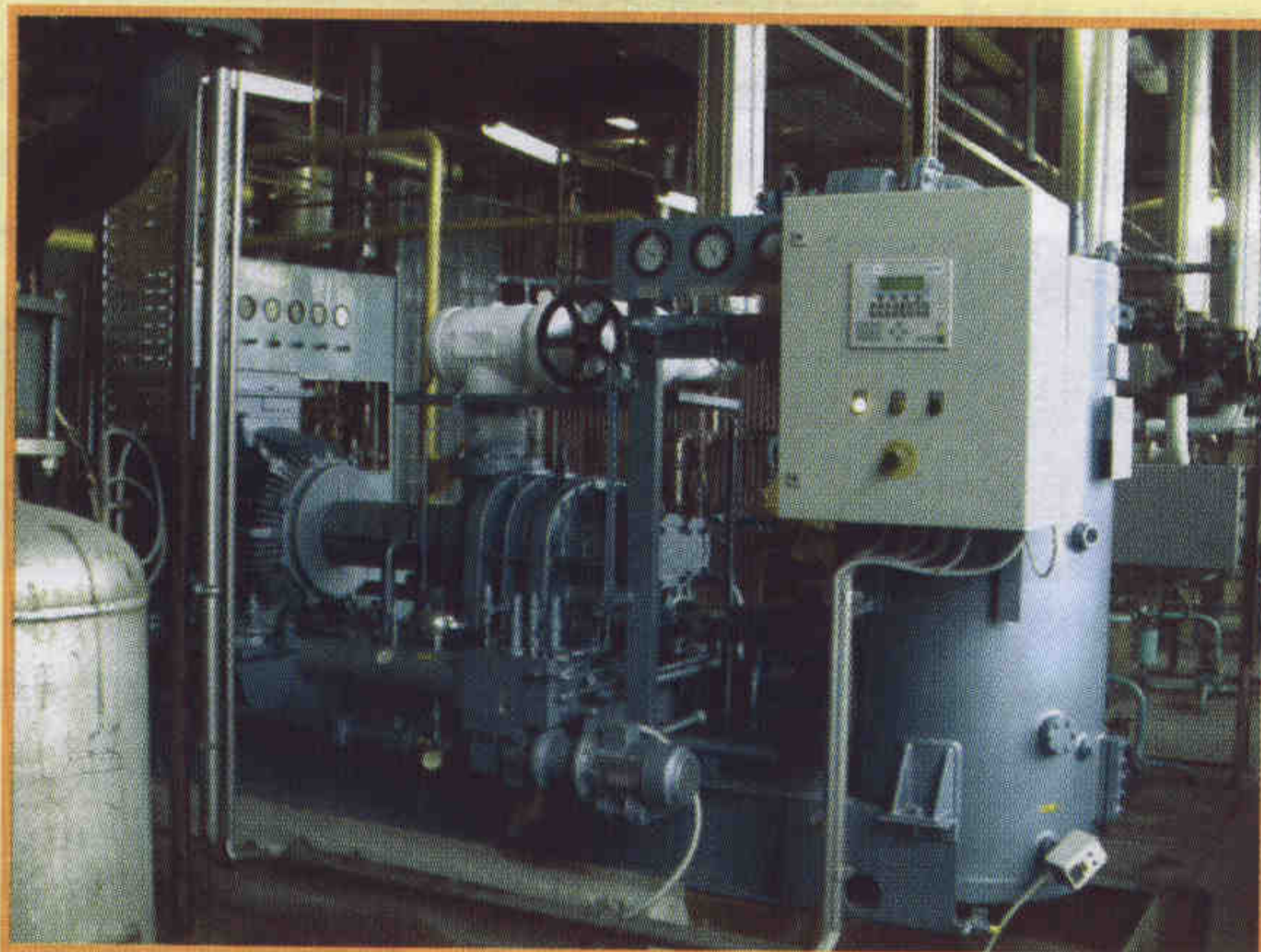
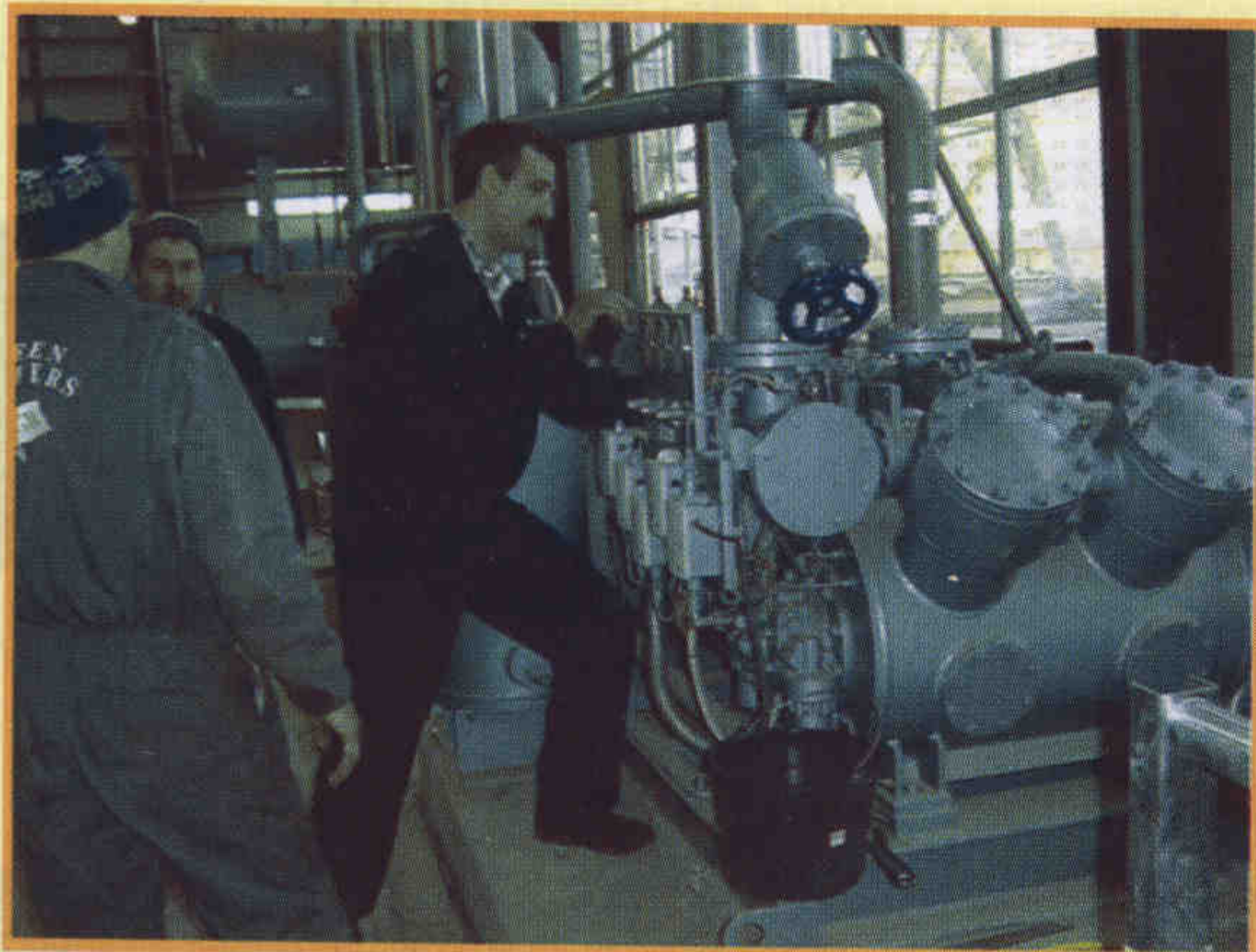


События последних десяти-



Грассо Рефрижерейшн, ООО
Grasso International GmbH / B.V.

Грассо Рефрижерейшн, ООО: холодильные установки, оригинальные запчасти и фирменный сервис для оборудования фирмы Грассо



оборудования и запчастей, находящихся на складе компании в Москве. Возможна поставка не только запасных частей для компрессоров, компрессорных агрегатов и холодильных машин Грассо, но и для других компонентов, таких, как насосы, конденсаторы, приборы ав-

томатики и т.д. Грассо Рефрижерейшн, ООО также продолжает поставку запасных частей к компрессорным агрегатам KUENLAUTOMAT, произведенным в ГДР.

Компания Грассо Рефрижерейшн, ООО является дочерним предприятием фирмы Грассо Интернэшнл. Грассо Рефрижерейшн, ООО осуществляет комплексный подход к решению ряда сложнейших задач, возникающих на предприятиях различных областей промышленности.

На сегодняшний день Грассо Рефрижерейшн, ООО имеет большой опыт работы на рынке и может предложить широкий спектр холодильного оборудования и предоставляемых услуг.

Одним из основных направлений деятельности компании является проектирование и поставка холодильного оборудования и комплектных холодильных установок. Это наиболее актуально для небольших предприятий, не имеющих собственных подразделений, занимающихся таможенной очисткой. Грассо Рефрижерейшн, ООО имеет лицензию Госстроя на проектирование, а также лицензию Госгортехнадзора РФ на осуществление проектирования аммиачных холодильных установок. Выполнение одними и теми же специалистами рабочего проекта, подбора и поставки оборудования позволяет решить задачу в кратчайшие сроки и избежать многих проблем.

При проектировании систем холодоснабжения промышленных предприятий "под ключ" практикуется также использование оборудования российского производства, соответствующего высшим современным стандартам, что без снижения качества позволяет уменьшить стоимость.

Вторым важным направлением является поставка запасных частей. Постоянно расширяется номенклатура

оборудования и запчастей, находящихся на складе компании в Москве. Возможна поставка не только запасных частей для компрессоров, компрессорных агрегатов и холодильных машин Грассо, но и для других компонентов, таких, как насосы, конденсаторы, приборы ав-

томатики и т.д. Грассо Рефрижерейшн, ООО также продолжает поставку запасных частей к компрессорным агрегатам KUENLAUTOMAT, произведенным в ГДР. Шеф-монтаж и пусконаладку поставленного оборудования, а также гарантийное и послегарантийное обслуживание выполняют высококвалифицированные специалисты сервисного отдела Грассо Рефрижерейшн, ООО. На многих предприятиях имеется холодильное оборудование самых разных производителей, работающее в единой системе. В этом случае специалисты компании обеспечивают комплексное сервисное обслуживание всей системы. Сотрудники сервисного отдела проходят обязательное обучение на заводах Грассо в Германии и Голландии. Все сотрудники аттестованы органами Госгортехнадзора РФ на знание правил безопасности, а компания Грассо Рефрижерейшн, ООО имеет все необходимые лицензии.

Используя давние партнерские отношения с другими компаниями, работающими на рынке холодильного оборудования России, компания Грассо Рефрижерейшн, ООО выполняет также, по желанию заказчиков, и работы, связанные с монтажом холодильного оборудования, поставляемого фирмой Грассо, технологических трубопроводов, электрооборудования, изолировочные работы, включая испытания и составление приемо-сдаточной документации.

Наличие Российской компании Грассо Рефрижерейшн ООО и Представительства Грассо Интернэшнл позволяет более гибко реагировать на изменения требований рынка и, в конечном итоге, наиболее полно удовлетворять запросы наших клиентов.

Грассо Рефрижерейшн, ООО,

Grasso International, Представительство в Москве:

Семеновский вал, 6, строение 1, 105094, Россия, Москва

Телефон: (095) 787-20-11, 787-20-13, 787-20-14, 787-20-16. Факс: (095) 787-20-12

E-Mail: grasso@gea.ru. Адрес в Интернете: <http://www.grasso.nl>

АВТОНОМНАЯ СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ МОЩНЫХ ИОННЫХ ЛАЗЕРОВ

А. И. УЛИТЕНКО, В. В. ПРАДЕД

Рязанская государственная радиотехническая академия,

В. А. ПУШКИН

Рязанское муниципальное предприятие тепловых сетей

The problems of intensification of conditions for heat exchange in «liquid-to-air» refrigerating systems on the basis of heat dissipating elements with spiral-wire finning are considered. The analytical correlations for the calculation and optimization of such systems are presented. Based on the investigations a high efficiency air heat exchanger with the dissipated capacity up to 16 kW has been designed. The design of self-contained refrigeration system for powerful gas lasers as used in medical apparatuses for diagnostics of cancer diseases, in show-business and in a number of devices operated in mobile objects is described.

Высокая плотность рассеиваемой мощности газовых лазеров предъявляет повышенные требования к качеству промежуточного теплоносителя в системах их охлаждения, что, в свою очередь, определяет целесообразность применения двухконтурных систем охлаждения, работающих от водопроводной магистрали. Однако при использовании лазеров на подвижных объектах или в случае принципиальной невозможности использования водопровода возникает необходимость перехода на автономный режим охлаждения таких приборов. Одной из наиболее удачных попыток решения этой проблемы представляется компактная система охлаждения типа «жидкость–воздух» на основе высокоэффективных теплорассеивающих элементов со спирально-проволочным оребрением [2] и широко распространенных в электронном машиностроении малошумных вентиляторов ВВФ-112М.

Конструктивно теплорассеивающий элемент (рис. 1) представляет собой тонкостенную трубу, на внешнюю поверхность которой надета и закреплена мягким припоем предварительно плотно навитая (виток к витку) проволочная спираль. Площадь поверхности теплообмена такого оребрения примерно в π^2 раз превышает площадь поверхности несущей трубы и практически не зависит от диаметра проволоки и диаметра спирали. В то же время эти параметры ока-



Рис. 1. Теплорассеивающий элемент

зывают существенное влияние на эффективность теплопередачи, а также на массу и габаритные размеры системы охлаждения в целом.

Отметим, что каждая половина витка спирали может рассматриваться как цилиндрическое ребро постоянного сечения. Условия работы таких ребер достаточно подробно исследованы теоретически [3]. Поэтому выражение для линейного коэффициента теплопередачи k_1 теплорассеивающего элемента с учетом числа витков в спирали может быть представлено в виде

$$k_1 = \frac{Q}{(T_\tau - T_{o,cd}) I_\tau} = \frac{\pi^2 d_\tau}{d_c} \sqrt{\alpha \lambda_n d_n} \operatorname{th} \left(\sqrt{\frac{\alpha}{\lambda_n d_n}} \pi d_c \right) \quad (1)$$

где Q — рассеиваемая тепловая мощность;

$T_{\text{т}}$ и $T_{\text{о,ср}}$ – температуры поверхности несущей трубы и температура окружающей среды соответственно;

$l_{\text{т}}$ и $d_{\text{т}}$ — длина трубы и ее внешний диаметр;

d_c — диаметр спирали;

α — коэффициент теплоотдачи;

λ_n — коэффициент теплопроводности материала проволоки;

$d_{\text{г}}$ — диаметр проволоки.

Коэффициент теплоотдачи α определяется гидродинамическими параметрами воздушного потока. В нашем случае при относительно небольших диаметрах проволоки и весьма скромных возможностях осевых вентиляторов типа ВВФ-112М режим движения потока — ламинарный. В таких условиях оценка среднего по длине ребра коэффициента теплоотдачи может производиться с помощью соотношения [1]:

$$\text{Nu} = 0,56\text{Re}^{0,5}\text{Pr}^{0,36}, \quad (2)$$

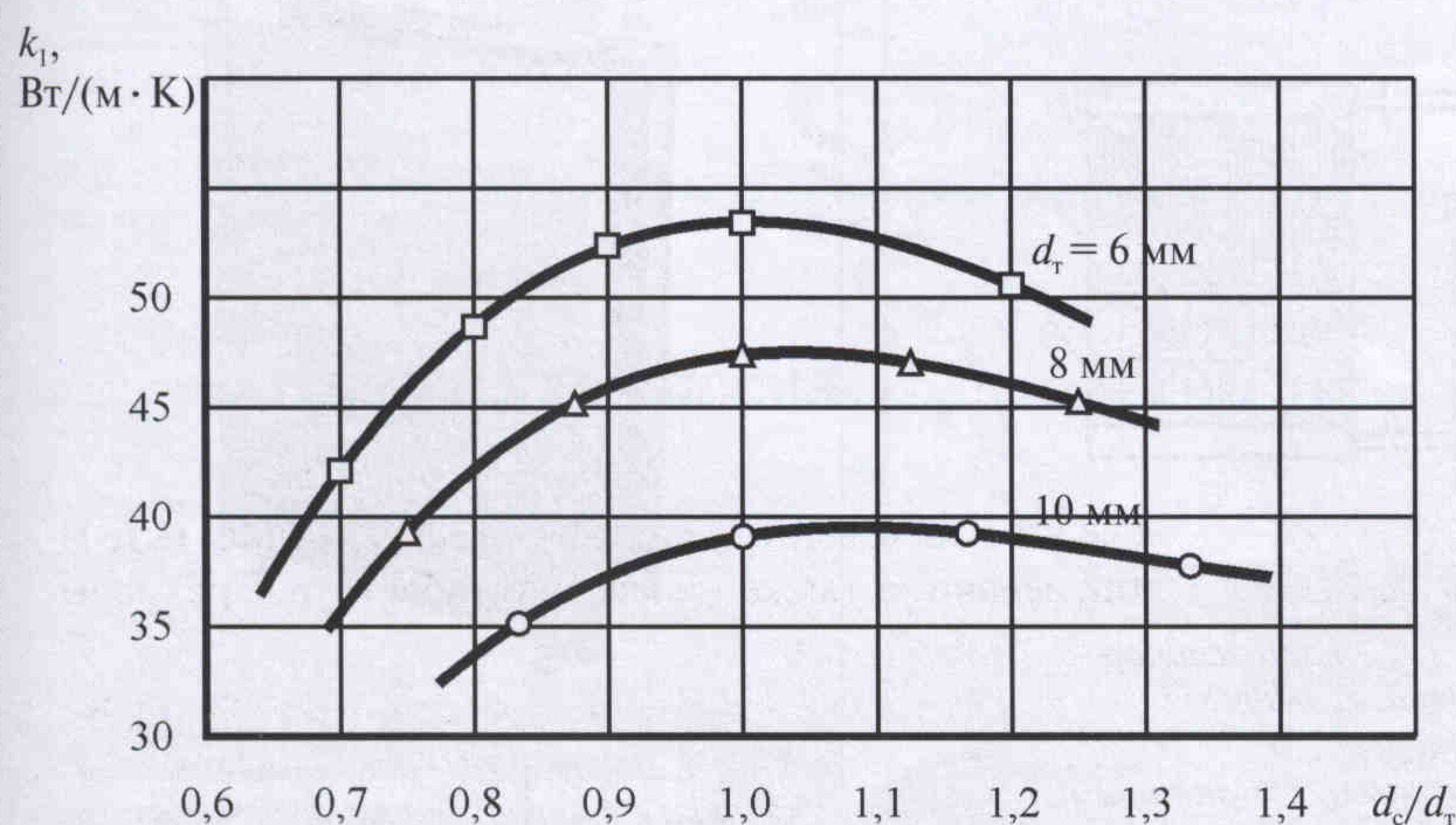
где в качестве определяющей температуры при расчете критериев Нуссельта (Nu), Рейнольдса (Re) и Прандтля (Pr) принята температура окружающей среды, а в качестве характерного размера системы — диаметр проволоки d_n .

Поскольку влияние диаметра проволоки на скорость движения воздуха в межреберном пространстве незначительно, то его оптимальное значение может быть получено из условия

$$dk/d(d_n) = 0. \quad (3)$$

Совместное решение уравнений (1) – (3) приводит к соотношению

$$\text{sh} \left[2\pi d_c \left(\frac{0.49 \lambda_B}{\lambda_n} \right)^{0.5} \left(\frac{\rho_B v_B}{\mu_B d_n^3} \right)^{0.25} \right] = 3 \left[2\pi d_c \left(\frac{0.49 \lambda_B}{\lambda_n} \right)^{0.5} \left(\frac{\rho_B v_B}{\mu_B d_n^3} \right)^{0.25} \right], \quad (4)$$



ем следующих факторов.

При относительно малых значениях диаметра спиралей ($d_c/d_t \ll 1$) из-за сильного взаимного экранирования витков в теплообмене участвует только около четверти их полной поверхности. С увеличением отношения d_c/d_t степень расхождения витков на периферийных участках оребрения возрастает. Однако, поскольку увеличение диаметра спирали не приводит к росту поверхности теплообмена, увеличение коэффициента теплопередачи на участке $d_c/d_t < 1$ обусловлено в основном ростом проницаемости спиралей и уменьшением степени взаимного экранирования витков на внутренних участках оребрения.

При $d_c/d_t \approx 1$ влияние экранированности теплопередачи становится незначительным.

В то же время в соответствии с уравнением (1) увеличение диаметра спирали приводит к уменьшению числа ее витков на единице длины теплорассеивающего элемента и соответственно к росту тепловой нагрузки на одно ребро. Связанное с этим увеличение неравномерности температуры по длине ребра приводит к уменьшению линейного коэффициента теплопередачи, что в полной мере проявляется при $d_0/d_r > 1$.

Следует также отметить, что положение максимума линейного коэффициента теплопередачи мало зависит от диаметра несущей трубы. Поэтому с достаточной для практического применения точностью можно считать, что оптимальное значение диаметра спирали удовлетворяет условию

$$d_c/d_r = 1. \quad (7)$$

По результатам проведенных исследований была спроектирована и изготовлена автономная система охлаждения газовых лазеров (рис. 3).

Воздушный теплообменник 1 состоит из верхнего 5 и нижнего 6 коллекторов, теплорассеивающих элементов 7 и панели с набором осевых вентиляторов 8. Теплорассеивающие элементы установлены параллельными рядами в шахматном порядке, а их торцы впаяны в верхний и нижний коллекторы.

Воздушный теплообменник (рис. 4) выполнен в виде выносного блока, что позволяет размещать его за пределами рабочего помещения или закреплять вертикально на стене с внешней стороны здания (или корпуса подвижного объекта). В этом случае теплообменник должен размещаться выше уровня свободной поверхности теплоносителя в резервуаре 4 (см. рис. 3) при его максимальном заполнении. Такое расположение обеспечивает стекание теплоносителя из теплообменника при выключении системы, что ис-

где λ_b , ρ_b , и μ_b — коэффициент теплопроводности, плотность и динамическая вязкость воздуха;
 v_b — скорость его движения.

Решением трансцендентного уравнения (4) является условие, при котором

$$2\pi d_c \left(\frac{0,49\lambda_B}{\lambda_n} \right)^{0,5} \left(\frac{\rho_B \nu_B}{\mu_B d_n^3} \right)^{0,25} = 2,839. \quad (5)$$

Исходя из этого, выражение для оптимального диаметра проволоки принимает вид

$$d_{\pi} = 1,793 \left[\frac{\rho_B v_B \lambda_B^2 d_C^4}{\mu_B \lambda_{\pi}^2} \right]^{0,33} \quad (6)$$

Полученное соотношение достаточно хорошо согласуется с экспериментом при $d_c/d_T = 1$.

Что касается диаметра спирали d_s , то, как следует из предварительного анализа, его роль в формировании линейного коэффициента теплопередачи k_l неоднозначна.

Более детальное исследование характера этой зависимости проводили на отдельных образцах теплорассеивающих элементов длиной 250 мм с диаметром несущих труб 6, 8 и 10 мм. Во всех случаях оребрение выполнялось из медной проволоки диаметром 0,5 мм. Тепловую нагрузку моделировали с помощью электрических нагревателей, которые устанавливали внутри несущих труб. Температуру внешней поверхности труб измеряли с помощью хромель-копелевых термопар. Результаты экспериментов, полученные при рассеиваемой мощности 100 Вт и скорости воздушного потока 3,1 м/с, в виде зависимости линейного коэффициента теплопередачи k_l от относительного диаметра спирали d_c/d_t приведены на рис. 2.

Экспериментальные кривые имеют явно выраженный оптимум, наличие которого объясняется действи-

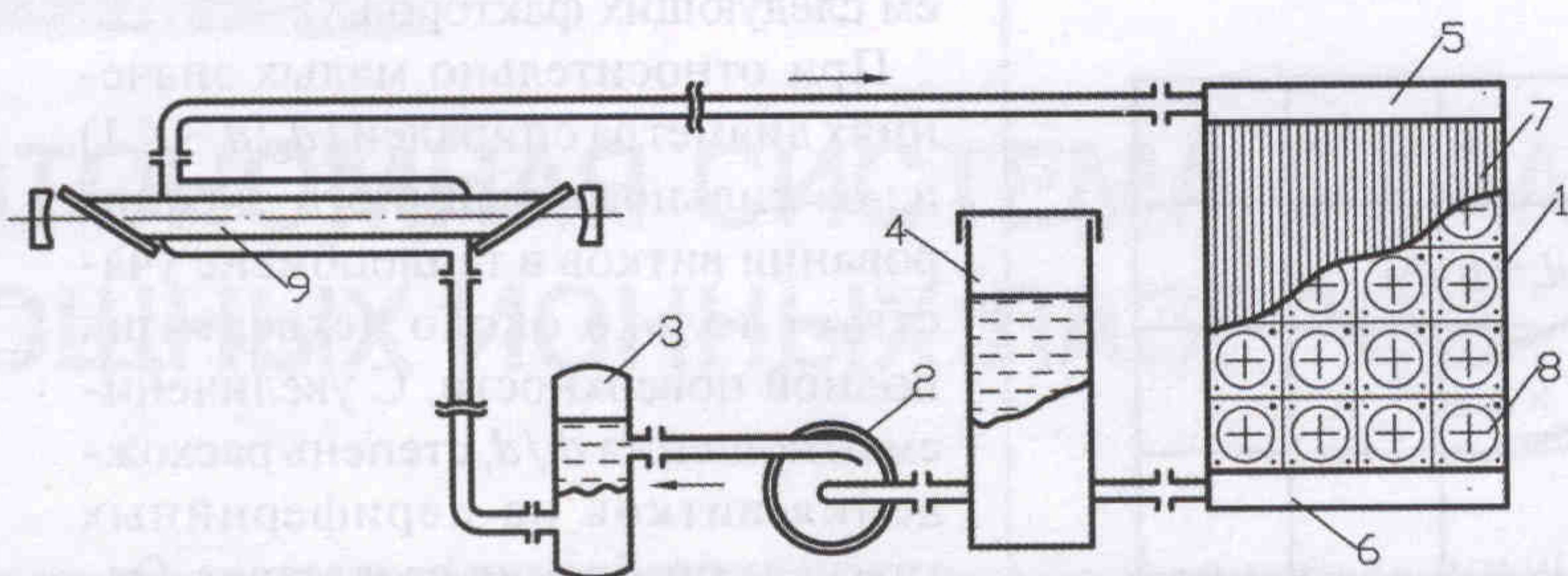


Рис. 3. Автономная система охлаждения газовых лазеров: 1 — теплообменник; 2 — центробежный нагнетатель; 3 — стабилизатор пульсаций потока жидкости; 4 — резервуар с запасом теплоносителя внутреннего контура; 5, 6 — верхний и нижний коллекторы; 7 — теплорассеивающие элементы; 8 — осевые вентиляторы; 9 — активный элемент лазера

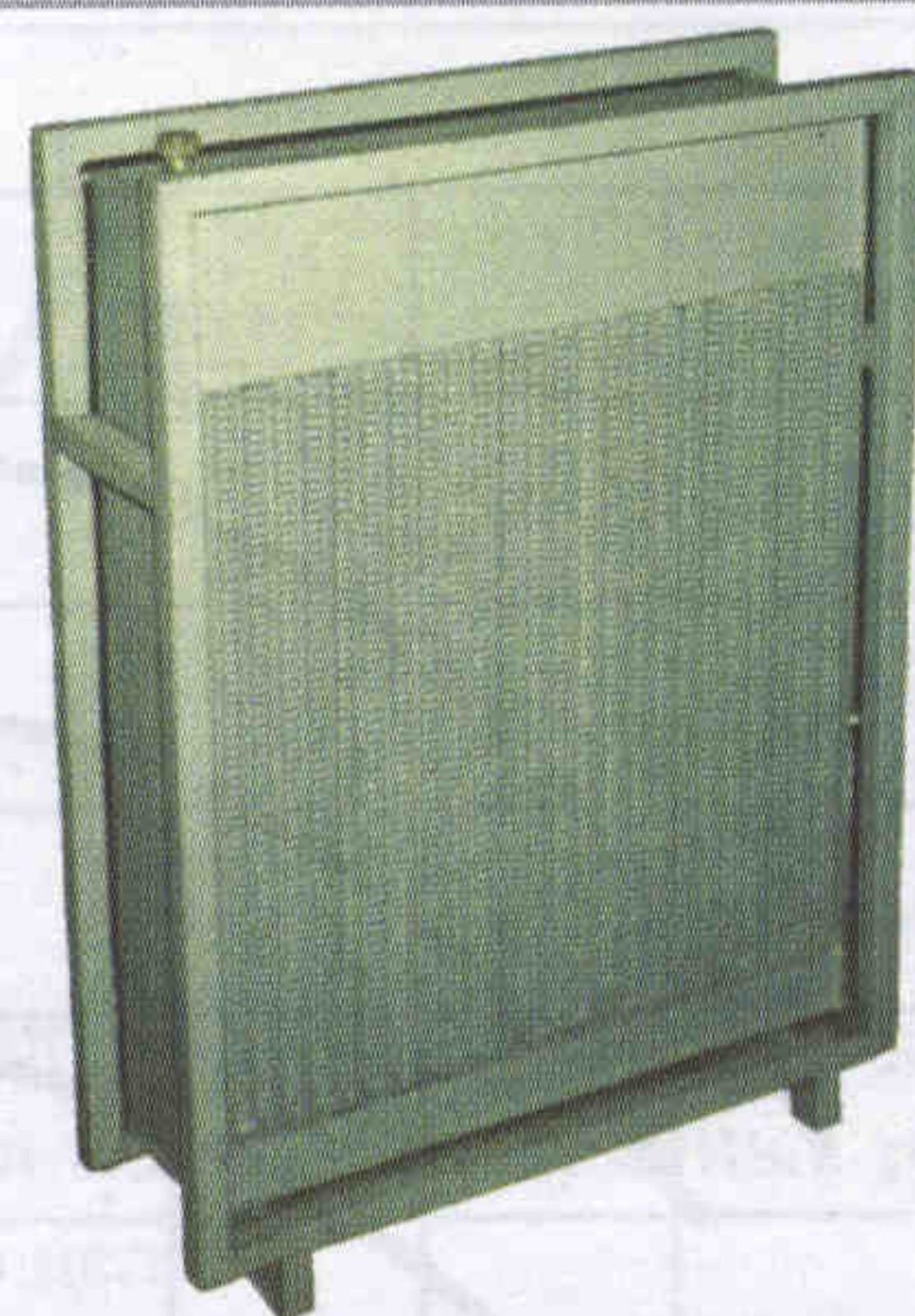


Рис. 4. Воздушный теплообменник со спирально-проволочным оребрением

ключает его замерзание в холодное время года.

Испытания и последующий длительный опыт использования описанной системы для охлаждения активного элемента лазера ЛГ-106-М1 с рассеиваемой мощностью 16 кВт показали, что температура теплоносителя на выходе из рубашки соответствует расчетной и при нормальных условиях окружающей среды составляет 60 °С.

В настоящее время такие системы применяются для охлаждения мощных аргоновых лазеров, использующихся в шоу-бизнесе, в медицинских аппаратах для диагностики онкологических заболеваний, а также в

ряде специальных устройств, эксплуатируемых на подвижных объектах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михеев М. А., Михеева И. М. Основы теплопередачи. — М.: Энергия, 1977.
2. Патент 203227 РФ. Теплообменный элемент / А.И. Улитенко, В.В. Прадед, Н.П. Овсянников. Оpubл. в БИ № 21 15.11.94.
3. Уонг Х. Основные формулы и данные по теплообмену для инженеров: Пер. с англ. / Справочник. — М.: Атомиздат, 1979.



Группа компаний "СИЕСТА"
115409, Москва,
Каширское шоссе, 33
Тел. (095) 705 9935,
Факс (095) 324 8255
E-mail: ref@siesta.ru
www.siesta.ru

Фирма "Сиеста-Холод" осуществляет:

Проектирование, поставку, монтаж, гарантийное и сервисное обслуживание холодильного оборудования фирмы SCM FRIGO

WL 4÷40 кВт



компрессорно-конденсаторные агрегаты

SPS 1.5÷4.5 кВт



коммерческие сплит-системы

SP 3÷230 кВт



промышленные сплит-системы

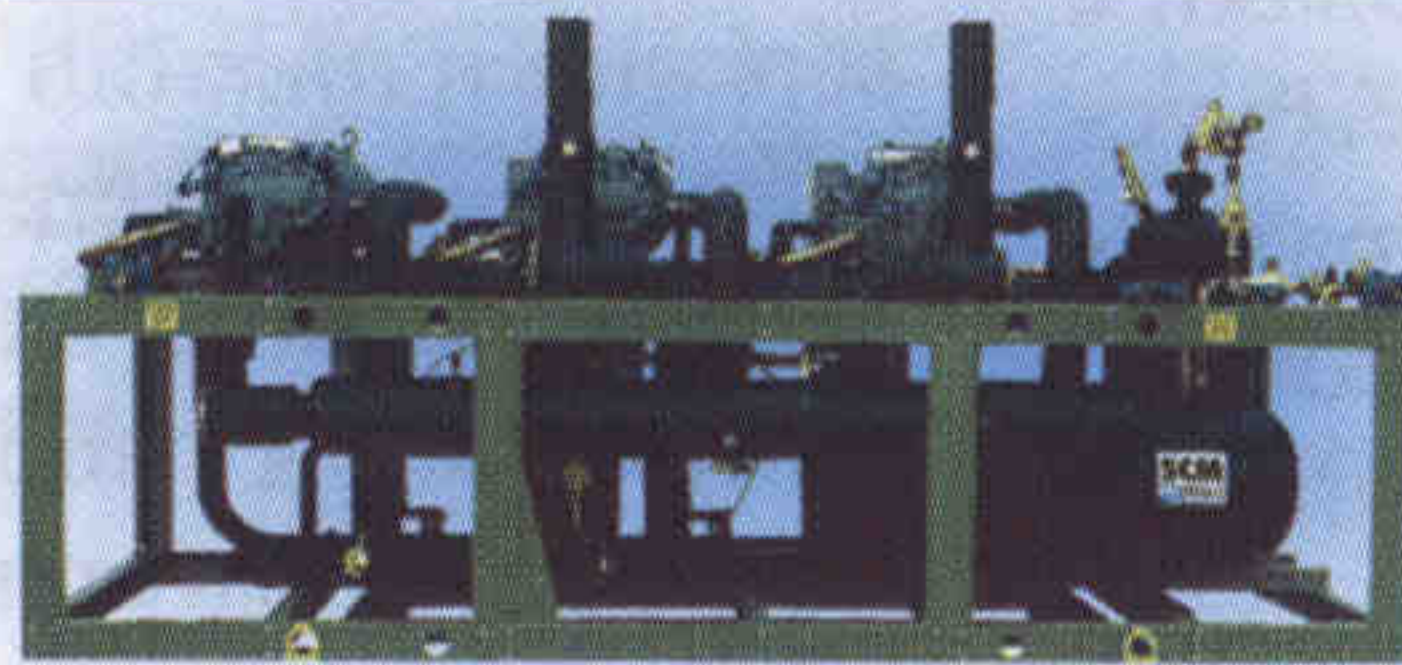
SW 7-435 кВт



водоохлаждающие машины с конденсатором

UMA 3÷230 кВт

UMCA 9÷687 кВт



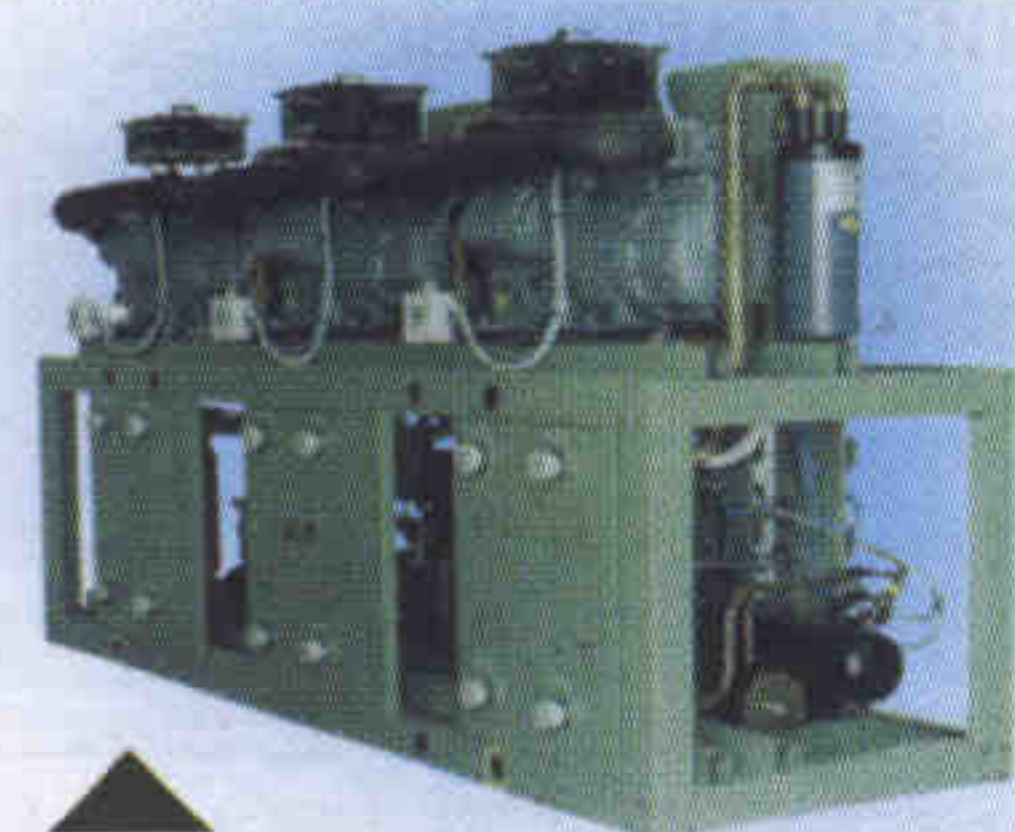
мотор-компрессорные агрегаты без конденсатора
холодильные центры без конденсатора

UMC 9÷687 кВт



компрессорные центры с конденсатором

MWA 3÷300 кВт



водоохлаждающие машины для установки в машинном отделении

STICE 65÷1500 кВт



льдоаккумуляторы

UTA 11÷54 кВт



водоохлаждающие машины для установки на улице



**HOWDEN
COMPRESSORS**

[illegible]

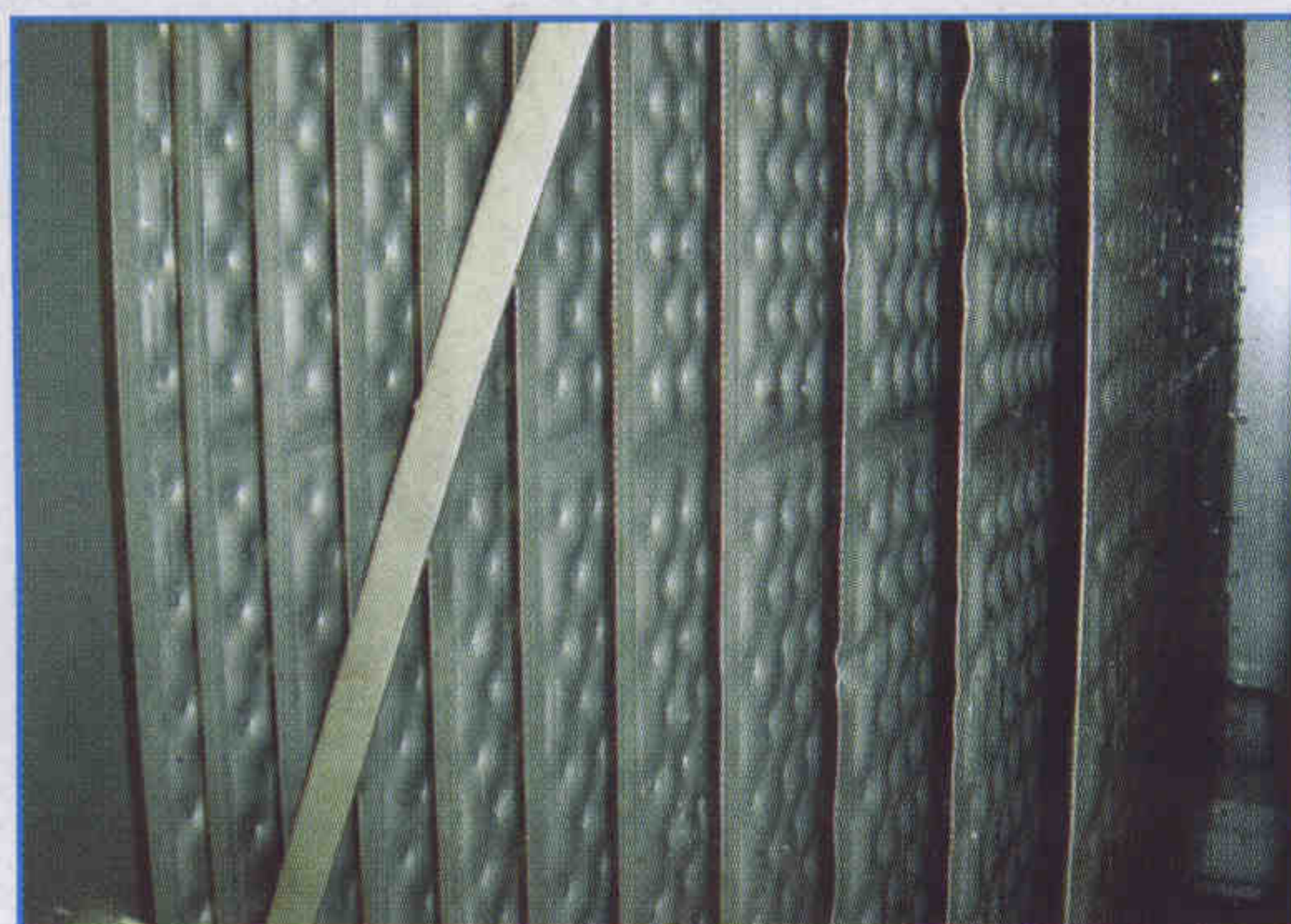
[illegible]

Холодоснабжение Петелинской птицефабрики

М.Т.АХМЕТЗЯНОВ



Машинное отделение — компрессорные установки



Панельный испаритель



Охлаждение тушки в ванной

В настоящей статье приводится описание технических решений, заложенных в систему холодоснабжения реконструируемой части предприятия, а именно линии убоя птицы на Петелинской птицефабрике.

Холодильная обработка птицы является важнейшей составной частью технологического процесса уояа, разделки и упаковки птицы.

Производительность линии составляет 6000 тушек в час. На вход линии убоя поступает живая птица, на выходе из технологической цепочки тушка бройлера должна иметь температуру 0...+4°C. При этом необходимо обеспечить поэтапное соблюдение следующих технологических режимов:

- предварительное охлаждение тушки в ледяной воде;
- дополнительное охлаждение тушки птицы в воздушном тоннеле интенсивного охлаждения;
- упаковка (с соблюдением приемлемых с точки зрения санитарных норм условий работы людей).
- складирование упакованной продукции и ее хранение;
- промежуточное хранение продукции и ее подготовка к отгрузке в зоне экспедиции.

Для обеспечения требуемых режимов была спроектирована система холодоснабжения и произведена комплектная поставка холодильного оборудования, удовлетворяющего заданным параметрам.

При проектировании холодильного оборудования были учтены и конкретные пожелания заказчика:

- размещение компрессорных агрегатов в общем машинном отделении;
- использование воздушных конденсаторов, установленных на крыше машинного отделения;
- категорический запрет на установку на фасадной части машинного отделения каких-либо теплообменников (воздушных маслоохладителей).

Машинное отделение

Потребители холода были объединены в группы по температурным режимам. Для обеспечения их нужд было предложено использовать три компрессорные установки:

- для производства ледяной воды ($t_0 = -5\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- для холодоснабжения тоннеля интенсивного охлаждения и камеры хранения ($t_0 = -9\text{ }^{\circ}\text{C}$);
- для холодоснабжения камеры упаковки и зоны экспедиции ($t_0 = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Все установки были собраны на базе винтовых компрессоров BITZER. В качестве хладагента был выбран R22. В машинном отделении кроме компрессорных установок размещены шкафы управления, а также панельный испаритель для производства ледяной воды и насосная станция подачи воды потребителям.

Щиты с процессорами управления и электропусковой аппаратурой расположены для удобства контроля рядом с соответствующей камерой.

Масло охлаждается по термосифонному принципу, что позволило решить сразу две задачи: обеспечить облегченный пуск и работу установки в любое время года и избежать установки на фасаде здания воздушных маслоохладителей. Отсутствие последних дало возможность более эффективно использовать площади компрессорного помещения.

Получение ледяной воды

В этом процессе используется проточный панельный испаритель BWP производства BUCO (Герма-



YORK — поставщик готовых технических решений

Из всего многообразия потребителей холода подавляющее большинство требует охлаждения воздуха или жидкости. Для этих случаев фирмой YORK разработан ряд стандартных, наиболее востребованных решений холодоснабжения, которые могут быть адаптированы для каждого конкретного объекта.

Для технологических потребителей холода в пищевой, нефтехимической и других отраслях промышленности часто используют жидкости с температурой в диапазоне $-20...+15^{\circ}\text{C}$. Для этой цели можно использовать чиллеры (холодильные машины с дозированной заправкой хладагента). Все элементы чиллера: компрессорный агрегат (агрегаты), испаритель, конденсатор и прочие компоненты – смонтированы на общей раме, что приводит к значительной экономии места и снижению затрат на монтаж и эксплуатацию.

Для пивоваренных, молочных и некоторых других предприятий требуется ледяная вода. Непосредственно в чиллере нецелесообразно охлаждать воду ниже 2,5...3 °С. Дальнейшее снижение температуры требует значительного увеличения площади теплообменной поверхности.

При использовании системы с промежуточным хладоносителем следует подготавливать воду с температурой не ниже 1,5...2 °С во избежание риска ее замерзания, хотя это решение несколько менее эффективно с точки зрения термодинамики.

Для приготовления ледяной воды с температурой до $0,5^{\circ}\text{C}$ можно использовать открытые испарители, например пленочного типа, в которых допускается намерзание льда на наружных поверхностях пластин. Кроме того, такие испарители допускают аккумулялирование холода. Однако они имеют значительно большие габаритные размеры.

Охлаждение воздуха также требуется для многих отраслей промышленности. Для этого чаще всего применяют воздухоохладители, специально предназначенные: либо для технологических помещений (где работают люди), либо для складов хранения, или для камер замораживания (с высокой неравномерностью тепловой нагрузки).

Кроме того, воздухоохладители различаются конструктивно в зависимости от того, в каких схемах охлаждения они применяются:

- с насосной подачей жидкого хладагента низкого давления в воздухоохладитель. Схема наиболее эффективна при использовании в крупных холодильных системах;
- с непосредственным кипением хладагента, который подается в воздухоохладители за счет разности давлений. Схема обычно используется для не очень крупных и не слишком разветвленных систем, так как гидропотери снижают их эффективность;
- с промежуточным хладоносителем, подаваемым в воздухоох-

ладитель насосом после охлаждения в чиллере. Применение данной термодинамически менее эффективной схемы при температуре хладоносителя около -12°C ограничено из-за увеличения его вязкости.

Одной из особенностей охлаждения воздуха является намерзание выделяющейся из него влаги на холодных поверхностях, что ухудшает теплопередачу, а также повышает сопротивление движению воздуха. Поэтому воздухоохладитель необходимо периодически оттаивать. Чаще всего для этого применяют следующие способы оттаивания:

- водой – если допускает технология производства;
- электрическими нагревателями – при небольшой поверхности охладителя;
- горячими парами хладагента – только при условии наличия другого работающего потребителя холода.

Основные элементы системы холодоснабжения

В области технического кондиционирования и коммерческого холода успешно применяются герметичные и полугерметичные спиральные, поршневые и винтовые компрессоры.

В области промышленного холода наиболее приемлемы сальниковые поршневые и винтовые компрессорные агрегаты.

Более детальный выбор типа компрессора требует учета кон-

Для маслозаполненного винтового агрегата большое значение имеет способ охлаждения масла: впрыском жидкого хладагента в полость сжатия компрессора или с помощью отдельного теплообменника (кипящим хладагентом высокого давления либо охлаждающей водой).

Основным достоинством водяного конденсатора является возможность его установки внутри помещения (например, на раме чиллера). При использовании водяного конденсатора уменьшается количество хладагента в системе, однако требуется дополнительное устройство для охлаждения воды (например, градирня).

Испарительный конденсатор позволяет достичь достаточно низкой температуры конденсации, однако он не может быть установлен в помещении и его применение приводит к увеличению количества хладагента в системе.

Рабочие вещества

Наиболее часто используемые хладагенты – фреоны и аммиак. При относительно высокой температуре кипения термодинамическая эффектив-

ность аммиака выше, чем у R22, однако эта разница при снижении температуры кипения сокращается, и для значений температур ниже $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ эффективность фреона становится выше, чем аммиака. В то же время в широком диапазоне температур кипения ($-50\text{...}+10\text{ }^{\circ}\text{C}$) различие в эффективности этих веществ не превышает 10–15 %.

После согласования с технологами заказчика в качестве хладоносителя был выбран 30%-й водный раствор пропиленгликоля, который требовалось охлаждать до температуры -4°C . На стороне хладоносителя спроектирована открытая система с двойным буферным баком и двумя группами насосов. Одна насосная группа подает хладоноситель из холодной зоны бака к потребителям и далее в теплую зону бака, а другая – из теплой зоны через испарители холодильной машины в холодную зону. Для поддержания постоянной температуры в холодной части танка расход гликоля через испарители принимается большим, чем через потребители. В последнем случае расход точно определяется величиной тепловой нагрузки и особенностями технологических потребителей.

Чиллер TwinPAC 128 (YORK) с двумя винтовыми компрессорными агрегатами

Чиллер TwinPAC 128 (YORK) с двумя винтовыми компрессорными агрегатами

Полная реконструкция системы холодоснабжения одного из крупнейших отечественных молокозаводов

Реконструкция была направлена на замену изношенного холодильного оборудования и трубопроводов, а также на снижение потребления электроэнергии и воды и уменьшение массы аммиака в системе.

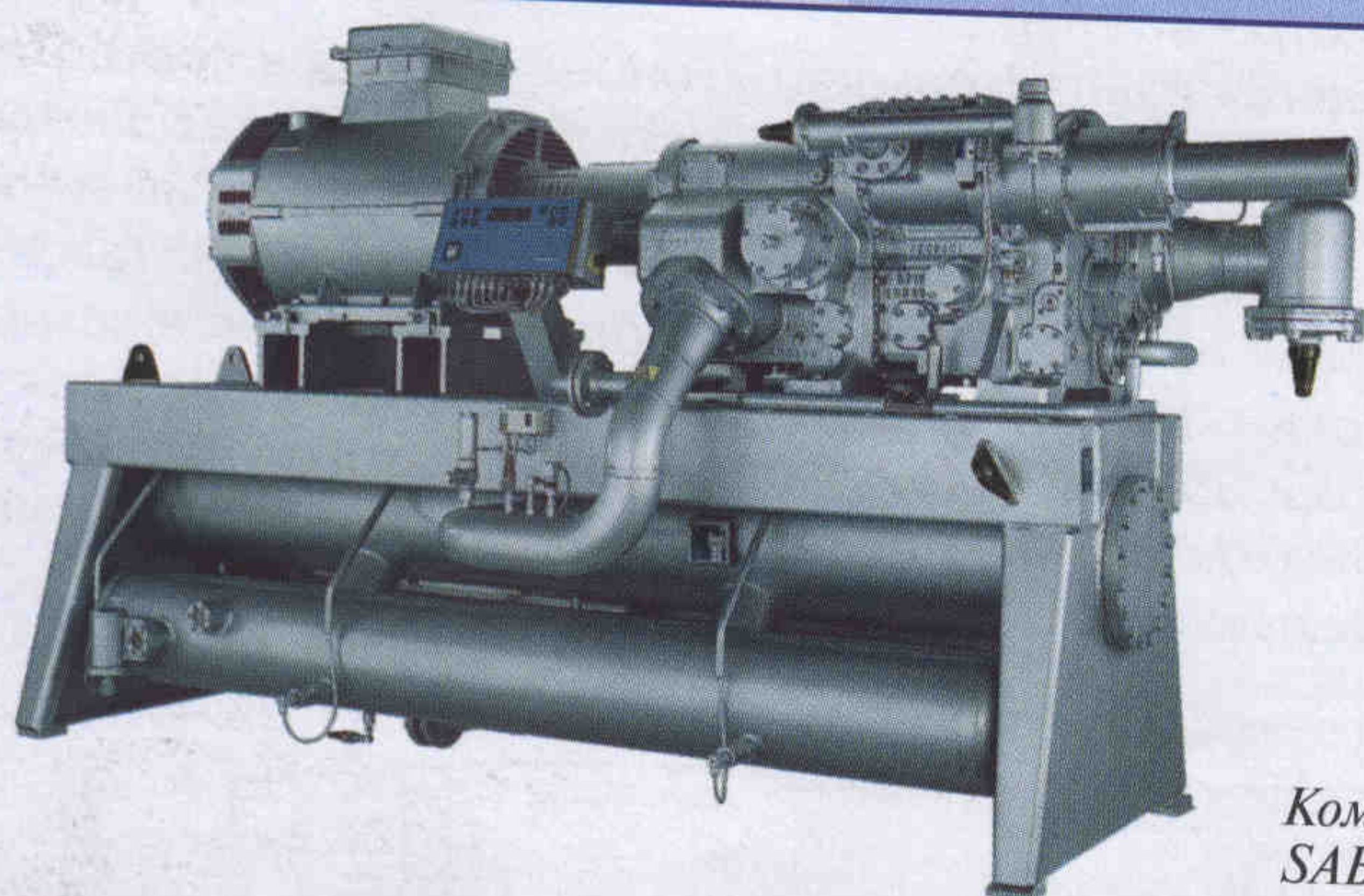
Заказчику была предложена централизованная холодильная система, включающая оборудование для приготовления ледяной воды, получения водного раствора пропиленгликоля и охлаждения оборотной воды.

Система приготовления ледяной воды общей холодопроизводительностью 3600 кВт создана на базе трех винтовых компрессорных агрегатов SAB 83 (YORK) (информация о компрессорах данной серии опубликована в ХТ № 4/2003).

Предусмотрено два режима приготовления ледяной воды: с аккумуляцией холода и без нее. Данное решение позволяет значительно сократить время работы компрессорных агрегатов и уменьшить их число, а также в случае необходимости покрыть пиковую нагрузку в любое время.

Установка для приготовления водного раствора пропиленгликоля, предназначенного для холодоснабжения камер хранения молочной продукции, имеет общую холодопроизводительность 450 кВт. Она создана на базе поршневой холодильной машины YCAS (YORK) с несколькими независимыми холодильными контурами, что дает возможность проводить сервисное обслуживание одного из них без остановки всей системы.

Оборотная вода, предназначенная для некоторых технологических потребителей холода, охлаждается с помощью специальной системы (на базе градирни).



Компрессорный агрегат
SAB 83 (YORK)



Чиллер YCAS (YORK)
с воздушным
конденсатором

В низкотемпературных системах в качестве хладоносителя используются водные растворы гликолей, хлорида кальция, рассолы, имеющие температуру замерзания ниже 0 °С.

Практически во всех отраслях пищевой промышленности в качестве хладоносителя применяют пропиленгликоль. Для спортивных сооружений, например ледовых полей, часто используют этиленгликоль. В последнее время все большее распространение в качестве хладоносителя получает диоксид углерода (R744), но при этом необходимы специальные меры по обеспечению взрывобезопасности.

При выборе низкотемпературного хладоносителя в первую очередь следует обращать внимание на требования безопасности (степень токсичности, горючесть, взрывоопасность и пр.). С учетом минимально возможной температуры в контуре надо выбирать хладоноситель с требуемой температурой замерзания и минимальной вязкостью в рабочем режиме.

Холодильное оборудование компании YORK может применяться в различных областях. Хорошо отлаженная технология серийного производства чиллеров и их компонентов сокращает сроки изготовления и стоимость. Даже нестандартное оборудование YORK изготавливается из стандартных составляющих с учетом индивидуальных требований заказчиков.

Кроме того, опираясь на большой опыт проектирования, специалисты компании предлагают заказчикам оптимальные по стоимости и эффективности холодильные системы на основе оборудования компании.

YORK – это качество, надежность и эффективность.

ЗАО «ЙОРК Интернэшнл», Россия,
121170, г. Москва, ул. Поклонная, 14
Телефон: (095) 232 66 60
Факс: (095) 232 66 61
Интернет-адрес: <http://www.york.ru>

ПРОИЗВОДСТВЕННО-КОММЕРЧЕСКАЯ ФИРМА «И.К.С.»

СТАЦИОНАРНЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР АММИАКА «СИГНАЛ-03А»

Аммиачные холодильные установки (АХУ) относятся к объектам повышенной опасности, что связано с высокой токсичностью аммиака и взрывоопасностью аммиачно-воздушной смеси.

Контроль и своевременное обнаружение утечек аммиака необходимы как для обеспечения безопасной эксплуатации АХУ, так и для охраны здоровья обслуживающего персонала.

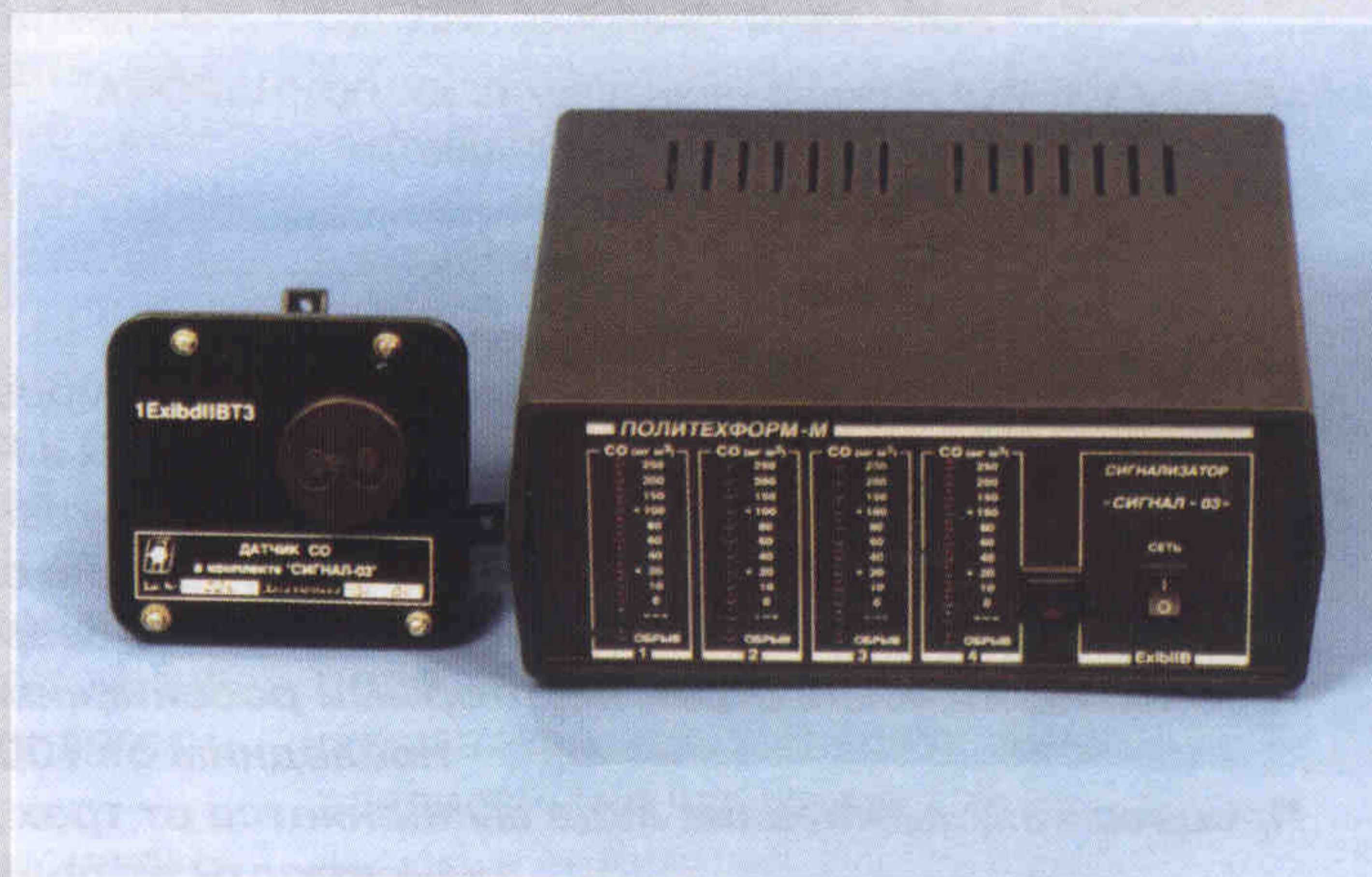
Прибор «СИГНАЛ-03А» разработан с учетом «Правил устройства и безопасности аммиачных и холодильных установок» (ПБ-09-220-98) и полностью соответствует предъявляемым ими требованиям.

Газоанализатор «СИГНАЛ-03А» предназначен для непрерывного автоматического контроля содержания паров аммиака в воздухе производственных помещений и сигнализации о том, что содержание аммиака в воздухе превысило допустимый уровень.

Исполнение прибора взрывобезопасное со следующими видами взрывозащиты: искробезопасная электрическая цепь с уровнем «ib» и взрывонепроницаемая оболочка с маркировкой по взрывозащите 1ExibdIIBT4.

Газоанализатор обеспечивает:

- контроль уровня загазованности по индикаторам (в зависимости от заказа – от 1 до 8 каналов);
- возможность подключения по каждому каналу внешних исполнительных устройств (сирены, вентиляции, систем отключения холодильной установки);
- подачу световой и звуковой сигнализации при превышении порогов, а также сигнализации об обрыве цепи питания датчика.



Техническая характеристика

Диапазон измерения, мг/м ³	0...2000
Пороги сигнализации, мг/м ³ *:	
1-й	20
2-й	60
3-й	500
Время срабатывания сигнализации, с	10
Температура окружающей среды, °C:	
для блока питания	0... 45
для датчика	-50...+55
Габаритные размеры, мм:	
пульта	100×218×240
датчика	92×128×48
Расстояние между пультом и датчиком, м	300

*По заказу возможна установка двух порогов.

Прибор имеет разрешение Госгортехнадзора России и сертификат ГОССТАНДАРТА № 16003-02.

ПРИБОРЫ ДЛЯ КОТЕЛЬНЫХ

СИГНАЛИЗАТОР ОКСИДА УГЛЕРОДА «СИГНАЛ-03СО»

Предназначен для контроля содержания оксида углерода в помещении котельной и подачи светового и звукового сигнала, включения сирены, отключающих механизмов, вентиляции с помощью «сухих» контактов реле. Пороги срабатывания сигнализации 20 и 100 мг/м³. Число каналов любое в пределах от 1 до 8.

Прибор имеет разрешение Госгортехнадзора и сертификат Госстандарта России.

СИГНАЛИЗАТОР ГОРЮЧИХ ГАЗОВ «СИГНАЛ-03М»

Предназначен для контроля содержания метана в помещении котельной и подачи светового и звукового сигнала, включения сирены, отключающих механизмов, вентиляции с помощью «сухих» контактов реле. Число каналов любое в пределах от 1 до 8.

Прибор имеет разрешение Госгортехнадзора и сертификат Госстандарта России.

Наш адрес:

Производственно-коммерческая фирма «И.К.С.»
214018, г. Смоленск, ул. Памфилова, д. 5.
Тел./факс: (0812) 61-00-61, 55-23-36, 55-99-84.



«ЛЕДОВАРЕНИЕ»: физика процесса и практика

Б. А. КУЗНЕЦОВ, канд. техн. наук **Г. Ю. ГОНЧАРОВА**

ООО «ГП Холодильно-инженерный центр»

Х. ЛЕППЯНЕН

ООО «АББ-Элмек»

Серьезного обобщения теории и практики намораживания качественного ледового покрытия на спортивных аренах в России, к сожалению, не проводилось. Технология «ледоварения» хранится в строгом секрете службами эксплуатации спортивных сооружений.

Для сведения: человеко-день опытного «ледовара», приглашаемого из Скандинавских стран некоторыми российскими клубами, обходится последним от 1000 до 5000 долл. США.

Процесс намораживания льда выполняется от трех дней до двух недель в зависимости от применяемой технологии.

Настоящая публикация открывает цикл статей, в котором их авторы постараются обобщить накопленный ими опыт проектирования и эксплуатации инженерных и технологических систем спортивных ледовых объектов.

Физика процесса

В последние годы заметно возрос интерес к **строительству разнообразных ледовых полей**: арен Дворцов спорта, хоккейных площадок, различных катков – от тренировочных, демонстрационных и вплоть до развлекательных в торговых центрах и крупных магазинах. Но, к сожалению, ключевым в этом словосочетании оказалось слово **строительство**, и именно этому, как правило, уделяется наибольшее внимание. Однако сам КАТОК или ЛЕДОВОЕ ПОЛЕ – это прежде всего огромный теплообменник, предназначенный для работы в принципиально различных условиях и режимах.

Первый режим – это первоначальный отвод теплоты от «технологического пирога» ледового поля и последующее его промораживание.

Второй, и наиболее напряженный, режим – это интенсивный отвод теплоты от последовательно набрызгиваемых слоев воды в процессе их постепенного намораживания. При этом плотность теплового потока дол-

жна, с одной стороны, обеспечивать охлаждение воды и фазовый переход «вода–лед», а с другой – компенсировать неизбежные теплопритоки из окружающего воздуха к поверхности воды. С точки зрения процесса теплообмена функционально необходимый «технологический пирог» представляет собой дополнительное термическое сопротивление.

После завершения намораживания льда требуемой толщины, его доводки и шлифовки весь «теплообменник» переходит в режим компенсации внешних теплопритоков, т.е. тепловая нагрузка существенно снижается и определяется исключительно суммарной величиной теплопритоков: из окружающего воздуха, от конденсационной составляющей, радиационных, из грунта, от осветительных приборов и т.д.

Теплотехнический расчет ледового поля как теплообменного аппарата сводится к следующему.

► На основе энергетического баланса с учетом времени, необходимого для намораживания

льда, определяют суммарную величину отводимого теплового потока (или же суммарную холодопроизводительность машин).

- Разрабатывают конструкцию трубной системы ледового поля, собственно и являющуюся внутренней поверхностью «теплообменника».

➤ Рассчитывают (в первом приближении) режимные характеристики течения хладоносителя в трубах: расход, скорость, распределение по различным участкам трубной системы с учетом гидравлического сопротивления отдельных контуров и коллекторов.

➤ На основе критериальных уравнений находят среднее значение коэффициента теплоотдачи от внутренней поверхности труб к хладоносителю. Этот коэффициент оказывается практически единственным параметром, в значительной мере влияющим на интенсивность теплоотвода, так как для закрытых катков условия теплоотдачи со стороны наружного воздуха, как правило, заданы, а перечень строительных материалов технологической плиты достаточно ограничен.

➤ Проводят поверочный расчет соответствия выбранных конструктивных и режимных параметров трубной системы суммарной холодопроизводительности машин. Этот расчет определяет минимальные значения скорости циркуляции хладагента и суммарной поверхности труб, а также взаиморасположение последних, позволяющие за требуемый отрезок времени отвести количество теплоты, необходимое для замораживания плиты и намораживания слоя льда.

Рекомендуемый и используемый нами теплофизический расчет сводится к решению многокритериальной обратной задачи исследования операций по определению конструктивных и режимных параметров наиболее напряженного периода, когда толщина слоя льда приближается к конечному значению. В этот момент суммарное термическое сопротивление «пирога» из плиты и слоя льда достигает максимального значения.

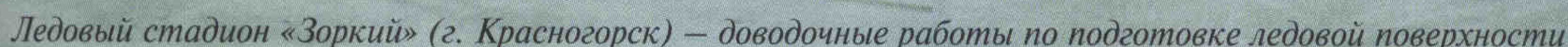
- минимум материальных затрат на трубную систему катка (суммарная длина труб, как правило, составляет десятки километров);

Несмотря на большой практический опыт, накопленный как зарубежными, так и отечественными фирмами, многие оптимизационные вопросы еще не решены. В частности, в настоящее время решаются такие задачи, как:

- определение диапазона скоростей хладоносителя, в котором достигается необходимая интенсивность теплоотдачи при минимально возможных энергозатратах на циркуляционную систему.

В беседах со многими известными фигуристами часто звучит мысль о том, что при прочих равных условиях лед бывает легким или тяжелым, мягким и пластичным или жестким и ломким. Некоторые также высказывают

Тем не менее дело не только в сугубо эмоциональной и субъективной оценке: при одних и тех же температурах качество льда различается по весьма конкретным и технически определенным параметрам. Наиболее важные свойства спортивного льда – это деформативная прочность, прозрачность, отсутствие грязных осадков, неоднородных включений и т. д. Факторы, определяющие перечисленные показатели, условно могут быть разделены на две группы: химические и режимные. Под режимными факторами понимается не только скорость намораживания льда, но и дисперсность распыления частиц воды и толщина наносимого слоя. Скорость намораживания во многом обуславливает и наличие пузырьков воздуха в «теле» льда (так, при скорости намораживания 0,5 мм/мин 1 см³ льда содержит примерно 6 пузырьков воздуха, а при скорости 5 мм/мин число их достигает 300). Наличие воздуха, в свою очередь, делает лед не только матовым и непрозрачным, но и негативно сказывается на долговременной прочности льда, способствует его упругой и пластической деформации.



ции, а также снижает способность к режеляции, т.е. к повторному замерзанию после плавления в результате кратковременного воздействия силы с периодом менее 1 с, каковой является воздействие скользящего конька.

Особое внимание должно быть уделено специальной обработке воды в целях удаления различных веществ и механических примесей, влияние которых характеризует таблица, построенная по данным Эренфельда и Джибса, полученным применительно к производству ледяных блоков.

Из сказанного выше ясно, что специализированная фирма, проектирующая раздел «Холодоснабжение ледового поля», должна в полной мере располагать данными по современным методам очистки воды и комплексной водоподготовке применительно к различным регионам России.

Практика

Из тайн «ледоварения»: технология заливки ледового покрытия на примере стадионов для игры в хоккей с мячом

Сегодня в России действует шесть открытых искусственных ледовых стадионов для игры в хоккей с мячом. Четыре из них (в Архангельске, Сыктывкаре, Красноярске и Кемерове) спроектированы и построены финскими и шведскими фирмами, два (в Казани и подмосковном Красногорске) – отечественными фирмами. На всех этих катках возникают технологические проблемы при подготовке и поддержании качественного льда, обусловленные необходимостью, во-первых, удалять воздух из засыпной конструкции ледового поля в процессе намораживания льда и, во-вторых, исключать (или сводить к минимуму) количество трещин на ледовой поверхности.

Эксплуатация открытых спор-

тивных объектов с искусственным льдом начинается в конце сентября – первой половине октября, когда максимальная суточная температура окружающего воздуха не превышает 10 °С. Очевидно, что одним из основных факторов, влияющих на процесс намораживания льда открытых катков для хоккея с мячом, является квалификация службы эксплуатации ледового сооружения. Не менее важное значение при создании ледового покрытия при положительной температуре окружающего воздуха имеет правильный выбор ковра с искусственной травой, укладываемого на поверхность засыпной охлаждаемой технологической плиты. Помимо высокой теплопроводности составляющих ковер материалов он должен свободно пропускать воздух и воду сквозь свою основу, быть эластичным т.е. заполнять все неровности и пазухи в поверхности технологической плиты. **При неправильно выбранном ковровом покрытии добиться качественного ледового покрытия невозможно!**

В настоящее время, по мнению специалистов, лучшими перфорированными коврами с искусственной травой для ледовых сооружений являются ковровые покрытия финской фирмы Saltex, включаемые нами в проекты.

Намораживание и поддержание искусственного льда на ледовых полях с искусственным травяным покрытием проводится в несколько этапов:

- обильная пропитка гравийного основания водой;
- захлаживание влажного основания;
- намораживание тонкого слоя льда отдельно на каждом участке поля;
- намораживание льда по всей поверхности поля и его поддержание.

На первом этапе выполнение работ зависит от погодных условий. При температуре воздуха, превышающей расчетную тем-

Примеси, содержащиеся в воде	Влияние на качество льда	Результат обработки воды
Углекислый кальций	Образует грязный осадок обычно в нижней части и центре блока. Вызывает растрескивание при низких температурах	Практически удаляется
Углекислый магний	Образует грязный осадок и пузырьки. Вызывает растрескивание при низких температурах	То же
Оксиды железа	Дают желтые или коричневые осадки и окрашивает кальциевый и магниевый осадки	Удаляются
Оксиды алюминия и кремний	Дают грязный осадок	Практически удаляется
Взвешенные вещества	То же	Устраняются
Серноислый натрий, хлористый натрий и серноислый кальций	Создают белые пятна, концентрируются в сердцевине. Дают большие непрозрачные сердцевины и задерживают замерзание. Не дают осадков	Не изменяются
Хлористый кальций и серноислый магний	Дают зеленоватый или сероватый налет; концентрируются в сердцевине; задерживают замерзание и дают большие непрозрачные сердцевины	Превращаются в серноислый кальций
Хлористый магний	Часто проявляется в виде белых пятен. Не дает осадка	Превращается в хлористый кальций
Двууглекислый натрий	Даже в небольших количествах при температурах ниже -9°C часто вызывает растрескивание. Создает белые пятна, концентрируется в сердцевине, задерживает замерзание. Дает большую непрозрачную сердцевину. Осадка не образуется	Превращается в углекислый натрий. Вид льда немного улучшается

СОЮЗХОЛОДПРОМ СТАНЕТ РОССИЙСКИМ...

1 октября 2003 г. состоялось общее собрание Союза предприятий холодильной промышленности в Департаменте продовольственных ресурсов Правительства Москвы, который был инициатором его создания.

На собрании присутствовали члены Попечительского совета: министр Правительства Москвы, руководитель Департамента продовольственных ресурсов **А.И. Бабурин**, председатель Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам **Г.В. Кулик**, заместитель руководителя Департамента потребительского рынка и услуг Москвы **А.М. Кочетков**, заместитель руководителя агропромышленного комплекса и продовольствия Минэкономразвития и торговли РФ **В.В. Холодов**, президент Международной академии холода, ректор Санкт-Петербургского университета низкотемпературных технологий **А.В. Бараненко**.

В числе приглашенных были: председатель правления Мясного союза России **М.Л. Мамиконян**, директор ГУ ВНИХИ **Ю.П. Алешин**, руководители крупнейших хладокомбинатов **Ю.Г. Абрамян, Т.И. Бурдзенидзе, И.Г. Гордеев, Г.Л. Мовсисян, О.Н. Климашкин, А.М. Лебедев, А.П. Ильин.**

От имени депутатов Парламентского собрания Союза Беларуси и России
прислала приветствие участникам собрания первый заместитель
председателя Центрального совета Союзной общественной палаты
Н.П. Машерова.

Открыл собрание председатель правления Союза, президент ОАО «Икма» **А.А. Антонов.**

Выступая от имени Правительства Москвы **А.И. Бабурин** отметил своевременность создания Союзхолодпрома как общественной организации, способной стать рычагом для проведения в жизнь новых идей и предложений.

В заключение министр заявил о своей принципиальной поддержке позиции Союза в вопросах управления и развития оптовой торговли и пищевой промышленности Москвы.

О деятельности Союзхолодпро-
ма с момента его учреждения в

феврале 2003 г. доложил его исполнительный директор **Э.А. Багрян**. Исполнительная дирекция сразу же параллельно с решением организационных задач занялась одной из наиболее острых для отрасли проблемой квотирования поставок мясного сырья.

Уже подготовлены предложения по изменению механизма квотирования на 2004 г. Эти предложения направлены министру экономического развития и торговли РФ Г.О. Грефу, первому заместителю министра сельского хозяйства С.А. Данкверту.

Союзхолодпром намерен принять непосредственное участие в

реализации городской программы «О мерах по развитию оптовой торговли продовольствием в г. Москве на 2002–2004 гг.», утвержденной постановлением Правительства Москвы № 306-ПП от 23 апреля 2002 г.

Союзом совместно с Международной академией холода, Гипрохолодом и ОАО «ВНИИхолодмаш-Холдинг» сделано «Предложение о разработке программы развития холодильной промышленности Союзного государства».

В ближайшее время намечено сформировать в структуре Союза три комитета: информационно-правовой, научно-технической политики и оптовой торговли.

В последнее время отраслевые союзы и ассоциации начинают играть в нашей стране все бóльшую роль.

Эту мысль продолжил председатель правления Союза **А.А. Антонов**. По его мнению, Союзу предприятий холодильной промышленности необходимо решать вопросы на уровне правительственных и государственных органов и ведомств в России и в Белоруссии.

Союзхолодпром должен иметь тесные связи с Минсельхозом РФ. Хладокомбинаты – члены Союза – играют немалую роль в создании запасов продовольствия, хранении продукции животноводства, рыбы и сырья для пищевых отраслей страны. Они непосредственно



А.И. БАБУРИН



Э.А. БАГИРЯН



A.A. АНТОНОВ

Президент Международной академии холода **А.В. Бараненко** по-

Особенно актуальны сегодня проблемы квотирования, которые эффективнее решать совместно и при поддержке правительства. Чтобы обеспечить Москву и мясоперерабатывающие предприятия мясом надо вначале определить того, кто имеет базу для его хранения и

Образование Союзхолодпрома приветствовали в своих выступлениях приглашенные на собрание М.Л. Мамиконян, Ю.П. Алешин и др.

* * *

Были рассмотрены некоторые организационные вопросы, а также принято решение о вступлении Союза в Торгово-промышленную палату РФ, Ассагрос, Международную академию холода, Союзную общественную палату.



Семинар по проблемам искусственных катков

21–23 октября 2003 г. в Москве проходил семинар «Искусственный лед: новые технологии, старые проблемы и их решения», организованный ассоциацией «Зимний спорт».

Идея проведения семинара возникла в связи с увеличением спроса в России на ледовые спортивные сооружения при очевидном дефиците информации как о современных вариантах таких сооружений, так и о фирмах, предлагающих холодильное оборудование для холодоснабжения искусственных ледовых полей.

В семинаре приняли участие более 60 представителей от 40 организаций из 26 городов России: руководители спортивных комплексов и сооружений, руководители спортивных комитетов городов, инженеры по эксплуатации искусственных катков, а также представители коммерческих компаний и частные лица. Среди приглашенных организаций были – «Арена-2000-Локомотив» (Ярославль), «Клинский Ледовый Дворец им. В. Харламова» (Клин), Спортивный комплекс «Полет» (Рыбинск), Дворец спорта «Рубин» (Пенза), «Хоккейный клуб «Металлург» (Магнитогорск), «Ледовый дворец спорта «Сибирь» (Новосибирск), а также предприятия из Дмитрова, Мытищ, Одинцова, Кирова, Кургана, Омска, Казани, Сатки, Сарова, Перми, Челябинска и других городов.

В семинаре приняли участие и иностранные специалисты: глава

российского представительства компании Musom Хироши Нишикава и генеральный менеджер Prorink International Finland Ари Пенттила.

Обсуждавшиеся на семинаре вопросы вызвали живой интерес присутствовавших, отмечавших его актуальность и своевременность.

Участники семинара отметили полноту освещения таких тем, как «Теория и практика холодоснабжения катка с искусственным льдом», «Виды компрессорного оборудования», полезность сообщений по подготовке и обслуживанию льда, холодильным станциям и холодильным машинам. Очень актуален для российских катков и вопрос экономии энергии при их эксплуатации. Большой интерес практически все эксплуатационщики проявили к вопросам кондиционирования воздуха в ледовых дворцах (проблема влажности в зале в настоящее

время тревожит многих). Одним из наиболее интересных было сообщение о результатах обследования московских катков.

Некоторые участники отметили необходимость побывать на самых современных спортивных аренах с искусственным льдом, больше узнать об экономике катка, уделить внимание таким специфичным проблемам, как водоподготовка для специализированных конькобежных дорожек и др.

Понятно, что за неполных три дня специалисты не в состоянии были исчерпывающе осветить все темы, волнующие слушателей, хотя стремились и к этому. Общение за «круглым столом» не прекращалось и в перерывах. На вопрос анкеты «Желаете ли получить приглашение на следующий семинар?» все участники ответили утвердительно и предложили темы, которые хотели бы видеть в его программе. Поэтому весной 2004 г. ассоциация «Зимний спорт» планирует проведение следующего семинара, предполагая расширить тематику обсуждаемых вопросов и привлечь еще больше участников.

Т. МИНГАЖЕВА,
Гипрохолод

Холодильное оборудование

ZANOTTI

Низко-среднетемпературные сплиты
и моноблоки

 **EFES** Климат

Продажа, монтаж, сервис

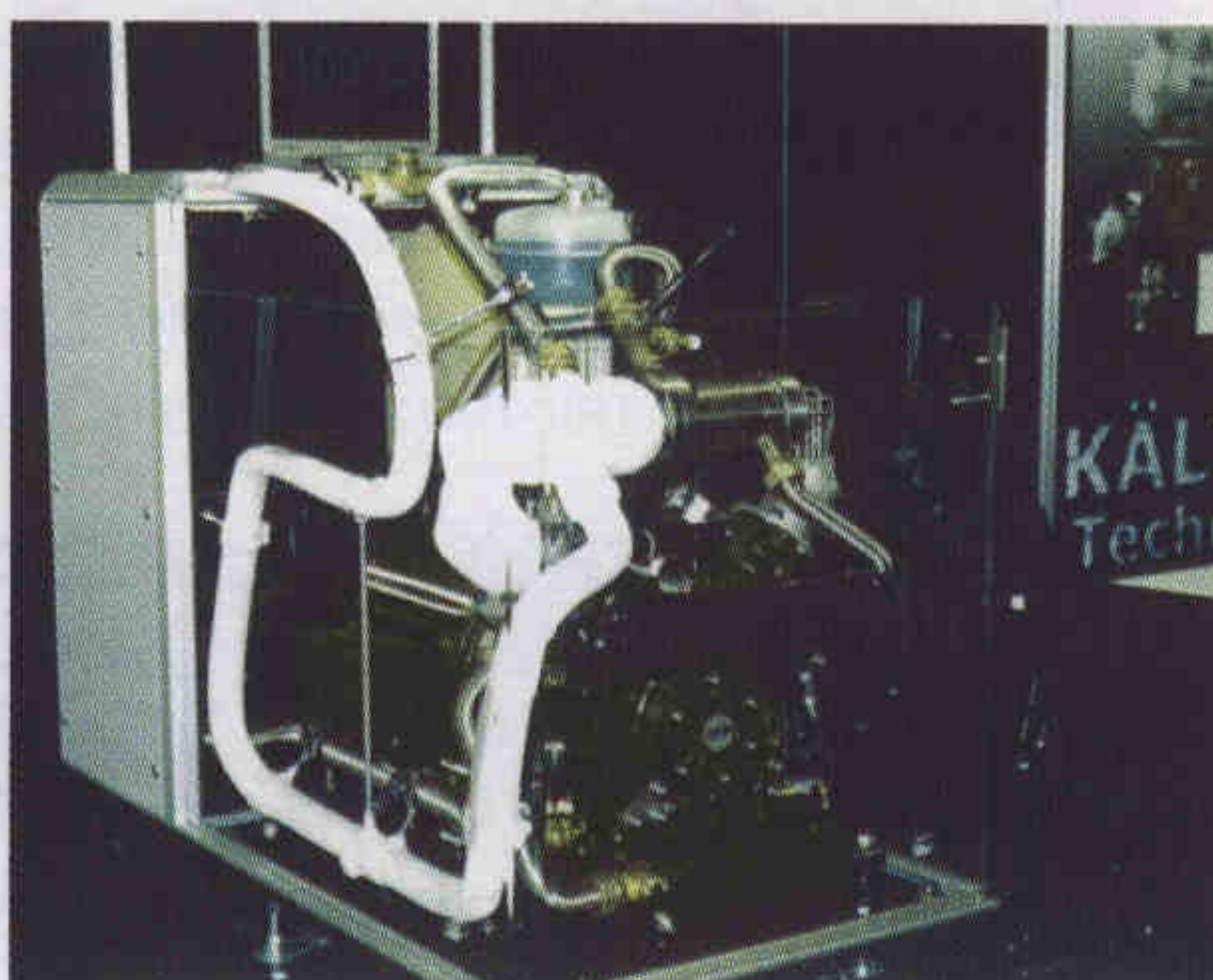
т: 789-64-30 ф: 453-60-66

yefisko@rol.ru www.efes-climate.ru



Свято место пусто не бывает...

Как говорится, свято место пусто не бывает...



Новые производители холодильных агентов

А.Ю. КИРОВ,
генеральный директор ООО ПТФ «Криотек»

Фирма «Криотек» уже длительное время является традиционным поставщиком холодильных агентов и холодильных масел на российский рынок. Потому нас очень заинтересовали новые производители и продавцы, предлагавшие эти продукты на выставке ИКК. Наряду с такими крупнейшими и признанными фирмами, как Atofina, Dupont, ICI, на мировом рынке появились и ранее неизвестные производители холодильных агентов, в частности, из Китайской Народной Республики.

В целом на выставке было представлено много китайских фирм-производителей холодильного оборудования и теплообменных аппаратов, а также медного трубопровода и холодильных агентов. К сожалению, качество китайских товаров не всегда соответствует мировым стандартам. Горький опыт имеется у ряда фирм, поставлявших медный трубопровод китайского производства для холодильных систем. Товар не отвечал необходимым требованиям, несмотря на представленные результаты химического анализа и документы о качестве. Однако наблюдаются явные тенденции к улучшению положения. Свидетельством этого является создание в Китае совместных с мировыми лидерами предприятий по производству медного трубопровода.

Что касается холодильных агентов, то китайские специалисты продемонстрировали нам документы, подтверждающие европейское качество товаров.

Мы намерены, получив образцы холодильных агентов китайских производителей, провести их анализ на соответствие заявленным характеристикам. Как известно, применение низкокачественных, влажных холодильных агентов самым неблагоприятным образом влияет на холодильные системы, поэтому свойства китайских холодильных агентов (а особенно стабильность их качества при производстве) будут изучаться нами очень тщательно.

В целом можно делать вывод, что китайские производители холодильного оборудования, холодильных агентов, трубопроводов и систем автоматики уверенно идут на мировой рынок холодильной техники.

Достойная замена аммиака

А.А. МАКАРОВ,
технический директор НПФ «Химхолодсервис»

В этом году выставка ИКК-2203, как всегда, порадовала многообразием фирм и предприятий из разных стран мира, представлявших на своих стендах серийную продукцию, а также последние разработки. Среди новинок хотелось бы отметить разработки, связанные с новыми типами хладагентов, в частности R723.

Наиболее экологичным и эффективным хладагентом, широко применяемым в данный момент, является аммиак, основной недостаток которого, как известно, – высокая токсичность. Однокомпонентного хладагента, альтернативного аммиаку, пока нет. Однако уже сейчас существуют смеси хладагентов, такие, как R723 (азеотропная смесь диметилового эфира и аммиака с массовыми концентрациями 40% / 60%), которые могут заменить его в ближайшем будущем.

В Европе давно ведутся исследования свойств данного хладагента, и, по имеющимся данным, по термодинамическим характеристикам он близок к чистому аммиаку. Но существуют и преимущества R723 перед аммиаком, обусловленные присутствием в нем диметилового эфира: растворимость с минеральным маслом, совместимость с медью и ее сплавами, повышение холодильного коэффициента (особенно на низкотемпературных режимах), меньшая (на 40 %) токсичность.

Рядом западных фирм уже сейчас созданы экспериментальные холодильные установки на R723. Среди них немецкая фирма Frigotechnik, представившая на ИКК-2003 свою разработку – холодильную машину со следующими характеристиками при $t_0 = 5^\circ\text{C}$, $t_k = 30^\circ\text{C}$, переохлаждении в конденсаторе 3°C , перегреве на всасывании компрессора 10°C :

Холодопроизводительность, кВт	24,68
Потребляемая мощность, кВт	3,73
Холодильный коэффициент	6,62

Машина обладает высокой эффективностью и удобством в эксплуатации.

В Москве уже не первый год исследования свойств R723, а также показателей работы холодильных машин на новом хладагенте проводит МГТУ им. Баумана совместно с «Фондом промышленной безопасности» Москвы.

Подводя итог, можно сказать, что дальнейшие научные исследования в данной области являются перспективными и оправданными.



Из Бюллетеня МИХ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НОВОГО АЛЬТЕРНАТИВНОГО ХЛАДАГЕНТА C1 ВМЕСТО R12

Обобщены основные результаты исследований теплофизических и термодинамических свойств C1 – озононеразрушающей азеотропной смеси возможного заменителя R12 – и результаты ее испытаний в различных типах холодильного оборудования без каких-либо изменений компрессоров, сконструированных для работы на R12, и при использовании минеральных масел.

Показана эффективность применения С1 с точки зрения повышения холодопроизводительности и холодильного коэффициента.

*V.A.Usov, A.Y.Petrov, V.M.Gribkov,
et al.// Proc. Compressors 2001,
Smolence, SK, 2001.09.26–28,
145–163
БМИХ, 2002, № 4, с. 44*

ТЕПЛООТДАЧА ПРИ КИПЕНИИ И КОНДЕНСАЦИИ НОВОГО ХЛАДАГЕНТА HFE-245mc В ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ТРУБЕ

Предполагается, что новый хладагент HFE-245mc будет кандидатом для замены CFC-114, в частности, в теплонасосных системах, работающих на отходящем тепле.

НFE-245mc имеет нулевой потенциал разрушения озонового слоя, а также гораздо меньший потенциал глобального потепления.

Измеренные в проведенных опытах локальные коэффициенты теплоотдачи хорошо совпали со значениями, полученными расчетно (с введением соответствующих поправок) для кипения и конденсации обычных хладагентов. Теплоотдача у HFE-245mc при кипении и конденсации лучше, чем у CFC-114, или такая же, в связи с

чем с этой точки зрения не возникало проблемы использования HFE-245mc как альтернативы CFC-114.

S. Yoshida, H. Mori, K. Ohishi et al. // Trans. JSRAE, JP, 2001, vol. 18, № 3, 153–161

БМИХ, 2002, № 4, с. 47

ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ХЛАДАГЕНТА

Обсуждается способ прогнозирования теплофизических свойств, воспламеняемости GWP, токсичности и других характеристик при варьировании числа атомов фтора в молекуле углеводорода.

Изучено 48 хлорфторпроизводных углеводородов и 3 их изомера. Представленный анализ должен показать надежность этого нового, простого и недорогого графического способа, основанного на знании молекулярной структуры вещества и нормальной температуры кипения.

*Proc. Compressors, 2001, Smolenice,
SK, 2001.09.26–28; 115–122
БМИХ, 2002, № 4, с. 44*

ДАВЛЕНИЕ ПАРА СМЕСИ R134a И МАСЛА НА ОСНОВЕ ПОЛИАЛКИЛЕНГЛИКОЛЯ

В статье приведены результаты опытов по определению давления пара смесей R134a и масла на основе полиалкиленгликоля (PAG). Давление пара измеряли для интервала температур 283,15...333,15 К. Массовая доля R134a в жидкой фазе менялась от 0,1 до 1.

Погрешность измерений составляет $\pm 0,015$ К по температуре, ± 8 кПа по давлению и ± 1 % по концентрации.

Для практического использования приведено также уравнение корреляции, которое интерполирует полученные в экспериментах значения давления пара

как функцию температуры и концентрации.

*T.Sato, Y.Takaishi, T.Oguchi//
Trans. JSRAE. JP, 2001; vol. 18, №
3, 71–76*

БМИХ, 2002, № 4, с. 43

ХАРАКТЕРИСТИКИ СМАЗОЧНЫХ ПОЛИВИНИЛЭФИРНЫХ (PVE) МАТЕРИАЛОВ

Поливинилэфир (PVE) используется как новое холодильное масло для систем, работающих на HFC-агентах. Поливинилэфир не является гидролитическим, обладает высокими смазывающими свойствами, хорошей растворимостью и смешиваемостью с HFC-хладагентами. Эти свойства прямо или косвенно способствуют общему снижению стоимости систем. Например, большинство эксплуатационников, использующих PVE, не применяют фильтры-осушители для кондиционеров, работающих на HFC-агентах.

После подтверждения этих преимуществ большим числом эксплуатационных испытаний фирмы-изготовители комплексного оборудования во всем мире начали использовать PVE для коммерческих целей.

*S.Tominaca, T.Tazaki, N.Kagawa,
S.Haga// Proc. Compressor 2001,
Smolenice, SK, 2001.09.26–28
БМХХ, 2002, № 4, с. 43*

ПЛЕНОЧНАЯ КОНДЕНСАЦИЯ ВОДЫ В ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТРУБЕ

Исследуется влияние возникающего потока пара на теплоотдачу при пленочной конденсации в вертикальных трубах. Если пар идет противотоком по отношению к жидкости, то в жидкости возникает нежелательное усилие сдвига, действующее на поверхности раздела. Такие условия преобладают в дефлегматорах, ректификационных системах, в колоннах с открытой поверхностью

и особенно в гравитационных тепловых трубах или термосифонах.

*S. Thumm, C. Philipp, U. Gross // Int. J. Heat Mass Transf., US, 2001. 11; vol. 44, № 22, 4245–4256
БМИХ, 2002, с. 49*

ОЦЕНКА УСИЛИЙ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОМ УДАЛЕНИИ ПОРИСТОГО ЛЬДА

Рассматривается производство ледяной воды с применением процессов механического удаления пористого льда, обладающего существенным тепловым сопротивлением, с охлаждающей поверхности. При этом предотвращаются уменьшение холодильного коэффициента холодильной машины и падение скорости образования льда. Однако необходима дополнительная затрата некоторого количества энергии для механического удаления пористой ледяной структуры с охлаждающей поверхности. В статье усилие, требуемое для удаления пористой структуры, выражается как функция условий, основанных на теории изгибающейся балки. Пористая структура рассматривается как упругое тело. Расчетные значения модуля упругости и значения сил сцепления согласуются с экспериментальными результатами. Указаны параметры, которые влияют на усилие в различных режимах.

M. Ishikawa, T. Hirata, T. Fujii // Int. J. Refr., GB, 2002.03, vol. 25, № 2, 208–217
БМИХ, 2002, № 4, с. 41

ЗАМОРАЖИВАНИЕ КАПЕЛЬ ВОДЫ В ПРОЦЕССЕ ИСПАРЕНИЯ

Один из авторов предложил новую систему аккумуляции холода, отводимого в процессе газификации сжиженного природного газа. Система состоит из испарителя, аккумулятора холода, трубопровода. В статье описывается экспериментальное изучение явления охлаждения-замораживания капли воды под вакуумом, а также исследуются доминирующие при этом процессы теплоотдачи.

На основании полученных результатов установлено, что капля воды в камере под вакуумом эф-

фективно охлаждается за счет ее испарения и замерзает в течение нескольких секунд благодаря переходу в состояние переохлаждения. Скорость охлаждения капель воды в основном зависит от теплоотдачи в условиях вакуумирования. Показано, что для получения частицы льда путем испарения-замораживания среда, окружающая каплю воды, должна быть вакуумирована до давления насыщения воды при максимальной температуре переохлаждения капли.

I.Satoh, K.Fuschinobu, Y.Hashimoto
// Int. J. Refr., GB, 2002.03; vol. 25,
№ 2, 226—234
БМИХ, 2002, № 4, с. 41

ЗАМОРАЖИВАНИЕ ПРИ НЕПОСРЕДСТВЕННОМ КОНТАКТЕ

В рамках исследования процесса замораживания при непосредственном контакте исследовали теплоотдачу твердой и жидкой сред в процессе сублимации сухого льда в воде.

По двухслойной модели (газообразный CO_2 и вода вокруг него) рассчитывали скорость и температурные поля в двух слоях. Результаты расчетов для условий замораживания массы воды сравнивали с экспериментальными.

*K.Aoki, M.Sawada, Makaori// Int. J. Refrig., GB, 2002.03; vol. 25, № 2, 235–242
БМИХ, 2002, № 4, с. 42*

ОБРАЗОВАНИЕ ЛЬДА ПУТЕМ ОХЛАЖДЕНИЯ ВОДО- МАСЛЯНОЙ СМЕСИ

Исследовали смесь водного раствора силанола и силиконового масла как материал для системы аккумуляции льда.

Эмульсию заливали в сосуд, который погружали в емкость с постоянной низкой температурой и замораживали при перемешивании. Использовали сосуды из нержавеющей стали с покрытием из полимера PFA (фенолальдегидного полимера) и сосуды из PTFE (политетрафторэтилена) различной толщины. Опыты проводили при различных температурных условиях. По изменению температуры в сосуде определяли ко-

Эффективности теплоотдачи перед началом замораживания и в период образования льда.

Было установлено влияние материала охлаждающей поверхности и теплового сопротивления стенки на процесс образования льда. Если тепловой поток от стенки был меньше критического значения, каша льда образовывалась без ее прилипания к охлаждающей поверхности.

При одних и тех же условиях покрытие сосуда изнутри полимером РФА оказалось более эффективным против прилипания льда. При использовании сосудов с покрытием из РТФЕ критическое значение теплового потока было почти постоянным независимо от теплового сопротивления.

D. Tsuchida, C. Kang, M. Okada, et al. // Int. J. Refrig., GB, 2002.03; vol. 25, № 2, 250–258
БМИХ, 2002, № 2, с. 41

РОСТ КРИСТАЛЛОВ ЛЬДА В ПЕРЕОХЛАЖДЕННОМ РАСТВОРЕ

Исследовали рост кристаллов льда в водном растворе этиленгликоля. Кристалл льда, который поместили сверху капиллярной трубки, медленно распространялся внутрь трубки и начинал расти на ее кончике в переохлажденном растворе.

Наружный диаметр кончика капиллярной трубки был менее 0,1 мм, что было гораздо меньше, чем в аналогичных экспериментах. Благодаря этому значительно снизилось влияние капилляра и было точно определено начало роста отдельного кристалла.

При переохлаждении до 8°C форма кристалла отличалась от его формы в чистой воде.

Измеряли скорость роста дендритного льда и радиус закругления кончика. Обнаружили, что после того как дендритный лед достиг определенного размера, эти характеристики оставались постоянными и зависели от степени переохлаждения и концентрации раствора.

Y. Teraoka, A. Saito, S. Okawa // Int. J. Refrig., GB, 2002.03; vol. 25, № 2, 218–225
БМИХ, 2002, № 4, с. 42